

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ALIMENTOS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

JULIANA FERREIRA HENARES

**CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE DE LATICÍNIO: análise e
proposta de tratamento**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2015

JULIANA FERREIRA HENARES

**CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE DE LATICÍNIO: análise e
proposta de tratamento**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado a disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Engenharia de Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Alimentos.

Orientadora: Prof.^a. Dra. Cristiane Kreutz

Co-orientadora: Prof.^a. Dra. Fernanda Vitória Leimann

CAMPO MOURÃO

2015



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão

Coordenação dos Cursos de Tecnologia e Engenharia de Alimentos
Engenharia de Alimentos



TERMO DE APROVAÇÃO

CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE DE LATICÍNIO: análise e proposta de tratamento

por

JULIANA FERREIRA HENARES

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 29 de Junho de 2015 às 15:00 horas, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Profa. Dra. Cristiane Kreutz

Profa. Dra. Fernanda Leimann

Profa. Dra. Stéphanie Beneti

Profa. Dra. Roberta Leone

* A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso

Dedico este trabalho a Deus; aos meus pais Sidney e Elza; à minha avó Nina e minha tia Elenice, que sempre estiveram me ajudando e apoiando durante a graduação e a vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, que se não fosse pela vontade Dele, eu não teria conquistado esse sonho; Ele não nos abandona em momento algum e tudo se torna possível quando cremos, Ele é maravilhoso.

Aos meus pais Sidney e Elza, minha avó Nina, e à minha tia Elenice, que são minhas fortalezas, que sempre me apoiaram nas minhas escolhas e me estenderam a mão todas as vezes que a dificuldade me tomava; eles são o que eu tenho de mais precioso, pois eu sei que o amor que têm por mim é incondicional e infinito, sem eles ao meu lado eu não teria conseguido chegar até aqui. Eu amo-os de todo o meu coração e sou eternamente grata por ter uma família tão abençoada. Assim como agradeço à todos os meus familiares, que de alguma forma contribuíram para a minha formação e me apoiaram sempre.

Ao meu namorado Bruno Monpian, por entrar na minha vida de um modo inesperado e se tornar tão especial como é hoje; ele que sempre me cobrou muito para estudar e me ajudou a nunca desistir de lutar; sempre esteve ao meu lado nas horas boas e também nas horas complicadas, quando eu não acreditava que poderia, ele acreditou em mim e me fez continuar; ele foi essencial para a minha formação e vida pessoal.

À minha orientadora Dr^a. Cristiane Kreutz e minha co-orientadora Dr^a. Fernanda Vitória Leimann pelos ensinamentos, paciência indiscutível, por participarem desta etapa tão importante da minha vida e pela disponibilidade. Deixo a elas o meu muito obrigada pela atenção e pelo carinho. Agradeço todos os professores da UTFPR, por ajudarem no meu desenvolvimento durante esses cinco anos, com certeza eu não poderia ter escolhido instituição melhor para estudar; foi bem difícil, mas tenho certeza que valerá a pena.

Aos meus amigos de longa data, que se mostraram compreensivos nos dias corridos e com as poucas vezes que nos vimos ao longo da graduação; e aos amigos que fiz durante a graduação, em especial à Jeanyni, Natália, Jéssica Fernanda, Ketlyn, Isis e Camila, que espero que continuem fazendo parte da minha vida. Agradeço e muito, a Ana Gabriela e Rayssa, por dedicarem um pouco do seu tempo para me ajudar nos estudos, sou muito grata pelo carinho e disponibilidade.

Por fim, agradeço a banca examinadora, professora Dr^a. Roberta Leone e professora Dr^a. Stephani Caroline Beneti pelas sugestões e críticas construtivas, e espero ter correspondido às expectativas.

À todos, o meu “muito obrigada”, vocês foram essenciais para a realização desse sonho.

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com pobres de espírito, que nem gozam muito, nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem vitória nem derrota.”

Theodore Roosevelt.

RESUMO

HENARES, Juliana F. **Caracterização do Efluente de Laticínio: análise e proposta de tratamento.** 2015. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

As indústrias são as principais responsáveis pela contaminação das águas, pois os efluentes que são lançados aos cursos hídricos sem o devido tratamento, ou depositados de forma inadequada no solo; podem causar sérios danos ao meio ambiente, contaminando o solo e as águas superficiais e subterrâneas, tornando-os impróprios para uso e também gerando problemas de saúde aos seres humanos. Os principais impactos ambientais das indústrias de laticínios estão relacionados ao lançamento dos efluentes líquidos, uma vez que são gerados de 1 a 6 litros de despejos para cada litro de leite processado. Desse modo, o lançamento de efluentes líquidos nos corpos receptores deverão obedecer aos limites estabelecidos de acordo com as condições da qualidade da água, conforme sua classe de padrões de lançamento de efluentes. No Paraná, a Resolução que regulamenta o limite de lançamentos é a nº 430, de 13 de maio de 2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Assim, presente trabalho tem como objetivo caracterizar os despejos líquidos gerados pelo Laticínio Estância Paraíso, da cidade de Manoel Ribas, no Paraná; e apresentar possíveis formas de tratamento de seus efluentes, adequando-os de acordo com a legislação vigente. Para isto, foi preciso visitas *in loco* para entrevista com o responsável pela produção, para saber quais são as etapas do processo que mais geram efluentes e quais são os produtos usados nesses processos; analisou-se as características físico-químicas desse efluente, onde detectou-se viabilidade de tratamento biológico, uma vez que a relação DQO/DBO₅ ficou entre 2,5 e 3,5. Também analisou-se a vazão de efluentes diário, tendo como resultado um coeficiente de volume de efluente líquido igual a 5,5, sendo preciso ações de gerenciamento para diminuir esse coeficiente, que deve ficar entre 0,5 a 2,0 litros efluente/litros leite. Para aproveitar as lagoas já existentes no local, o sistema de tratamento de efluentes será de lagoas de estabilização.

Palavras-chaves: Tratamento de efluentes; Indústria de laticínios; Resíduos industriais; Lagoas de estabilização.

ABSTRACT

HENARES, JULIANA. F. **Characterization of Dairy effluent: Analysis and Treatment Proposal.** 2015, 51 f. Work Course Conclusion (Food Engineering), Paraná Federal Technological University. Campo Mourão, 2015.

Industries are mainly responsible for water contamination, as the effluents are released to water courses without proper treatment, or disposed of improperly in the soil; can cause serious damage to the environment, contaminating soil, surface and groundwater, making it unfit for use and also generating health problems to humans. The main environmental impacts of dairy industries are related to the release of wastewater, since they are generated 1-6 liters of sewage per liter of processed milk. Thus, the release of wastewater in receiving waters should be subject to limits set according to the conditions of water quality, as their class effluent discharge standards. In Paraná, Resolution regulating the release limit is the number 430, of May 13, 2011 the National Environmental Council. Thus, this study aims to characterize the liquid discharges generated by Dairy Paradise Resort, the city of Manoel Ribas, Parana; and present possible ways of treating their effluents, adjusting them according to the law. For this, it was necessary site visits to interview with the responsible for the production, to know what are the process steps that generate more waste and which products are used in these procedures; It analyzed the physical-chemical characteristics of the effluent where biological treatment viability was detected, since the COD / BOD5 ratio was between 2.5 and 3.5. Also analyzed the flow of wastewater daily, resulting in a volume ratio of liquid effluent equal to 5,5, and precise management actions to reduce this coefficient to be between 0.5 and 2.0 liters effluent / liters milk. To take advantage of the existing lagoons on site, the wastewater treatment system will be stabilization ponds.

Keywords: Wastewater treatment ; Dairy industry ; Industrial waste; Stabilization ponds.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Lagoa anaeróbia seguida de lagoas de estabilização.	24
Figura 2 - Modelo de lagoa aerada aeróbia com mistura completa.	26
Figura 3 - Esquema de uma lagoa aerada facultativa.	26
Figura 4 - Lagoa aerada com aeração prolongada e sedimentação independente.	26
Figura 5 - Lagoa aerada com aeração prolongada e sedimentação na própria lagoa.	27
Figura 6 - Lagoa aerada com aeração prolongada do tipo intermitente.	27
Figura 7 - Lagoa aerada com aeração prolongada com sedimentação na mesma lagoa.	27
Figura 8 - Fluxograma do processo de queijo mussarela.	33
Figura 9 - Ações de gerenciamento de uma indústria de laticínios.	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de parâmetros físico-químicos típicos de efluentes de laticínios.....	20
Tabela 2 - Parâmetros de indústria de laticínios com processamento de 14.000 litros leite/dia.	20
Tabela 3 - Métodos de análises físico-químicos dos parâmetros da indústria de laticínios.....	29
Tabela 4 - Etapas do processo com as principais entradas e saídas.....	35
Tabela 5 – Resultado das medições da vazão de entrada do efluente	35
Tabela 6 - Resultado das análises físico-químicas de amostras do efluente bruta e tratada	38
Tabela 7 – Resumo comparativo da caracterização físico-química de efluente de laticínio.....	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS NO BRASIL E NO MUNDO	16
3.1.1 O Leite	17
3.2 EFLUENTES DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS	18
3.3 TRATAMENTOS DE EFLUENTES	20
3.2.1 Lagoas de Estabilização	23
3.2.1.1 Lagoas anaeróbias	23
3.2.1.2 Lagoa facultativa	24
3.2.1.3 Lagoa de maturação	25
3.2.1.4 Lagoas aeradas mecanicamente	25
4 MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1 ÁREA DE ESTUDO	28
4.2 MÉTODOS	28
4.2.1 Descrição do Processo Produtivo	28
4.2.2 Caracterização físico-química do afluente e efluente	29
4.2.3 Vazão de entrada na lagoa de tratamento	30
4.2.4 Proposta de sistema de tratamento	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO	32
5.1.2 Etapas do Processamento do Queijo Mussarela	33
5.2 VOLUME DE EFLUENTE PRODUZIDO	35
5.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO EFLUENTE	37
5.4 PROPOSTA DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES	42
6 CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS	45
ANEXO I	48

1 INTRODUÇÃO

A indústria láctea no Brasil começou o seu desenvolvimento a partir da crise de 1929, com a queda das importações e o aumento da valorização de produtos nacionais. Nas décadas de 50 e 60, com a implementação de estradas, instalação da indústria e de equipamentos, surgimento do leite B, invenção de novas embalagens, e a chegada de multinacionais ao país. Também nas décadas de 70 e 90, devido a abertura de mercados internacionais, a criação do MERCOSUL, o fim da intervenção governamental no preço do leite e a estabilização da economia mundial com o fim da Guerra Fria; houve uma enorme contribuição para que no ano de 2001 o Brasil já estivesse entre os maiores produtores mundiais de leite (MAGANHA, 2006).

As empresas de laticínios apresentam heterogeneidade no que diz respeito aos produtos fabricados, às tecnologias que são empregadas e ao tamanho, existindo desde pequenos laticínios até multinacionais e grandes cooperativas (MACHADO et. al., 2002).

De acordo com Rodrigues (2004), as indústrias são as principais responsáveis pela contaminação das águas, pois os efluentes que são lançados aos cursos hídricos sem o devido tratamento, ou depositados de forma inadequada no solo, podem causar sérios danos ao meio ambiente, contaminando o solo e as águas superficiais e subterrâneas, tornando-os impróprios para uso e também gerando problemas de saúde aos seres humanos. A vazão e as características desses efluentes variam de acordo com o produto a ser processado, da atividade de limpeza; tendo uma grande complexidade quanto à composição química e a forma que se caracteriza os poluentes (CAMMAROTA, 2011).

Os principais impactos ambientais das indústrias de laticínios estão relacionados ao lançamento dos efluentes líquidos, uma vez que são gerados de 1 a 6 litros de despejos para cada litro de leite processado; à geração de resíduos sólidos e emissões atmosféricas, geralmente, sem nenhum tipo de controle ou tratamento (SILVA, 2013; MAGANHA, 2006).

O lançamento de resíduos líquidos nos corpos receptores deverá obedecer aos limites estabelecidos de acordo com as condições da qualidade da água, conforme sua classe de padrões de lançamento de efluentes (NUNES, 2008). No

Paraná, a Resolução que regulamenta o limite de lançamentos é a nº 430, de 13 de maio de 2011 do CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2011).

O impacto ambiental gerado pelas indústrias de laticínios pode ser controlado desde que seja feito a otimização e o controle dos processos industriais; pelo consumo adequado de insumos como água, combustível, detergentes e desinfetantes; e pela implantação de uma tecnologia que vise utilizar de forma adequada o soro lácteo para fabricação de produtos como ricota e bebidas lácteas, ou ainda para alimentação de animais ou fertilizante do solo (SILVA,2013).

Levando em consideração os fatores mencionados acima, o trabalho teve como objetivo, caracterizar os despejos líquidos gerados pelo Laticínio Estância Paraíso, localizado na cidade de Manoel Ribas, Estado do Paraná; e apresentar possíveis formas de tratamento de seus efluentes, adequando-os de acordo com a legislação vigente.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar as características físico-químicas do efluente de uma indústria de laticínios e propor a implantação de um sistema de tratamento.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever o processo produtivo da empresa;
- Medir a vazão diária de resíduos líquidos;
- Caracterizar o efluente do processo de produção em termos de parâmetros físico-químicos;
- Propor um sistema de tratamento de efluentes adequado para as características obtidas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS NO BRASIL E NO MUNDO

O setor agroindustrial e a indústria de laticínios podem ser definidos como uma junção de atividades com objetivos finais de processar um único insumo básico que pode, através deste, dar origem à uma gama de outros produtos. Assim, o processo produtivo dependerá dos tipos e quantidades de produtos gerados pela indústria como, por exemplo: queijos, manteigas, leite em pó, creme de leite, leite condensado, leite longa vida entre outros (ALVES, 2007).

Em 2008, a produção mundial de leite de vaca foi de 578,5 milhões de toneladas, apresentando um crescimento anual médio de 1,4% entre os anos de 1992 e 2008 (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2010). Neste setor, existem diversos tipos de processos produtivos e os países mais desenvolvidos, comandam uma produtividade em maior escala. Os elevados subsídios que estabeleceram o preço no mercado mundial de lácteos apresentaram-se em declínio nos últimos anos antes de 2005 (CARVALHO, et. al., 2007; ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2005).

Em 2001, a produção mundial de leite está concentrada em aproximadamente 20 países que detêm 74% da produção e tem como tendência a estabilização ou a diminuição de sua produção, sendo que poucos são capazes de crescer expressivamente (BORTOLETO, 2001).

A indústria de laticínios representa um papel importante para a economia mundial e o Brasil é o sexto maior produtor de leite do mundo. Em 2008 produziu 27 bilhões de litros e uma produtividade em torno de 1,21 toneladas leite/cabeça/ano, e em 2010, uma produtividade de aproximadamente 29 milhões de toneladas de leite. A cada R\$1,00 gerado em leite, faz-se o aumento de R\$5,00 do Produto Interno Bruto (PIB) do país (BERGAMASCHI, 2010; CARVALHO E CARNEIRO, 2010).

De acordo com Saito (2007), o mercado leiteiro no Brasil se modificou a partir de 1990 e na década de 70, indústrias internacionais de leite vieram para o Brasil e conseguiram melhorar sua cadeia produtiva através da integração com fornecedores.

Com o aumento da concorrência, fornecedores foram obrigados a baratear o custo da matéria-prima e a busca por novos processos tecnológicos foi o maior responsável por aumentar a produtividade (MARION FILHO; MATTE, 2006).

Para Carvalho e Oliveira (2006), “o crescimento da produção de leite ocorreu graças à adoção de técnicas mais avançadas de melhoramento genético, melhor qualidade da alimentação e manejo adequado dos animais.”

3.1.1 O Leite

Leite é o produto oriundo da ordenha completa, ininterrupta, em condições de higiene, de vacas saudáveis, bem alimentadas e descansadas, segundo o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (BRASIL, 1997).

A proporção dos principais constituintes do leite está presente da seguinte forma: aproximadamente 87% é constituído de água, 3 a 4% de proteína, 3,5 a 6% de gordura, 5% de lactose, e uma pequena quantidade de minerais como o potássio, o cálcio e o cloro. E os principais componentes imunológicos são: IgA Secretora, que promove a impermeabilização anti-séptica das mucosas (digestiva, respiratória, urinária); Lactoferrina que possui ação bacteriostática (retirada de ferro); Lisozima que possui ação bactericida (lise das bactérias); Macrófagos que facilitam a fagocitose (engloba as bactérias); Fator bífido que promove a lactobacilos e ácidos orgânicos bactericida (SEREIA, 2014).

O leite é um alimento de grande importância na alimentação humana, devido ao seu elevado valor nutritivo. Torna-se também um excelente meio para o crescimento de vários grupos de microrganismos desejáveis e indesejáveis, pois é fonte de proteínas, lipídeos, carboidratos, minerais e vitaminas (SOUZA et al., 1995).

A indústria realiza as análises necessárias para verificar se os componentes do leite recebido estão dentro dos padrões considerados normais, como: teores de gordura, proteínas, densidade, crioscopia, acidez, componentes sólidos. Também devem ser realizadas pesquisas de neutralizantes de acidez e reconstituintes de densidade uma vez que estas podem estar envolvidas nas fraudes por adição de água ou soro do leite (MAPA, 2012).

Segundo o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) pode-se considerar como leite fraudado ou adulterado aquele que: for adicionado de água; tiver sofrido subtração de qualquer dos seus componentes, exceto a gordura nos tipos “C” e “magro”; for adicionado de substâncias conservadoras ou quaisquer elementos estranhos à sua composição; for de um tipo e se apresentar rotulado como outro de categoria superior; estiver cru e for vendido como pasteurizado; for exposto ao consumo sem as devidas garantias de inviabilidade (BRASIL, 1997).

Entre os principais motivos para a adulteração do leite está o incremento do volume, mascarar sua qualidade inferior e a substituição de substâncias naturais do leite para obter ganhos econômicos na venda do produto (SANTOS et al., 2013).

3.2 EFLUENTES DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

Qualquer indústria de laticínios, sem exceções, gera resíduos sólidos, líquidos e emissões atmosféricas passíveis de causar impactos significativos no meio ambiente. Por isso, a legislação ambiental exige que todas as indústrias tratem de forma adequada seus resíduos. Uma das alternativas é fazer o controle dos processos e buscar alternativas de reutilização de seus resíduos, reduzindo assim, os custos com o tratamento e disposição final (SILVA, 2011).

A composição dos efluentes dessas indústrias consiste, principalmente, de quantidades variáveis de leite diluído, materiais sólidos flutuantes de uma variedade de fontes (principalmente substâncias graxas), detergentes, desinfetantes, lubrificantes e esgoto doméstico. No processamento do leite, as operações geradoras de despejos significativamente poluentes são: lavagem e desinfecção de equipamentos (tanques, dornas, centrífugas, pasteurizador-homogeneizador, tubulações, etc.), quebra de embalagens contendo leite, perdas nas enchedeiras e lubrificação de transportadores.

Em termos de carga orgânica, Braille e Cavalcanti (1993) ressaltam que as etapas mais expressivas de geração de efluentes são lavagem e desinfecção de equipamentos, quebra de embalagens contendo leite e derivados, perdas nas enchedeiras com transbordamento e lubrificação de transportadores.

Em muitas indústrias de laticínios o soro do leite leva a mesma destinação dos demais efluentes líquidos, e isto agrava seriamente o fato, devido ao elevado potencial poluidor que o soro tem. Ele é aproximadamente cem vezes mais poluente que o esgoto doméstico. Por isso, o soro, o leitelho e o leite ácido, devido aos seus valores nutritivos e elevadas cargas orgânicas, devem receber destinação diferente. Uma opção é a viabilização para a fabricação de outros produtos lácteos ou utilização direta na alimentação de animais (SILVA, 2011).

Segundo Omil et al. (2003), é estimado que as perdas de leite para o efluente estejam em torno de 0,5 a 4% da quantidade total de leite que chega à uma dada indústria. Essas perdas, não só resultam em perdas de produtividade, mas contribuem para a carga poluidora do efluente final, sendo que um litro de leite integral contém aproximadamente 110.000 mg de DBO e 210.000 mg de DQO (MAGANHA, 2006).

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) mede o consumo de oxigênio que ocorre durante a oxidação química da matéria orgânica. É o parâmetro mais utilizado quando se fala de poluição, pois tem intensa relação com a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio, que é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica bioquimicamente) este parâmetro pode indicar a perda de produto, no caso o leite, durante o processo e pode ainda servir de principal indicador de principal indicador de eficiência dos processos de tratamento (BRIÃO, 2000).

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica bioquimicamente.

O pH do leite, dentro de suas características comuns, está próximo do neutro, ou seja, por volta de 6,7 a 7. No entanto, os rejeitos das indústrias de laticínios não apresentam esta característica, uma vez que o sistema de limpeza "Cleaning In Place" (CIP), que é realizado com soluções ácidas e alcalinas e significa "limpeza em ciclo fechado", despeja este tipo de efluente nas estações de tratamento, resultando em um pH entre 2,0 e 12,0 (BYLLUND, 1995 *apud* BRIÃO, 2000).

A seguir na Tabela 1 são apresentados alguns dos parâmetros físico-químicos típicos de efluentes de laticínios, de acordo com Machado et al. (2002).

Para Silva (2006), os parâmetros físico-químicos de uma indústria de laticínios que processa cerca de 14.000 litros de leite por dia, são os descritos na Tabela 2.

Tabela 1 - Valores de parâmetros físico-químicos típicos de efluentes de laticínios.

Parâmetros	Faixa de variação	
	(1)	(2)
Sólidos suspensos voláteis	24 – 5700	100 – 1000 mg/L
Sólidos suspensos totais	135 – 8500 mg/L	100 – 2000 mg/L
DQO	500 – 4500 mg/L	6000 mg/L
DBO ₅	450 – 4790 mg/L	4000 mg/L
Proteína	210 – 560 mg/L	ND
Gorduras/Óleos e graxas	35 – 500 mg/L	95 – 550 mg/L
Carboidratos	252 – 931 mg/L	ND
Amônia - N	10 – 100 mg/L	ND
Nitrogênio	15 – 180 mg/L	116 mg/L
Fósforo	20 – 250 mg/L	0,1 – 46 mg/L
Sódio	60 – 807 mg/L	ND
Cloretos	48 – 469 mg/L	ND
Cálcio	57 – 112 mg/L	ND
Magnésio	22 – 49 mg/L	ND
Potássio	11 – 160 mg/L	ND
pH	5,3 – 9,4	1 – 12
Temperatura	12 – 40 °C	20 – 30 °C

Fonte: (1) Environment Agency of England and Wales, 2000 – European Comission- IPPC (2006), (2) Adaptado de Machado (2002).

Tabela 2- Parâmetros de indústria de laticínios com processamento de 14.000 litros leite/dia.

Parâmetro	Faixa	Média	Desvio Padrão
PH	4,9 – 11,28	8,77	2,55
Temperatura (°C)	32 – 39	35,50	4,95
S. totais (g/L)	0,9 - 3,76	2,06	0,87
S. Suspensos (g/L)	0,23 – 0,78	0,47	0,20
S. Dissolvidos (g/L)	0,67 – 3,15	1,63	0,80
S. Sedimentáveis (mL/L)	0,0 – 27,00	3,10	8,26
Óleos e graxas (mg/L)	22,1 – 806	414	554,80
DQO (mg de O ₂ /L)	2120 – 4287	3567	762,39
DBO ₅ (mg de O ₂ /L)	496 – 1712	1033	417,24
Volume de efluente (m ³ /dia)	65,7 – 99,10	75,85	12,56
Carga orgânica total (Kg DQO/dia)			270,63
Carga orgânica específica (Kg DQO/m ³ de leite processado)			25,70
Relação DBO ₅ /DQO			0,29

Fonte: SILVA (2006).

3.3 TRATAMENTOS DE EFLUENTES

A água, durante muito tempo, foi considerada um recurso natural de quantidade infinita, devido à sua capacidade de autodepuração e por sua característica autossustentável. Porém, a partir do século XX, devido ao crescimento

acelerado dos grandes centros urbanos e ao desenvolvimento industrial, a água começou a perder sua característica de autodepuração e foi superada pela carga poluidora lançada (FELIPPE, 2009).

Para Malheiros e Philipi Jr. (2005), o conhecimento das características qualitativas e quantitativas dos efluentes, em conjunto com análises de outros aspectos ambientais, sociais e legais da bacia hidrográfica, são essenciais para o planejamento de sistemas de águas residuárias, pois apontarão qual o sistema de tratamento de efluentes mais adequado para ser implantado na indústria.

Segundo Rodrigues (2004), os efluentes que são lançados aos cursos hídricos sem devido tratamento, ou depositados de forma inadequada no solo; podem causar sérios danos ao meio ambiente, contaminando o solo e as águas superficiais e subterrâneas, tornando-os impróprios para o uso, assim como, gerando problemas de saúde aos seres humanos.

Como a legislação ambiental está cada vez mais rígida, é essencial que busquem melhorias contínuas com tecnologias limpas que contribuam para evitar desperdício de recursos naturais, proporcionando assim, um tratamento adequado para os resíduos, reduzindo os impactos ambientais e financeiros ocasionados por multas de crimes ambientais (RATTI; PASSIG, 2007)

A poluição é originada a partir das perdas de energia, produtos e matérias-primas, cuja estas, se perdem devido à falta de eficiência nos processos industriais. Somente a utilização técnica de controle não basta, é necessário buscar a eficiência industrial, que é o primeiro passo para a eficiência ambiental (GANDHI, 2004).

Geralmente, o tratamento que é feito para efluentes de indústrias de laticínios é do tipo biológico, uma vez que é encontrada uma grande quantidade de matéria orgânica facilmente degradável neste tipo de efluente. A função do tratamento biológico é remover esta matéria orgânica por metabolismo de oxidação e síntese de células; este processo é caracterizado pelo contato da matéria orgânica com a microflora e em presença ou ausência de oxigênio molecular. Podemos citar como os sistemas mais utilizados: lodos ativados, filtros biológicos, lagoas de estabilização, digestão anaeróbia e também algumas operações preliminares e primárias como gradeamento, remoção de óleos e gorduras, sedimentação primária (BRAILE & CAVALCANTI, 1993).

As estações de tratamento podem ser do tipo físico-químico e do tipo biológico. Os processos físico-químicos estão inter-relacionados, mas suas denominações separadamente são da seguinte forma: processos físicos (são processos de tratamento de águas residuárias em que são aplicados fenômenos de natureza física como, por exemplo, gradeamento, peneiramento, sedimentação, floculação, decantação, filtração, osmose reversa, entre outros); processos químicos (são conseguidos com a aplicação de produtos químicos ou reações químicas como: coagulação, neutralização, homogeneização, precipitação, oxidação, redução, adsorção, troca iônica, desinfecção, entre outros); e por fim, os processos biológicos, que são conseguidos por meio de atividades biológicas ou bioquímicas, como, por exemplo: remoção da matéria orgânica, que podem ser anaeróbios, aeróbios ou facultativos (lodos ativados, lagoas de estabilização, lagoas aeradas, filtros biológicos, biodiscos, reatores anaeróbios, entre outros) e remoção de nitrogênio e fósforo que vai depender do tipo de sistema adotado (NUNES, 2012).

No que diz respeito aos níveis de tratamento, estes são classificados em preliminar (remove somente sólidos grosseiros); primário (remove sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica); secundário (feitos por processos biológicos, objetiva a remoção da matéria orgânica e eventualmente nutrientes como o nitrogênio e o fósforo); terciário (remove poluentes tóxicos ou compostos não biodegradáveis) (SILVA, 2013).

Como já mencionado acima, em indústria de laticínios os tratamentos preliminares compõe o gradeamento e as caixas de areia. As grades são usadas para proteger dispositivos como bombas, registros, tubulações e peças especiais. Possui objetivo de remoção de sólidos grosseiros capazes de causar entupimentos e aspecto desagradável nas unidades do sistema de tratamento, elas costumam ser mecânicas ou de limpeza manual. O espaçamento entre as barras varia normalmente entre 0,5 e 2 cm (GANDHI, 2004). As caixas de areia têm como objetivo reter substâncias inertes, como areias e sólidos minerais sedimentáveis, originárias de águas residuárias. Elas ajudam a evitar abrasão nos equipamentos e tubulações (bombas, válvulas, registros).

Como tratamento primário, as caixas de retenção de óleos e gorduras, segundo Silva (2013), serve para evitar obstruções dos coletores, evitar aderência nas peças especiais da rede de esgotos, evitar acúmulo nas unidades de tratamento

provocando odores desagradáveis e para evitar aspectos desagradáveis nos corpos receptores.

No processo de sedimentação, separa-se o lodo do efluente líquido, e as partículas sólidas sedimentam. Os efluentes fluem por meio dos decantadores, permitindo que os sólidos em suspensão (com maior densidade), sedimentem gradualmente no fundo. Quando há presença de escumas (materiais flutuantes) é necessário um removedor de escumas (GANDHI, 2004).

Como tratamentos secundários, o lodo ativado é um sistema no qual a remoção da matéria orgânica do meio líquido é realizada por microrganismos aeróbios, os quais se utilizam dessa matéria orgânica para se alimentar e reproduzir, transformando-a em CO_2 , água e novas bactérias. As unidades componentes de um sistema de lodos ativados são o tanque de aeração, decantador secundário e a elevatória de recirculação de lodo. E o filtro biológico é um leito de material grosseiro que compõe o meio filtrante, e este pode ser de pedras, ripas ou material plástico, sobre o qual passa efluente em forma de gotas ou jatos. O efluente vai em direção aos drenos de fundo, favorecendo o crescimento bacteriano na superfície da pedra ou do material de enchimento, ocorrendo assim, o contato entre os microrganismos e o material orgânico. Conforme há o crescimento da biomassa na superfície das pedras, o espaço vazio diminui, aumentando assim, a velocidade de escoamento pelos poros (RODRIGUES, 2004). Como as lagoas de estabilização são as mais usadas, estas foram dispostas em um item diferente no presente trabalho.

3.3.1 Lagoas de Estabilização

Nestes tipos de lagoas ocorre, por meios biológicos, estabilização da matéria orgânica, ou pela oxidação bacteriana e/ou redução fotossintética e elas podem ser classificadas em anaeróbias, facultativas, aeradas ou de maturação ou polimento (SILVA, 2013).

3.3.1.1 Lagoas anaeróbias

Segundo Von Sperling (1996) estas lagoas têm profundidade de 4 a 5 metros, devido ao fato de que suas condições sejam estritamente anaeróbias, reduzindo a penetração do oxigênio produzido na superfície para camadas mais profundas da lagoa. A lagoa anaeróbia possui uma eficiência de 60% na remoção de DBO, assim, necessita de pós-tratamento, sendo muitas vezes, associada a lagoas aeróbias e facultativas. Em seguida é mostrada uma figura de exemplo de lagoa anaeróbia seguidas por duas lagoas de estabilização.



Figura 1- Lagoa anaeróbia seguida de lagoas de estabilização.

3.3.1.2 Lagoa facultativa

De acordo com Mendonça (1990), as lagoas facultativas apresentam de 1 a 2,5 metros de profundidade e ocupam uma área relativamente grande. Elas são aeróbias na superfície, liberando oxigênio; e condições anaeróbias na parte inferior, onde a matéria orgânica é sedimentada dando origem ao lodo, que é decomposto anaerobicamente, sendo convertido em gás carbônico e gás metano. Possui eficiência de 70 a 90% na redução da DBO₅.

3.3.1.3 Lagoas de maturação

Estas lagoas recebem um efluente cuja DBO está praticamente estabilizada, há oxigênio dissolvido em toda a sua massa líquida. Sua profundidade é de 1,0 a 2,5 metros e sua principal finalidade é reduzir coliformes fecais, nitrogênio e fósforo. Se for dimensionada corretamente, alcança 99,999% de eficiência na remoção de coliformes (RODRIGUES, 2004).

3.3.1.4 Lagoas aeradas mecanicamente

As lagoas aeradas mecanicamente podem ser divididas em três tipos, sendo estes dispostos abaixo.

- Aerada Aeróbia com mistura completa;
- Aerada Facultativa;
- Aerada com aeração prolongada.

Dos três tipos de lagoas aeradas mecanicamente, as duas primeiras são as mais usadas, uma vez que a terceira lagoa tem um custo mais elevado e um sistema de operação mais sofisticado, com maior consumo de energia elétrica.

- Aerada Aeróbia com Mistura Completa

Segundo Mendonça (1990), os sólidos existentes são mantidos em suspensão e funcionam como um sistema de lodos ativados sem reciclagem do lodo, como mostra a figura a seguir.

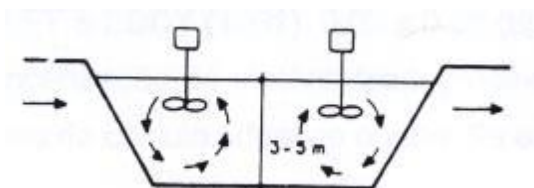


Figura 2- Modelo de lagoa aerada aeróbia com mistura completa.

- Aerada Facultativa

De acordo Mendonça (1990), nesse sistema não há controle de sólidos, possuindo potência limitada e 70 a 90% de eficiência na remoção de DBO_5 e não há reciclagem do lodo, como mostrado na Figura 3.

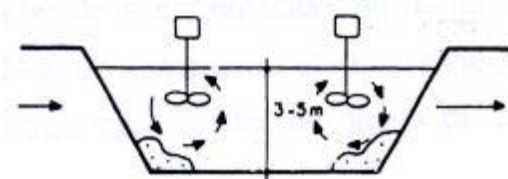


Figura 3- Esquema de uma lagoa aerada facultativa.

- Aerada com Aeração Prolongada

De acordo com SÉRGIO ROLIM MENDONÇA (1990), nas lagoas tipo aeração prolongada existe total controle de sólidos, e a remoção de DBO_5 varia de 95 a 98%. Podem ser classificadas em 4 tipos:

- a) Com sedimentação independente

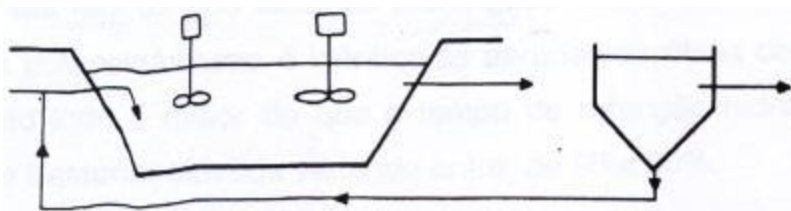


Figura 4- Lagoa aerada com aeração prolongada e sedimentação independente.

- Com compartimento de sedimentação na própria lagoa

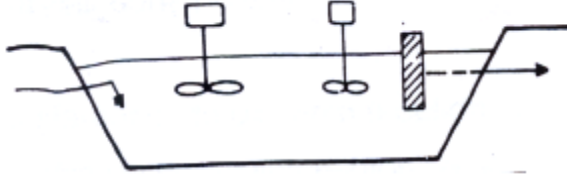


Figura 5- Lagoa aerada com aeração prolongada e sedimentação na própria lagoa.

- b) Do tipo intermitente

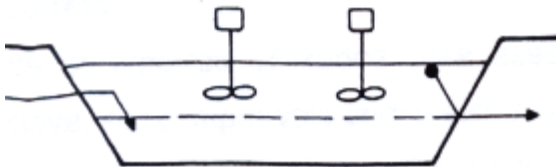


Figura 6- Lagoa aerada com aeração prolongada do tipo intermitente.

- c) Do tipo aeração/sedimentação na mesma lagoa

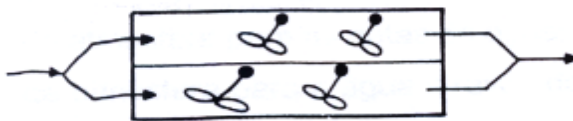


Figura 7 - Lagoa aerada com aeração prolongada com sedimentação na mesma lagoa.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

As amostras do efluente, para análise dos parâmetros físico-químicos, foram coletadas no Laticínio Estância Paraíso, localizado na cidade de Manoel Ribas, Paraná.

A empresa iniciou sua linha de produção há 15 anos, possui 32 funcionários, é considerada como uma microempresa rural. Atualmente, possui algumas cabeças de gado leiteiro, utilizando da matéria-prima para a fabricação de queijos e outros derivados; além disso, possui cerca de 160 fornecedores de leites por toda a região de Manoel Ribas; sua industrialização é de 15.000 litros de leite por dia.

Fazem parte da sua linha de produção os queijos: mussarela, provolone, porunga branca e defumada, minas frescal e minas meia cura, requeijão e manteiga em barras, comercializando-os em todo o estado da Paraná, possui o Serviço de Inspeção Paranaense(SIP).

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Descrição do Processo Produtivo

Para que se tornasse possível uma caracterização real do processo produtivo, visando qualificar a geração de resíduos líquidos da indústria, foram realizadas diversas visitas *in loco*, para que, por meio de entrevistas com o sócio-gerente e também com o funcionário responsável pela produção, para identificar as matérias-primas utilizadas durante todas as etapas da produção de queijos, assim como os sanitizantes que são empregados para a limpeza do chão da fábrica, lavagem dos caminhões e equipamentos/utensílios utilizados para fabricação.

4.2.2 Caracterização físico-química do afluente e efluente

Para que fosse possível caracterizar o afluente e efluente em termos de parâmetros físico-químicos, dois litros de cada ponto amostral foram coletados, de acordo com FUNASA (2009), acondicionados em recipientes de polietileno, devidamente higienizados e em seguida resfriados.

Para que as amostras sejam representativas do sistema por completo, estas foram coletadas em uma quarta-feira, dia em que ocorre a industrialização de todos os tipos de produtos do laticínio.

As amostras, logo após sua coleta, foram encaminhadas para o laboratório Santa Rita, de Mamborê, para que fossem analisadas em triplicata.

Porém, alguns parâmetros como temperatura, pH e oxigênio dissolvido foram medidos *in loco*, por meio de uma sonda multiparamétrica da marca YSI, modelo 6920V2.

Na Tabela 3 estão apresentados os parâmetros e os métodos de análise utilizados pelo laboratório Santa Rita e *in loco* para a caracterização do efluente do laticínio.

Tabela 3- Métodos de análises físico-químicos dos parâmetros da indústria de laticínios.

PARÂMETROS	MÉTODOS DE ANÁLISE*
pH	Sonda multiparâmetro**
Temperatura (°C)	Sonda multiparâmetro**
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	Sonda multiparâmetro**
Demanda Química e Oxigênio (mg.L ⁻¹)	Espectrofotométrico
Nitrogênio Amoniacal (mgN-NH ₄ ⁺ .L ⁻¹)	Titulométrico
Nitrato (mgN-NO ₃ ⁻ .L ⁻¹)	Espectrofotométrico
Nitrito (mgN-NO ₂ ⁻ .L ⁻¹)	Espectrofotométrico
Fósforo Total (mgPO ₄ ³⁻ .L ⁻¹)	Espectrofotométrico
Sólidos Totais (mg.L ⁻¹)	Gravimétrico
Sólidos Suspensos (mg.L ⁻¹)	Gravimétrico
DBO (mg.L ⁻¹)	Respirométrico
Óleos e Graxas	Método de Soxhlet

*As metodologias seguem o procedimento descrito por Eaton (2005).

** Medições *in loco*, realizada por sonda multiparamétrica da marca YSI, modelo 6920V2.

4.2.3 Vazão de entrada na lagoa de tratamento

Segundo Silva (2011), a vazão de efluentes líquidos de um laticínio depende muito das operações de processamento ou de limpeza que estejam acontecendo na indústria. Assim, a vazão diária em m³/dia, pode ser avaliada por meio do coeficiente de volume de efluente líquido, que é a razão entre o volume de efluentes gerados e o volume de leite recebido diariamente.

Como a determinação da vazão de entrada de efluentes na lagoa de tratamento é muito importante, visto que é um dos parâmetros que ajuda a decidir qual é o tipo de tratamento mais viável e recomendado e também para dimensionar o sistema de tratamento.

Durante dez dias, três vezes por dia, foi colocado um recipiente de capacidade de 10 litros na entrada dos despejos, ou seja, na saída de uma tubulação por onde passa todos os efluentes gerados pela indústria e que deságua na caixa de gordura; e com auxílio de um cronômetro, mediu-se o tempo necessário para que completasse o volume do recipiente. O cálculo da vazão diária foi realizado de acordo com a Equação 1.

$$Q = \frac{V (m^3)}{T (d)} \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que:

Q = vazão (m³.d⁻¹)

V = volume (m³)

T = tempo (dias)

4.2.4 Proposta de sistema de tratamento

A partir dos resultados obtidos no presente trabalho, com base na caracterização físico-química e no cálculo da vazão de efluente produzido diariamente, será apresentada ao Laticínio, uma opção de sistema de tratamento de

efluentes. Lembrando que esta opção será de acordo com o poder aquisitivo da indústria e com o espaço que ela possui. A partir daí, fica de inteira responsabilidade da indústria, sua implantação ou não.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

O leite é coletado em caminhões com tanques refrigerados a aproximadamente 6°C e recepcionado na plataforma do laticínio, por onde passa por um medidor de fluxo onde se torna conhecido o volume exato de leite que está sendo recebido, sendo este volume aproximadamente de 15.000 litros/dia.

Em seguida passa por uma máquina que faz uma filtragem primária para retirar possíveis contaminações físicas. Além disso, alíquotas do leite são coletadas como amostras para realização de análises regulares, como por exemplo, análises sensoriais (cor, odor, sabor e aspecto); testes seletivos como titulação de acidez e teste do alizarol para saber se não houve nenhum tipo de fraude como adição de água ou outros componentes fraudulentos; análises físico-químicas para a determinação da densidade, gordura, extrato seco total, extrato seco desengordurado e ponto de congelamento; análises microbiológicas para descartar qualquer possibilidade de contaminação por microrganismos patogênicos e também faz-se o teste para substâncias inibidoras, como antibióticos, que se for positivo, o leite tem que ser descartado, pois é impróprio para fabricação.

O leite é encaminhado para dois tanques refrigerados a 4°C, e neles permanecem até o início de seu beneficiamento.

Antes de iniciar o beneficiamento, o leite passa pelo pasteurizador, que consiste em uma etapa de aquecimento a 65°C por 30 minutos e tem por objetivo eliminar qualquer tipo de contaminação microbiológica, assim como agentes inibidores (antibióticos) para que estes não afetem o desenvolvimento das bactérias lácticas. Em seguida, o leite passa por uma centrífuga padronizadora, que tem como objetivo padronizar a gordura do leite para aproximadamente 3%, separando o leite do creme do leite e ainda retira o soro que permanece no creme do leite.

A partir daí, o leite é transferido para tanques, onde vai ser preparado para iniciar o processo de produção dos queijos, sendo este processo descrito no item abaixo, porém, como estes processos seguem a mesma linha para os diversos tipos

de queijos produzidos pelo laticínio, será mencionado apenas as etapas do queijo mussarela como resumo.

5.1.2 Etapas do Processamento do Queijo Mussarela

Preparo do leite para coagulação: É necessário preparar a matéria-prima para que ocorra a coagulação da caseína, dando origem à massa do queijo.

Durante a pasteurização, também pode ocorrer a destruição de alguns microrganismos favoráveis adiciona-se fermento (cultura láctica) ao leite para que ele produza ácido láctico, reduzindo o crescimento de microrganismos indesejáveis. Depois da adição do fermento e a coagulação do coalho, irá ocorrer a retirada do soro do leite, ficando somente a massa do queijo.

Tratamento da massa: o tratamento começa ao final da coagulação; e possui duas etapas: o ponto de corte, que é quando a massa fragmenta para a retirada do soro, e este ponto tem que ser devidamente feito no momento certo para que não haja perda da caseína e gordura (quando é feito antes) e nem fique dura (feito depois); e o corte, que é feito por meio de lâminas ou fios cortantes, dispostos de forma a deixar os cubos em tamanhos aproximados, para que a retirado do soro seja homogênea, permitindo assim, a qualidade do produto.

Agitação e cozimento da massa: A agitação é feita para que a massa formada não precipite, pois nesta etapa, esta precipitação dificultaria a retirada do soro.

Filagem: Nesta etapa é preciso “sovar” a massa do queijo, proporcionando assim, uma melhor textura, que formará um tipo de fibra, e a massa ganhará uma elasticidade.

Enformagem e resfriamento: A enformagem é feita em fôrmas de plástico, pois estas são de fácil limpeza e manuseio. Durante a prensagem, o excesso de soro ainda na massa, será retirado por meio de aberturas nas fôrmas, e o queijo apresentará seu formato característico.

Salga: Os queijos devem permanecer submersos nos tanques de salga, por meio de uma tela que fica sobre eles, e à temperatura de 10°C a 15°C, permanecendo a concentração da salmoura entre 18 ou 20% (concentrações

menores irão proporcionar o crescimento de microrganismos, e concentrações maiores, rachaduras devido ao excesso de desidratação).

Embalagem: Para queijos de casca macia como o queijo mussarela, é recomendado o uso de embalagens de plástico a vácuo, para impedir o aparecimento de fungos; já para queijos com casca muito dura, não é obrigatório o uso de embalagens protetoras.

Armazenamento: É recomendado o armazenamento dos queijos em geral, em ambiente refrigerado para que desta forma, prolongue a sua vida de prateleira, pois á baixas temperaturas não ocorre crescimento de microrganismos contaminantes.



Figura 8- Fluxograma do processo do queijo mussarela.

Com o propósito de caracterizar de forma mais exata as características do efluente da indústria, está disposto na Tabela 4 as principais etapas da produção

que contribuem para o aumento da vazão de efluentes e para as características deste.

Tabela 4- Etapas do processo com as principais entradas e saídas, incluindo limpezas.

ETAPA	ENTRADAS	SAÍDAS
Resfriador	Leite, água	Clean in place (cip) (soda, ácido nítrico), resíduos de leite, água.
Pasteurizador	Leite, água	CIP (soda, ácido nítrico), resíduos de leite, água
Centrífuga	Leite	Detergente neutro, resíduos de leite
Preparo do leite e da massa	Leite	Detergente neutro, resíduos de leite.
Mesa	Massa de queijo	Detergente neutro, resíduos de massa, água.
Filagem	Massa de queijo	Detergente neutro, resíduos sólidos (coalho, cloreto de cálcio e fermento láctico), água.
Formas	Massa de queijo	Detergente alcalino (soda), resíduos de massa, água.
Salga	Queijo	Água, sorbato, sal, resíduos de queijo.
Secagem	Queijo	Água, sorbato, sal
Clean in place (cip) de caminhões	Soda, ácido nítrico, cloro, água	Soda, ácido nítrico, cloro, resíduos de leite, água.
Lavador de caminhões	Detergente, intercape e solupam, água	Detergente, intercape e solupam, terra, resíduos de leite, água.
Limpeza da fábrica e plataforma	Água, resíduos de queijo, terra, leite.	Detergente alcalino (soda), resíduos de leite, cloro e ácido nítrico, resíduos de queijo e terra, água.
Produtos usados no laboratório	Leite cru e industrializado e queijo	Ácido sulfúrico, álcool amílico, azul de metileno, resíduos de leite e queijo.

5.2 VOLUME DE EFLUENTE PRODUZIDO

O resultado das medições de volume, que foram realizadas durante dez dias distintos, com recipiente graduado de 10 litros estão apresentadas na Tabela 5. Considerando as condições de acesso e os equipamentos disponíveis, esta foi a maneira encontrada para determinar o volume de efluente produzido, considerando diferentes dias da semana, os quais tem seus volumes influenciados pela produção.

Tabela 5 – Resultado das medições da vazão de entrada do efluente

Data da medição	Medição 1 (segundos)	Medição 2 (segundos)	Medição 3 (segundos)	Média das medições
22/10/2014	10,5	12,2	12,3	11,6
29/11/2014	11,5	12,6	10,8	11,6
22/12/2015	9,8	9,5	9,9	9,7
06/01/2015	10,1	9,6	10,0	9,9
24/01/2015	10,0	10,2	9,9	10,0
13/02/2015	8,9	9,0	8,8	8,9
28/02/2015	10,0	10,7	10,6	10,4
11/03/2015	9,0	9,3	8,9	9,0
21/03/2015	10,0	10,3	9,9	10,0
18/04/2015	10,6	12,4	12,2	11,7
Total				10,3

A partir desses resultados foi possível calcular a estimativa da vazão média diária de efluente produzido no laticínio, a partir da média aritmética simples. Considerando que são necessários $\pm 10,3$ segundos para encher o recipiente de 10 litros, logo, são gerados 83.883 L.d^{-1} ou aproximadamente $83 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$.

De acordo com Marshall e Harper (1984) é possível determinar a vazão diária de efluentes de uma indústria de laticínios por meio de um coeficiente de volume de efluente líquido representado por meio do volume de efluente líquido gerado na indústria dividido pelo volume de leite recebido.

Neste caso, como a vazão diária de efluente gerado pelo laticínio foi estimada é possível calcular o coeficiente volumétrico de geração de efluente pela quantidade de leite processado, conforme detalhado pela Equação 2.

$$CV = \frac{V}{v} \quad \text{Eq. 2}$$

$$CV = \frac{83}{15} \quad \longrightarrow \quad CV = 5,5 \text{ L.L}^{-1}$$

Sendo “V” o volume de efluente gerado e “v” o volume de leite processado. A unidade de “CV” é apresentada em metros cúbicos de efluente gerado para cada metro cúbico de leite processado.

Assim, o coeficiente volumétrico do laticínio em estudo é igual a 5,5. Marshall e Harper (1984) citam que as indústrias de laticínios, quando dotadas de um

adequado programa de prevenção e controle de perdas e desperdícios, podem alcançar um coeficiente que varia de 0,5 a 2,0 litros de efluente por litro de leite. Saraiva et al. (2009) ao avaliarem o consumo de água e a geração de efluentes de um laticínio de pequeno porte, observaram um CV de 3,3 L.L⁻¹.

A vazão e o volume dos efluentes líquidos desse tipo de indústria estão relacionados diretamente ao volume de água consumido. Assim, pode-se notar que o CV do laticínio em estudo é superior se comparado com dados de literatura, o que indica a necessidade de medidas preventivas, a fim de evitar desperdícios, diminuindo o coeficiente de volume de efluente líquido.

Segundo Silva (2011), para reduzir e controlar os efluentes precisa-se de um conjunto de ações, para que seja alcançado sucesso e também, junto com essa redução de efluentes, diminua a carga poluidora, propiciando um tratamento mais fácil e uma redução nas dimensões das unidades de tratamento; além de trazer benefícios como a redução dos custos, uma vez que tudo que é jogado fora foi comprado a preço de matéria prima, embalagens ou insumos como água e energia.

Singh, Singh e Iman (2014) afirmam que sistemas denominados de *Clean in Place* (CIP) e ainda a prática da reutilização e da reciclagem de água são exemplos de processos que reduzem o coeficiente volumétrico.

5.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO EFLUENTE

O sistema de tratamento atual da indústria de laticínios em questão é composto apenas de uma caixa de retenção de óleos e gorduras, que a partir de uma tubulação, chega à caixa o efluente proveniente das etapas de processamento dos queijos, da lavagem do chão do laticínio e dos caminhões.

Há no local, três lagoas independentes, ou seja, o efluente que sai da caixa de retenção de óleos e gorduras é enviado para uma das três lagoas. Assim, quando uma se enche, o efluente começa a ser enviado para a outra, e assim simultaneamente, ou seja, não ocorre nenhum tipo de tratamento posterior, ficando restrito apenas a este tratamento primário. Nas lagoas, o efluente “infiltra” no solo e não retorna a nenhum corpo hídrico. Por isso, a caracterização do efluente se torna necessária, de modo a informar um tratamento a ser implantado na indústria,

buscando adaptar o sistema já existente. As fotos do sistema existente estão dispostas no Anexo I do trabalho.

As amostras que foram encaminhadas para o laboratório Santa Rita, da cidade de Mamborê, foram analisadas como efluente de entrada, ponto de coleta onde o efluente é considerado "bruto", que acabou de entrar na lagoa; e como efluente de saída, considerado efluente "final", ou seja, aquele que já está na lagoa a algum tempo.

Os resultados das análises físico-químicas, realizadas com amostras de efluente bruto e tratado, são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6- Resultado das análises físico-químicas de amostras do efluente bruto e tratado.

Parâmetros	Efluente bruto	Efluente final
pH	8,3	5,8
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	6,3	0,23
Temperatura (°C)	22,3	23,4
DQO (mg.L ⁻¹)	11.151,8	13.281,4
DBO ₅ (mg.L ⁻¹)	4.155,0	4.235,0
Sólidos totais (mg.L ⁻¹)	692,0	464,0
Sólidos suspensos (mg.L ⁻¹)	268,0	273,0
Fósforo total (mg.L ⁻¹)	50,3	63,9
Nitrogênio total (mg.L ⁻¹)	122,5	238,0
Nitratos (mg.L ⁻¹)	ND	3,5
Nitritos (mg.L ⁻¹)	ND	ND
Nitrogênio amoniacal (mg.L ⁻¹)	ND	120,7
Óleos e gorduras (mg.L ⁻¹)	987,0	78,0

Legenda: (ND): não detectável pelo método utilizado

Estes parâmetros foram analisados por serem os mais importantes para a caracterização de um efluente de laticínios.

O pH, assim como a temperatura, influenciam diretamente na velocidade das reações de degradações, ou seja, na quebra de grandes cadeias em cadeias menores; neste caso, por exemplo, ajuda na quebra de macromoléculas como carboidratos, lipídeos e proteínas. Para favorecer o crescimento de microrganismos decompositores de matéria orgânica, recomenda-se que o pH do efluente esteja numa faixa de 7 a 9, caso contrário, torna-se tóxico para o crescimento desses organismos e não há a decomposição da matéria orgânica. Pode-se notar que o efluente bruto, ou seja, no efluente de entrada, o pH apresenta-se dentro da faixa ideal de crescimento (8,3), e já na "saída" da última lagoa, caracterizado como efluente tratado, há uma diminuição do pH (5,8), indicando que está ocorrendo reações que não contribuem para a degradação da matéria orgânica, caracterizado

pelo possível acúmulo de ácidos decorrentes do processo anaeróbio de degradação. Silva (2006), cita que o pH para uma indústria de laticínios que processa cerca de 14.000 litros de leite/dia apresenta-se entre 8,77, indicando que o pH do efluente bruto em questão está dentro do mencionado em literatura.

O oxigênio dissolvido é um parâmetro importante por refletir o crescimento de determinados tipos de microrganismos, os quais podem ser totalmente dependentes de oxigênio ou não. A partir do resultado na análise, pode-se notar que na entrada dos efluentes há uma quantidade de 6,37 mg/L de oxigênio dissolvido, indicando que perto deste local há a presença de um ambiente aeróbio, talvez devido à movimentação deste ao chegar à lagoa. Já no efluente final, percebe-se que há predominância de um ambiente anaeróbio, já que o oxigênio dissolvido diminui para 0,23 mg/L, o que configura um fator limitante ao crescimento de microrganismos aeróbios.

Usa-se a relação DQO/DBO₅ para expressar a biodegradabilidade do efluente, ou seja, para saber o quanto ele é biodegradável, resultado este que pode interferir diretamente na escolha pelo tipo de tratamento adotado (BRAILE; CAVALCANTI, 1993)

No caso do efluente em questão, a relação nos dois pontos "entrada e saída", apresentou valores de 2,7 e 3,1 respectivamente, apresentando uma fração biodegradável não muito elevada, portanto, deve ser feito o estudo para comprovar a viabilidade da escolha do tratamento biológico, já que para a maioria dos casos de indústrias de laticínios, este é o tratamento mais utilizado.

Os valores de DQO e DBO₅, além de expressarem a biodegradabilidade por meio da relação entre os dois, também indicam o quanto de matéria orgânica o efluente possui, ou seja, quanto de alimento o microrganismo possui à disposição; e ajuda a pensar em qual tratamento seguir para que esses parâmetros atinjam os padrões da legislação.

Metcalf;Eddy (1991) indicam que, para águas residuais típicas, são relatadas relações entre DBO/DQO variando de 0,4 a 0,8. Machado et al.(2002) afirmam que a relação entre DBO/DQO para os efluentes de indústria de laticínios se encontra entre 0,50 e 0,70 e acrescentam que valores fora dessa faixa são indicadores de efluente possivelmente contaminados com amônia ou outras substâncias tóxicas. Para o efluente em questão, esta relação ficou em aproximadamente 0,4 para o

efluente bruto e 0,3 para o efluente tratado, o que implica em dizer que o efluente apresenta características de compostos recalcitrantes e de difícil degradabilidade.

Os sólidos totais contribuem para o aumento da matéria orgânica, e vão diminuir a eficiência do sistema, uma vez que os microrganismos demoram mais para degradá-los. Os sólidos suspensos são aqueles que flutam na superfície da lagoa, formando uma crosta que pode impedir a penetração da luz solar e também contribui para o aumento da temperatura da lagoa, podendo transformar um ambiente aeróbio ou facultativo (aeróbio na superfície e anaeróbio no fundo) em um ambiente com condições totalmente anaeróbias, tornando o sistema ineficiente, além de diminuir a área útil da lagoa, o que pode favorecer o acúmulo de matéria orgânica mais rapidamente, causando ineficiência no tratamento biológico. O efluente em questão apresentou o valor de 692 mg/L em sólidos totais no efluente de entrada e 464 mg/L do efluente de saída, apresentando padrões dentro da literatura, uma vez que Silva (2006), cita que para uma indústria de laticínios que processa 14.000 litros de leite/dia, este parâmetro se encontra em 2.060 mg/L para sólidos totais e 470 mg/L para sólidos suspensos.

O fósforo e o nitrogênio são macro nutrientes essenciais à vida, porém, se presentes em grandes quantidades, podem apresentar toxicidade aos seres vivos que habitam o ambiente.

O nitrogênio se oxida em outras formas, produzindo um ciclo que se inicia com o nitrogênio total, que por meio de microrganismos, esse nitrogênio é oxidado em nitrogênio amoniacal, depois em nitrito, em seguida em nitrato e por último, em nitrogênio gasoso. A presença de nitrogênio amoniacal indica um despejo contínuo de efluentes, ou seja, efluente recente. Já o nitrito e nitrato são indicadores de um efluente mais antigo, ou seja, quando não há despejos de forma contínua. No efluente estudado, pode-se notar que há um despejo contínuo de efluente.

Nem todos os efluentes possuem necessidade de caracterização dos parâmetro de óleos e graxas, porém, por se tratar de uma indústria de laticínios, e por sua matéria prima principal ser o leite, o conhecimento deste parâmetro torna-se importante, uma vez que contribui para o aumento da matéria orgânica, deixando o efluente mais difícil de ser degradado, uma vez que a molécula de lipídeo é uma molécula maior. Este parâmetro então vai mostrar a eficiência do sistema, uma vez que pode deixar as reações mais lentas, quanto maior for o valor em mg/L, em alguns casos, quando apresenta-se um valor muito elevado, deve-se usar

biosurfactante, que é um produto que faz “pontes” entre a gordura e a água, funcionando como emulsificante, assim, irá diminuir a tensão superficial e tornar a gordura “disponível”. No efluente estudado, pode-se notar que o conteúdo de óleos e graxas não é tão elevado, uma vez que apresenta o valor de 78 mg/L no efluente final, o que deve-se ao fato de grande parte estar sendo “degradado” e outra parte estar ficando em suspensão.

Um resumo dos resultados da caracterização físico-química de efluentes de laticínio, encontrados em literatura, somados aos resultados deste trabalho, são apresentados na Tabela 7, a título de comparação.

Tabela 7–Resumo comparativo da caracterização físico-química de efluente de laticínio.

Parâmetros	Efluente em estudo	Silva (2006)	Felippe (2009)	Saraiva et al. (2009)	Andrade (2011)
pH	8,3	8,77	5,4	9,13	8,47
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	6,3	ND	ND	ND	ND
Temperatura (°C)	22,3	35,5	ND	33	ND
DQO (mg.L ⁻¹)	11.151,8	3.567	3.552	3.933	4.575
DBO ₅ (mg.L ⁻¹)	4.155,0	1.033	2.081	2.357	1.914
Sólidos totais (mg.L ⁻¹)	692,0	2.060	2.710	5.324	3.938
Sólidos suspensos (mg.L ⁻¹)	268,0	470	972	2.356	429
Fósforo total (mg.L ⁻¹)	50,3	ND	ND	ND	15,6
Nitrogênio total (mg.L ⁻¹)	122,5	ND	ND	ND	139
Nitratos (mg.L ⁻¹)	ND	ND	ND	ND	ND
Nitritos (mg.L ⁻¹)	ND	ND	ND	ND	ND
Nitrogênio amoniacal (mg.L ⁻¹)	ND	ND	ND	ND	11,6
Óleos, gorduras(mg.L ⁻¹)	987,0	414	517	1034	ND

Legenda: ND: não detectável pelo método empregado

Pode-se notar que o efluente estudado apresenta-se de acordo com a literatura, uma vez que os valores dos parâmetros encontrados em trabalhos distintos apresentam-se entre as mesmas faixas que o presente trabalho. Assim, pode-se seguir o mesmo caminho por eles percorridos para o tratamento de efluentes, que na maioria deles, apresenta como sistema as lagoas de estabilização antecipados por alguns tratamentos preliminares e primários.

5.4 PROPOSTA DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

A partir dos resultados da análise físico-química do efluente bruto, bem como da estimativa de vazão de efluente gerado pelo laticínio, pode-se propor uma alternativa de sistema de tratamento de efluentes.

Como no laticínio em questão já existem três lagoas à disposição, serão realizadas sugestões de alterações em cada uma delas, para que as mesmas possam ser adequadas na nova configuração da estação de tratamento de efluentes. Assim como a caixa de retenção de óleos e gorduras também será adaptada de acordo com a vazão de efluentes e as características do efluente.

O sistema de tratamento de efluentes será composto por medidas de pré-tratamento, composto por gradeamento e caixa de areia, devido à lavagem da fábrica e dos caminhões, o que pode levar resíduos de materiais sólidos e areia ou terra até as lagoas de tratamento; e estas operações serão seguidas por um tratamento primário composto pela adaptação da caixa de retenção de óleos e gorduras. Após, o sistema será composto de um tratamento secundário, apresentando três lagoas de estabilização, sendo a primeira anaeróbia, a segunda facultativa e por último, uma lagoa de maturação.

Os objetivos, descrição e características desses sistemas já foram descritos no item 3.3 e subitens deste trabalho. E o dimensionamento das lagoas deverá obedecer aos critérios de engenharia, o qual fica sob responsabilidade da indústria a contratação de uma empresa especializada para o seu dimensionamento.

A Figura 9 apresenta um quadro de ações de gerenciamento que podem ser empregados em uma indústria de laticínios para reduzir os desperdícios de água e melhorar as etapas de processamento.

Item	Ação
Processo	<ul style="list-style-type: none"> - Estudo do processo produtivo, incluindo a realização de balanços materiais para quantificar as perdas de produto e determinar os locais de sua ocorrência, de modo a identificar as mudanças cabíveis e as necessidades de manutenção dos equipamentos danificados. - Racionalizar o número de partidas e paradas requeridas em operações geradoras de efluentes, tais como separação, pasteurização e evaporação. - Otimizar a seqüência de processamento evitando limpezas desnecessárias entre intervalos de produção, de modo a minimizar as operações de higienização geradoras de volumes significativos de efluentes líquidos. - Elaborar e manter atualizado o cadastro de todas as tubulações de utilidades. - Minimizar os picos de volume e de concentração de efluentes líquidos por meio do adequado escalonamento e execução das operações de higienização. - Implantar programas de garantia da qualidade dos produtos fabricados evitando reprocesso e devoluções. - Planejamento adequado da produção, evitando o processamento de reduzidos volumes de produto, reduzindo assim as descargas de efluentes líquidos por unidade de produto processado.
Equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> - Instalação de dispositivos controladores de níveis em equipamentos passíveis de transbordamento. - Instalação de recipientes para coletar os líquidos oriundos da drenagem de tanques de fabricação de queijos e outros produtos lácteos, desnatadeiras e outros equipamentos. Destinar esse material para alimentação animal ou fabricação de outros produtos. - Instalação de coletores de respingos em equipamentos como máquinas moldadeiras, mesas de enformagem e prensas para evitar perdas de matérias primas, produtos e subprodutos, junto aos demais efluentes. - Instalar válvulas nas pontas das mangueiras de água, impedindo o desperdício.
Treinamento	<ul style="list-style-type: none"> - Implantação de programas educacionais destinados aos funcionários, com a finalidade de conscientizar sobre a importância do uso racional dos recursos naturais e proteção do meio ambiente. - Treinamento dos funcionários para correta operação e manutenção dos equipamentos e instalações e aplicação de boas práticas ambientais nos processos.
Rotinas operacionais	<ul style="list-style-type: none"> - Manter os tanques e tubulações em boas condições de funcionamento, evitando perdas por vazamentos. - Implantar rotina para a verificação permanente das válvulas das máquinas de enchimento, para não haver sobras de produto nas operações de embalagem. - Operar os equipamentos com um nível de líquido adequado, evitando perdas na ebulição. - Eliminar excessos de produção e o correspondente retorno de produtos devolvidos.

Figura 9- Ações de gerenciamento de uma indústria de laticínios.

Fonte: Machado et al. (2002)

A grande proporção das perdas em indústrias de laticínios está intimamente ligada à manutenção deficiente ou à problemas com o pessoal encarregado dessa função, devido a uma comunicação ineficaz ou insuficiência nos treinamentos. O programa de controle deve ter seu foco na perda de matéria prima, produto, subprodutos, água, material de embalagem e energia, pois estão intimamente relacionadas entre si e constituem a maior parte das perdas econômicas, sendo que cerca de 75% delas estão associadas ao processamento do produto, e os outros 25% ocorrem durante, ou após a embalagem (SILVA, 2011).

6 CONCLUSÃO

Através das visitas *in loco*, pode-se conhecer o volume de leite recebido diariamente pela indústria, sendo este de 15.000 litros.

Com as medições feitas para determinar a vazão de efluentes, foi possível encontrar o valor de 83 m³ por dia, sendo assim, achou-se um coeficiente de volume de efluente líquido de 5,5 litros de efluente por litro de leite.

A partir da análise do efluente do Laticínio Estância Paraíso, foi possível concluir que este apresenta-se dentro dos padrões descritos em literatura, porém precisa ser tratado de forma adequada para ser disposto novamente ao corpo hídrico.

Assim, a partir da descrição do processo produtivo exercido pela empresa e devido à caracterização físico-química do efluente, ficou claro que a melhor alternativa para tratar os resíduos líquidos gerados pela empresa é o tratamento biológico, uma vez o efluente é rico em matéria orgânica e o valor proveniente da relação DQO/DBO₅ apresentou-se entre 2,5 e 3,5 mostrando viabilidade de tratamento biológico.

Será aproveitado o sistema que já se encontra no local, assim, as operações serão apenas adaptadas. Além do que, será apresentada uma opção de ações de gerenciamento, a fim de contribuir para a diminuição de resíduos líquidos gerados pela indústria.

REFERÊNCIAS

ALVES, Ana Elizabeth Santos. **A Organização do Trabalho na Indústria de Laticínios**, local não informado, 2007.

BERGAMASCHI, Marco Aurélio. **Produção de Leite Gera Valor Agregado**, 2010. Disponível em: <http://www.pecuaria.com.br/info.php?ar=1&&ver=9435>. Acesso em: 18 mai. 2015.

BORTOLETO, Eloisa Elena., 2001. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=482>. Acesso em: 18 mai. 2015.

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais**. São Paulo: Cetesb, 1993, 764 p.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Inspeção de Produtos de Origem Animal. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – R.I.I.S.P.O.A.** Aprovado pelo decreto n 30691 de 29 de março de 1952, alterado pelo Decreto 1255 de 25 de junho de 1962. Alterado pelo Decreto 2244 de 04/06/1997. Brasília-DF. 1997.

BRIÃO, V. B. **Estudo de Prevenção à Poluição de Resíduos Líquidos em uma Indústria de Laticínios**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá. Maringá/PR, 2000.

BYYLUND, G. **Tetra Pak Dairy Processing Handbook**. Sweden: Tetra Pak Processing System, 1995.

CAMMAROTA, Magali. **Notas de aula: Tratamento de Efluentes Líquidos**. Rio de Janeiro: Escola de Química, 2011.

CARVALHO, Gladyston Rodrigues, YAMAGUCHI, Luiz Carlos Takao, COSTA, Cláudio Napolis, HOTT, Marcos Cicarini. Leite: Análise de produtividade. **Revista Agroanalysis**, vol. 27, n. 09, p. 19-21, set. 2007. Disponível em: http://www.agroanalysis.com.br/materia_detalhe.php?idMateria=296. Acessado em: 16 mai. 2015.

CARVALHO, Glauco Rodrigues; CARNEIRO, Alziro Vasconcelos. **Principais Indicadores Leites e Derivados**: boletim eletrônico mensal. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, v. 3, n. 19, 07 de janeiro de 2010.

CARVALHO, Glauco Rodrigues; OLIVEIRA, Aryeverton Fortes de. O setor lácteo em perspectiva. **In**:boletim de conjuntura agropecuária. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, setembro de 2006. 23 p.

CONAMA, **CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE**, Resolução número 430, 13 de Maio de 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/> .Acessado em: 26 mar. 2015.

EATON, Andrew. D; CLESCERI, Lenore. S; RICE, Eugeni.W.; GREENBERG, Arnold. E. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21th ed. Washington: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Pollution Control Federation, 2005.

FELIPPE, S. W. **Caracterização e Tratabilidade do Efluente Líquido da Indústria de Laticínios Fortuna Ltda**, 25 de junho de 2009, p.51. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental, Universidade do Extremo Sul Catarinense-UNESC, Criciúma, 2009.

FELIPPE, Sheila W. Trabalho de Conclusão de Curso: **Caracterização e Tratabilidade do Efluente Líquido da Indústria de Laticínios Fortuna Ltda**, Rio Fortuna-SC. Criciúma, 25 de junho de 2009, 51 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION- FAO.**Corporate Document Repository**, 2006. Disponível em: http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/005/Y1579S/Y1579S00.HTM Acesso em: 17 mai. 2015

GANDHI, Giordano. **Tratamento e Controle de Efluentes Industriais**, UERJ, Rio de Janeiro, 2004.

MACHADO, R. M. G.; FREIRE, V. H.; SILVA, P. C.; FIGUERÊDO, D. V.; FERREIRA, P. E. **Controle ambiental nas pequenas e médias indústrias de laticínios**. 1 ed. Belo Horizonte: Segrac, 2002, 223 p.

MAGANHA, M. F. B. **Guia Técnico Ambiental da Indústria de Produtos Lácteos**. São Paulo: CETESB, 2006; p. 95. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 26 mar. 2015.

MALHEIROS; PHILIPPI JR. Águas Residuárias: visão de saúde pública e ambiental. In: PHILIPPI Jr. A (Org.) **Saneamento, saúde e ambiente**: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri, SP: Manole, 2005.

MAPA, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Artigo 2ª portaria 700/2012**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/1>>, acessado em: 20 mai. 2015.

MARSHALL, K.R. e HARPER, W.J. The treatment of wastes from the dairy industry. In: BARNES, D. **Food and allied industries**. London: Pitman Press, Bath, 1984. V.1, cap.5, p.296-376.

MARION FILHO; Pascoal José; MATTE, Vilmar Antonio. Mudanças Institucionais e Reestruturação na Indústria Brasileira de Laticínios (1990-2000), **Revista Economia e Desenvolvimento**, n. 18, p. 48-72, 2006.

MENDONÇA, Sérgio R. **Lagoas de Estabilização e Aeradas Mecanicamente: novos conceitos**. João Pessoa, PB: S. Rolim Mendonça, 1990.

METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse**, 3d ed., McGraw-Hill, New York, USA, 1991.

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

NUNES, José A. **Tratamento Físico-Químico de Águas Residuárias Industriais**. 5ª edição; Aracaju: Info Graphics Gráfica e Editora Ltda, 2008; p. 315.

OMIL, F.; GARRIDO, J. M.; ARROJO, B.; MÉNDEZ, R. Anaerobic Filter Reactor Performance for the Treatment of Complex Dairy Wastewater at Industrial Scale. **Water Research**, v. 37, n. 17, p. 4099-4108, 2003.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Agricultural policies in OECD countries: monitoring and evaluation** 2005. Disponível em: <http://www.oecd.org/dataoecd/33/27/35016763.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2015.

RATTI, Maicon Roberto; PASSIG, F. H. Caracterização da Efluente do Abatedouro Municipal da Cidade de Mamborê /PR. **Anais...** 24^o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte, 2007.

RODRIGUES, Juliana B. Níveis de Tratamento: Preliminar e Primário. Medianeira, Paraná. **Apostila Teórica de Tratamento de Águas Residuárias**, v. 01, 2004.

SAITO, Michael Mitsuo. **Determinação do plano de produção ótima para uma indústria de laticínios**. Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de produção e mecânica, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 2007.

SANTOS, P. M.; PEREIRA-FILHO, E. R.; RODRIGUEZ-SAONA, L. E. **Application of Hand-Held and Portable Infrared Spectrometers in Bovine Milk Analysis**. J. Agric. FoodChem., v.61, p.1205–1211, 2013.

SARAIVA, Claudety B.; MENDONÇA, Regina; SANTOS, Adbeel; PEREIRA, Daniel A. **Consumo de Água e Geração de Efluentes em uma Indústria de Laticínios**. Revista Inst. Latic. “Cândido Tostes”, março/junho, nº 367/368, p. 64:10-18, 2009.

SEREIA, Maria J. **Planos de Aula- Tecnologia de Leites e Derivados**, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

SILVA, Arthur R. B. **Tratamento de Efluentes na Indústria de Laticínios**. Trabalho de Conclusão de Curso (Título de Engenheiro Químico). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia MG, 26p, 2013.

SILVA, D. J. P., **Resíduos na Indústria de Laticínios**. Universidade Federal de Viçosa: Departamento de Tecnologia de Alimentos, 20 p. Viçosa, Minas Gerais, 2011.

SILVA, D. J. P. Gestão ambiental em uma indústria de produtos lácteos. **Revista Leite e Derivados**. Ano XV. n. 94, p. 52-63, Set/Out. 2006.

SINGH, N. B.; SINGH, Ruchi; IMAM, Mohammed. **Waste Water Management in Dairy Industry: Pollution Abatement and Preventive Attitudes**. International Journal of Science, Environment and Technology; vol. 3; nº 2; 2014; p. 675-683.

SOUZA, M. R., RODRIGUES, R., FONSECA, L. M., CERQUEIRA, M. M. O. P. **Pasteurização do leite**. Caderno Técnico da Escola de Veterinária UFMG, n. 13, p.85-93, 1995.

VILELA, Duarte; LEITE, José Luis Bellini; RESENDE, João César de; Políticas para o Leite no Brasil: passado, presente e futuro. **Anais...do Sul- Leite: Simpósio sobre Sustentabilidade da Pecuária Leiteira na Região Sul do Brasil / Editores Geraldo Tadeu dos Santos et. al. – Maringá UEM/CCA/DZO – NUPEL, 2002.**

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento e destinação de efluentes líquidos da agroindústria**. Brasília – DF: ABEAS, Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior, 1996a. 92p.

Anexo I



Figura 1- Caixa de retenção de óleos e gorduras



Figura 2- Lagoa 1



Foto 3- Lagoa 2.



Foto 4- Lagoa 3.