



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

**TRATAMENTO DE SORO DE QUEIJO POR MÉTODO FÍSICO-
QUÍMICO E POR MÉTODO BIOLÓGICO AERÓBIO**

Carla Regina Becker

Lajeado, junho de 2013



Carla Regina Becker

TRATAMENTO DE SORO DE QUEIJO POR MÉTODO FÍSICO- QUÍMICO E POR MÉTODO BIOLÓGICO AERÓBIO

Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, na linha de formação específica em Engenharia Ambiental, do Centro Universitário UNIVATES, como parte da exigência para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Ms. Daniel Neutzling Lehn

Lajeado, junho de 2013

Carla Regina Becker

TRATAMENTO DE SORO DE QUEIJO POR MÉTODO FÍSICO- QUÍMICO E POR MÉTODO BIOLÓGICO AERÓBIO

A Banca examinadora abaixo aprova a Monografia apresentada ao Programa de Graduação em Engenharia Ambiental, do Centro Universitário Univates, como parte da exigência para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental, na área de Meio Ambiente:

Prof. Ms. Daniel Neutzling Lehn – orientador
Univates Centro Universitário

Profa. Dra. Lucélia Hoehne
Univates Centro Universitário

Prof. Dr. Odorico Konrad
Univates Centro Universitário

Lajeado, 20 de junho de 2013

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, minhas irmãs, minha sogra e ao meu marido, Alexandre Jacson Schardong.

Obrigada Deus, por estas pessoas fazerem parte da minha vida!

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela certeza de Sua companhia em todos os momentos da minha vida, direcionando meus passos, abrindo meus caminhos, me levando pelas mãos nos momentos de insegurança, sorrindo comigo nos momentos de felicidade, pela fé e esperança de um dia vencer na vida!

Ao meu orientador Prof. Ms. Daniel Neutzling Lehn, pela paciência, apoio, disponibilidade, sugestões e pela constante orientação durante a etapa de conclusão de curso.

À Engenheira Ambiental Elis Cristina de Castro Pfingstag pela disponibilidade e contribuição com seus conhecimentos.

Ao meu pai (*in memoriam*) que, antes de partir, pediu-me que nunca parasse de estudar.

A toda a minha querida família (minha mãe Noeli, meu padrasto Airton, minhas irmãs Karin e Caline, minha avó Erna e minha sogra Rosane) por toda a torcida, carinho, confiança, apoio e incentivo.

À UNIVATES e ao Projeto de desenvolvimento de bioprodutos com aproveitamento de resíduos industriais por oferecer as condições que possibilitaram a realização deste trabalho.

Aos funcionários dos laboratórios de química e de águas e efluentes.

Aos meus amigos, sem citar nomes para não esquecer ninguém, agradeço pelo carinho e apoio.

À todos os não aqui citados, mas não menos importantes, que contribuíram de alguma forma para a conclusão dessa etapa, Obrigada!





"Hoje em dia, o ser humano apenas tem ante si três grandes problemas que foram ironicamente provocados por ele próprio: a superpovoação, o desaparecimento dos recursos naturais e a destruição do meio ambiente. Triunfar sobre estes problemas, vistos sermos nós a sua causa, deveria ser a nossa mais profunda motivação."

Jacques Yves Cousteau (1910-1997)

RESUMO

Na indústria brasileira de alimentos, o segmento de laticínios tem grande representatividade. Nesse contexto, o estado do Rio Grande do Sul encontra-se em segunda posição no ranking brasileiro de produção de leite. As atividades agroindustriais em nível de pequeno porte podem representar potencial poluidor diferente das demais atividades agrícolas, e, portanto, há a necessidade de propor alternativas para minimizar seus impactos. O soro de queijo é um resíduo da indústria de laticínios, mais especificamente, da produção de queijos. É considerado um dos grandes poluentes em decorrência de sua elevada carga orgânica e grande volume gerado. Devido ao caráter extremamente orgânico desse resíduo, torna-se altamente poluente, em consequência do consumo de oxigênio dissolvido da água. O presente estudo visa avaliar alternativas de tratamento para o soro de queijo oriundo de agroindústrias e indústrias de pequeno porte. Neste trabalho foi estudada a utilização de processos biológicos e físico-químicos para a remoção parcial da carga orgânica do soro de queijo (DQO > 80.000 mg/L). O tratamento físico-químico aplicado foi realizado em escala laboratorial com o *Jar-Test* utilizando-se como coagulante o sulfato de alumínio com óxido de cálcio reduzindo a carga orgânica em aproximadamente 61 %. O tratamento biológico do soro de queijo foi realizado em um reator aeróbio de bancada com inóculo de lodo ativado de uma indústria de laticínios da região reduzindo 85,5 % a carga orgânica do soro tratado. Em ambos os sistemas verificou-se expressiva redução da DQO. No experimento com o reator biológico aeróbio, houve redução de carga orgânica do efluente final no tempo de retenção adotado, embora a composição do lodo provavelmente tenha sido o principal fator a justificar o comportamento da carga orgânica do sistema lodo-inóculo.

Palavras-chave: Soro de queijo. Tratamento biológico aeróbio. Tratamento físico-químico.

ABSTRACT

In the Brazilian food industry, the dairy segment has great representativeness. In this context, the state of Rio Grande do Sul is in second position in the Brazilian milk production. The agro-industrial activities at the level of small business can represent a potential polluter different from other agricultural activities, and therefore there is a need to propose alternatives to minimize their impacts. The whey is a waste of the dairy industry, more specifically, the production of cheese. It is considered a major pollutant due to its high organic load and high volume generated. Due to an extremely organic that residue becomes highly pollutant, as a result of the consumption of dissolved oxygen in the water. The present study aims to evaluate treatment alternatives for whey derived from agro-industries and small scale industries. In this work, the use of biological and physico-chemical to the partial removal of the organic load of cheese whey (COD > 80.000 mg/L). The physico-chemical treatment applied was made in laboratory scale with the Jar-Test using as coagulant aluminum sulfate with calcium oxide reducing the organic load by approximately 61 %. Biological treatment of whey was conducted in a bench aerobic reactor with activated sludge inoculum of a dairy industry in the region reducing 85,5 % the organic load of the treated serum. In both systems, there was a significant reduction of in COD. In the experiment with aerobic biological reactor, a reduction of the organic load of the final effluent retention time adopted, although the composition of the sludge was probably the main factor to justify the behavior of the organic load of the system-sludge inoculum.

Keywords: Whey. Aerobic biological treatment. Physical-chemical treatment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produção de leite nas regiões brasileiras, 2000 a 2010 (Valores expressos em bilhões de litros)	24
Figura 2 – Áreas de concentração da produção de leite no Brasil, 2010	25
Figura 3 – Fluxograma geral do processo de fabricação do queijo	33
Figura 4 – Ciclos normais de operação intermitente	47
Figura 5 – Equipamento de <i>Jar-Test</i>	56
Figura 6 – Reator aeróbio construído para o tratamento biológico.....	57
Figuras 7 e 8 – Tratamento biológico com reator aeróbio	58
Figura 9 – Método de determinação da DQO.....	59
Figura 10 – Jarro que apresentou melhor desempenho.....	62
Figura 11 – Teste de decantação com cone Imhoff	63
Figura 12 – Comportamento da DQO em 48 h de funcionamento do reator biológico	65
Figura 13 – Vista do lodo em microscopia óptica – massa biológica dispersa, sem a presença de filamentos e flocos	66
Figura 14 – Curva de crescimento bacteriano.....	68
Figura 15 – Efluente turvo devido à ausência de protozoários no sistema	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – <i>Ranking</i> dos principais setores da indústria de alimentação (em valor)	23
Tabela 2 – Quantidade de leite cru, resfriado ou não, industrializado nas três maiores regiões do Brasil, no quarto trimestre de 2011	26
Tabela 3 – Número de estabelecimentos agropecuários com produção de leite nos estados brasileiros em 2011	26
Tabela 4 – Microrregiões do RS que mais produziram leite em 2009	27
Tabela 5 – Produção de leite na cidade de Lajeado e municípios vizinhos em 2010 ..	27
Tabela 6 – Composição média do leite bovino	29
Tabela 7 – Composição do soro de queijo doce e ácido	36
Tabela 8 - pH ótimo para cada coagulante	43
Tabela 9 – Caracterização físico-química do soro de queijo tipo colonial	60
Tabela 10 – Resultados do <i>Jar-Test</i> com sulfato de alumínio e óxido de cálcio	61
Tabela 11 – Resultados do processo de tratamento biológico aeróbio	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DQO –	Demanda Química de Oxigênio
DBO –	Demanda Bioquímica de Oxigênio
CBO –	Carência Bioquímica de Oxigênio
RPM –	Rotações por minuto
h –	Hora
NTU –	Número de unidades de transferência
B.U –	Base úmida
PVC –	Policloreto de vinila
CaO –	Óxido de cálcio
ETE –	Estação de tratamento de efluente
IAL –	Instituto Adolfo Lutz
APHA –	American Public Health Association
min –	minuto
$Al_2(SO_4)_3$ –	Sulfato de alumínio
$Fe_2(SO_4)_3$ –	Sulfato férrico
$FeCl_3$ –	Cloreto férrico
ABIQ –	Associação Brasileira das Indústrias de Queijo
kg –	Quilograma
MADRP –	Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas
°C –	Graus Celsius
A/M –	Alimento/micro-organismo
mg –	Miligramas

g –	Gramas
L –	Litro
EIA –	Estudo de Impacto Ambiental
RIMA –	Relatório de Impacto Ambiental
pH –	Potencial hidrogeniônico
IBGE –	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IN –	Instrução Normativa
TCC –	Trabalho de conclusão de curso
Prof. –	Professor
Ms. –	Mestre
Dr(a) –	Doutor(a)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 JUSTIFICATIVA.....	18
3 OBJETIVOS.....	20
3.1 Geral	20
3.2 Específicos	20
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	21
4.1 Poluição	21
4.2 O leite e seus derivados	28
4.2.1 Propriedades dos seus principais constituintes	29
4.2.2 Industrialização do leite.....	30
4.3 Processo de fabricação do queijo	32
4.3.1 História do queijo	32
4.3.2 Processo e composição do queijo.....	32
4.4 Formas de reaproveitamento do soro de queijo	37
4.5 Características e fontes do efluente proveniente da fabricação de queijo	38
4.6 Processos de tratamento para efluentes	40
4.6.1 Tratamento físico-químico por coagulação-floculação	42
4.6.1.1 Fatores que afetam a coagulação-floculação	43
4.6.2 Tratamento biológico aeróbio para efluentes.....	44
4.6.2.1 Lodo ativado de fluxo intermitente por batelada.....	45

4.7 Trabalhos recentes sobre alternativas de tratamento do soro de queijo.....	48
5 MATERIAIS E MÉTODOS	53
5.1 Materiais.....	53
5.1.1 Soro de queijo	53
5.1.2 Insumos e equipamentos	54
5.2 Métodos.....	55
5.2.1 Testes de coagulação/sedimentação.....	55
5.2.2 Testes em reator biológico	56
5.2.3 Análise de DQO	58
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	60
6.1 Caracterização do soro de queijo	60
6.2 Resultados do <i>Jar-Test</i> com sulfato de alumínio e óxido de cálcio	60
6.3 Teste com reator biológico aeróbio	64
7 CONCLUSÃO	70
REFERÊNCIAS.....	72
ANEXOS	80

1 INTRODUÇÃO

A atividade industrial está, inevitavelmente, associada a algum processo de degradação do meio ambiente. Todo processo de fabricação que consome matéria prima resultando em um produto, gera resíduos. Os resíduos gerados variam de acordo com o segmento da indústria, tipo de matérias primas usadas, processo de fabricação e produtos fabricados podendo os resíduos ser sólidos, líquidos ou gasosos, causando poluição no solo, no ar e na água (ALMEIDA, 2004).

A sociedade moderna necessita de diversos produtos considerados indispensáveis e, a fabricação dos mesmos tem como consequência do seu processo, a geração de efluentes potencialmente poluidores, e um dos sistemas mais afetados são os recursos hídricos devido às características físicas do efluente gerado como, por exemplo, o odor, a temperatura, a cor e as características químicas relativas à presença de compostos orgânicos ou inorgânicos (ALMEIDA, 2004).

A preocupação com problemas ambientais associados às atividades industriais faz com que os órgãos ambientais, em suas diversas esferas (municipal, estadual e federal) cobrem das indústrias a busca por alternativas para se adequarem à legislação ambiental vigente. Sendo assim, o tratamento de efluentes industriais necessita de pesquisas que resultem em informações relativas às tecnologias mais avançadas e serem aplicadas a cada tipo de efluente, levando em

conta o volume de efluente a ser tratado, o custo e também o tempo de tratamento (ALMEIDA, 2004).

Todo sistema de produção, inclusive o de alimentos, tem impactos sobre o meio ambiente, independentemente de como e onde esse alimento é produzido. Na economia brasileira, a indústria alimentícia sempre se destacou, representando uma das mais tradicionais estruturas produtivas existentes no país, e o setor de laticínios está entre os quatro principais setores da indústria alimentícia (CARVALHO, 2010).

Em termos de sustentabilidade, dentre os diversos impactos ambientais gerados pelas indústrias de laticínios, os principais são: a geração de resíduos sólidos e de emissões atmosféricas e, além destes, pode-se destacar a geração de um grande volume de efluentes líquidos com elevada carga orgânica. A destinação da parcela não aproveitável do soro de queijo é um aspecto importante, pois, com o seu lançamento direto nos cursos d'água, gera-se um grave impacto ambiental (MACHADO et al., 2000).

Neste contexto, o efluente resultante do processo de fabricação de queijos, denominado soro de queijo, é altamente poluente, pois, apesar de não possuir compostos tóxicos não biodegradáveis, possui uma elevada carga orgânica sendo gerado em grande volume (SABRA, 2004 apud ALMEIDA, 2004). Segundo Machado et al., (2000), o aproveitamento dos subprodutos da indústria de laticínios, em especial do soro de queijo, enfrenta uma dificuldade que é o fato de o soro ser tratado como rejeito e não como matéria-prima. Embora considerado com um rejeito, o soro de queijo possui características nutricionais que permitem seu reaproveitamento. O soro de queijo em muitos casos é gerado em pequenas e médias propriedades, e sem investimentos nem interesse no reaproveitamento, o mesmo é descartado no solo e em corpos hídricos, causando impactos a estes ecossistemas (SABRA, 2004 apud ALMEIDA, 2004).

O soro de queijo pode ser reaproveitado como matéria prima para a produção de diversos outros produtos tais como a fabricação de bebidas lácteas, a fabricação de queijo tipo ricota, também pode ser utilizado como suplemento alimentar, entre outras diversas formas de uso (HOMEM, 2004). No entanto, em pequenas e médias indústrias de laticínios, algumas alternativas de valorização do soro ficam muito

limitadas, ainda mais se as indústrias forem consideradas isoladamente, principalmente em termos de volume de soro gerado comparando-se ao custo do investimento (MACHADO et al., 2000).

O soro de queijo gerado em pequenas e médias indústrias de laticínios e, principalmente nas agroindústrias familiares, em sua maioria não é reaproveitado. Dada a alta carga orgânica deste soro, uma alternativa para que o mesmo seja descartado em conformidade com os parâmetros determinados pelo órgão ambiental fiscalizador é a escolha adequada de um tratamento. O objetivo do tratamento de efluentes, independente da natureza deste efluente, é a redução dos poluentes para atender a legislação. Para isto, são utilizados processos de tratamento combinados de ordem física, química, físico-química e biológica.

O presente trabalho aborda a avaliação de tratamentos para o soro de queijo com o objetivo de reduzir sua carga orgânica. Foram avaliados dois processos: um processo físico-químico por meio de coagulação do efluente utilizando como coagulante o sulfato de alumínio e óxido de cálcio analisando o processo de sedimentação no tratamento através de ensaios de *Jar Test* e outro processo de degradação da carga orgânica em reator aeróbio de bancada com inóculo adaptado à efluentes de laticínios.

O Capítulo 4 deste documento contém a revisão de literatura sobre o assunto. O Capítulo 5 apresenta a metodologia da parte experimental descrevendo os materiais e métodos empregados para a realização deste trabalho. Os resultados e discussões são apresentados no Capítulo 6 e as conclusões dos experimentos estão descritas no Capítulo 7.

2 JUSTIFICATIVA

Dentre as atividades industriais, o setor de alimentos destaca-se pelo maior consumo de água e maior geração de efluentes por unidade produzida (RAMJEAWON, 2000). A indústria de laticínios é um exemplo deste setor em que a maioria das operações gera um grande volume de efluentes com uma elevada carga orgânica (ROHLFES et al., 2011). A questão ambiental das pequenas e médias indústrias lácteas enfrenta um grande problema que é o destino dos subprodutos gerados no processamento como, por exemplo, o soro do queijo (WASEN, 1998).

O Brasil é um grande produtor mundial de leite com uma produção estimada em 2007 de aproximadamente 26 bilhões de litros (FAGUNDES, 2004 apud SILVEIRA e FREITAS, 2011). Segundo ZOCCAL et al., (2011) considerando o período de 2000 a 2010, nestes dez anos, o maior crescimento da produção de leite ocorreu na região sul, que praticamente dobrou a quantidade produzida. No cenário nacional, atualmente, o estado do RS ocupa a segunda posição com uma produção anual de 3.896.650 mil litros de leite (EMBRAPA, 2012). O Vale do Taquari, que é composto por 36 municípios, no ano de 2010 contabilizou um volume de leite produzido de aproximadamente 303.643 mil litros.

O setor agroindustrial de leite tem uma forte relação com a poluição ambiental, principalmente em pequenas e médias empresas do segmento. Os impactos ambientais poderiam ser minimizados com a otimização e controle dos processos industriais e com a adequação do consumo de alguns insumos como, por

exemplo, a água. Além de implantar práticas de minimização e reutilização, as empresas devem prever uma maneira adequada de tratamento e destinação final para os seus resíduos, atendendo a legislação vigente.

Em termos de volume e em função das técnicas utilizadas na produção de queijos, gera-se de 9 a 12 litros de soro, com média de 10 litros para cada quilo de queijo produzido (TEIXEIRA; FONSECA, 2008). No Brasil, as indústrias que produzem queijo em geral são de pequeno porte, não possuindo recursos econômicos ou tecnologia disponível para o reaproveitamento do soro de queijo. Neste caso, este rejeito pode ser considerado um poluente extremamente problemático devido a sua elevada carga orgânica e grande volume gerado, devendo ser tratado antes de ser descartado (ROHLFES et al., 2011).

Segundo Almeida (2004), o avanço da tecnologia fez com que a produção de queijos não seja mais um processo estritamente tradicional, em que existem apenas pequenas queijarias que não fazem reaproveitamento do soro e sim, seja um processo industrial onde as indústrias de grande porte reutilizam o soro para a produção de bebidas lácteas e também para enriquecer seus próprios produtos, gerando assim um bioproduto de interesse econômico. Mas, este tipo de reaproveitamento atinge somente as grandes indústrias, que representam 15 % do total de soro produzido, necessitando assim, alternativas economicamente mais viáveis para o reaproveitamento do soro de queijo (OLIVEIRA, 2006).

Segundo Banco de Dados Institucional - UNIVATES (2003), O Vale do Taquari possui uma expressiva fabricação de queijos. Dentre as unidades produtoras pesquisadas pela entidade para a elaboração do relatório, 3.429 informaram produzir queijo. A produção total mensal foi de 113.863 kg/mês, uma média de 33,2 kg/mês de queijo por unidade.

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Avaliar dois métodos de tratamento para o soro de queijo, comparando a redução da carga orgânica ao final do processo.

3.2 Específicos

- Adequar e testar método de tratamento por coagulação química e sedimentação;
- Adequar e testar degradação do soro em reator aeróbio de bancada;
- Comparar a carga orgânica final do soro de queijo após os dois tratamentos.

4 REVISÃO DE LITERATURA

Para uma melhor compreensão dos objetivos deste trabalho, este capítulo apresenta algumas revisões da literatura relacionadas ao assunto.

4.1 Poluição

Com o processo de evolução e fixação do homem na Terra, aliado ao surgimento do conceito de propriedade, os recursos naturais passaram a ser explorados pelos indivíduos de acordo com suas necessidades para sua sobrevivência. O advento da industrialização, ocorrido na Inglaterra, no século XVIII, alavancou a descoberta de novos processos produtivos sempre visando maiores lucros. Dadas as grandes áreas inexploradas dessa época, as consequências da ação humana sobre o meio ambiente não foram claramente percebidas pelos produtores. O aumento considerável das indústrias foi causado pelo rápido crescimento das populações e das suas necessidades de consumo. Entretanto, não havia uma preocupação com o meio ambiente tendo como resultado problemas ambientais de grandes dimensões (LEAL et al., 2008).

Dentro deste contexto, o Brasil passou por dois fenômenos que merecem destaque: a sua rápida industrialização e logo em seguida, a sua urbanização acelerada. Atualmente, a poluição ambiental vem sendo discutida mundialmente e o acelerado ritmo do crescimento populacional como consequência do processo de

desenvolvimento industrial é apontado como sendo uma das principais causas dos impactos ambientais (LEAL et al., 2008).

A legislação ambiental brasileira é uma das mais completas do mundo. Algumas leis podem ser consideradas de grande importância levando em consideração a sua abrangência, entre elas pode-se destacar dezessete leis ambientais que tentam garantir a preservação do patrimônio ambiental do país. Dentre estas dezessete leis cita-se a Lei 6.938 de 17/01/1981 - Lei da Política Nacional do Meio Ambiente. Esta Lei define que o poluidor é obrigado a indenizar danos ambientais que causar, independentemente da culpa. Esta lei criou a obrigatoriedade dos estudos e respectivos relatórios de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) (MACHADO, 2012).

Outra lei muito importante que pode-se citar é a Lei 9.605 de 12/02/1998 – Lei dos Crimes Ambientais. Esta lei, por sua vez, reordena a legislação ambiental no que se refere a infrações e punições. Não menos importante, a Lei 9.433 de 08/01/1997 – Lei de Recursos Naturais institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Recursos Hídricos. Esta lei define a água como recurso natural limitado, dotado de valor econômico que pode ter múltiplos usos (MACHADO, 2012).

As indústrias de alimentos figuram entre as atividades mais poluidoras devido aos grandes volumes de água que seus processos requerem. Os efluentes oriundos deste tipo de processos são caracterizados por conter altos teores de proteínas e lipídeos, os quais são responsáveis pelas alterações dos parâmetros de controle ambiental tais como pH, cor, turbidez, demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (METCALF & EDDY, 2003).

Nos últimos anos, a legislação que trata da qualidade do efluente da indústria de laticínios tornou-se mais rigorosa com relação ao destino correto do soro de queijo. No Brasil, 50 % do soro de queijo produzido ainda é descartado inadequadamente como resíduos (SILVEIRA, 2004). Em muitos casos, o soro de queijo é descartado junto com os efluentes líquidos, sendo considerado forte agravante por causa do seu elevado potencial poluidor. Assim, o soro de queijo constitui, sem dúvida, uma fonte de contaminação ambiental sendo necessário o

desenvolvimento de técnicas que permitam eliminar o efeito negativo da sua descarga (COSTA, 2008).

Com um faturamento de R\$ 291,6 bilhões em 2009, a indústria de alimentos sempre desempenhou um importante papel na economia brasileira, representando umas das mais tradicionais estruturas produtivas existentes no país. Outro fator peculiar desta indústria é o número de empresas de pequeno porte. Em 2008, 81,7 % das empresas do setor eram microempresas. As micro e pequenas empresas, em conjunto, respondem por 94,7 % do total de indústrias de alimentos do país (CARVALHO, 2010).

No Brasil, dentre os diversos setores da indústria alimentícia, o setor de laticínios destaca-se entre os quatro principais e, mesmo a liderança absoluta sendo do setor de carnes, em 2001, o setor de laticínios ocupou a segunda posição. Estima-se que a participação dos laticínios no faturamento total da indústria de alimentos seja de aproximadamente 10 %. A Tabela 1 apresenta o *ranking* dos principais setores da indústria de alimento (CARVALHO, 2010).

Tabela 1 – *Ranking* dos principais setores da indústria de alimentação (em valor)

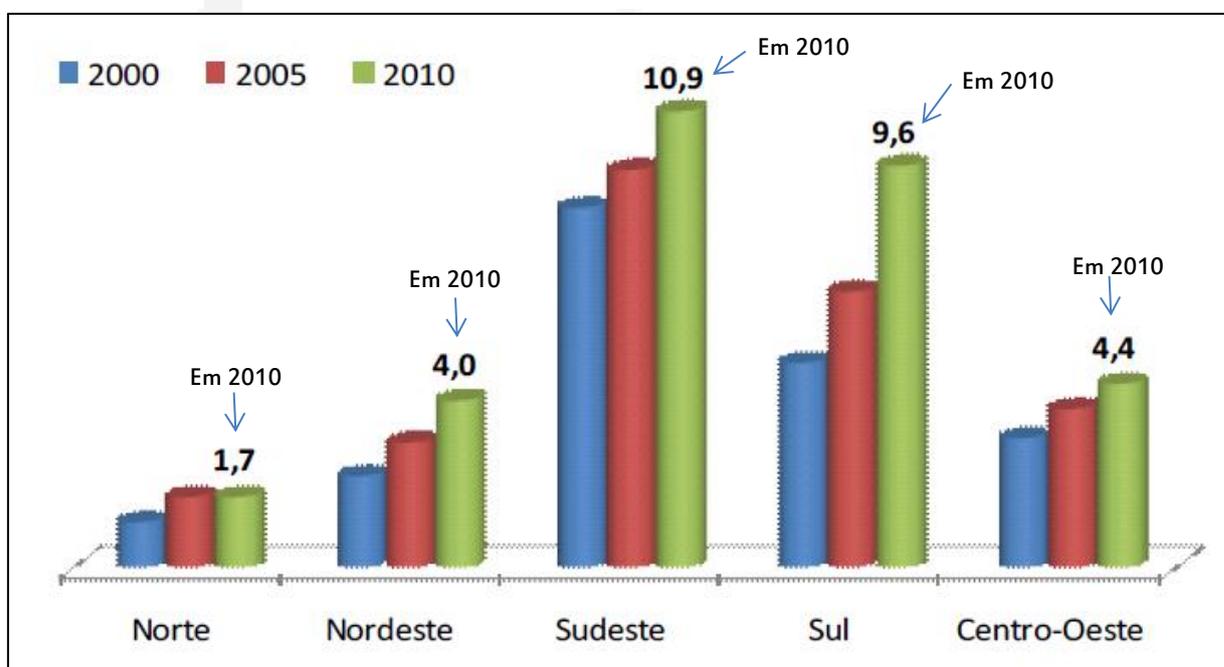
	2001	2005	2009
Derivados de carne	1º	1º	1º
Beneficiamento de café, chá e cereais	3º	2º	2º
Açúcares	6º	5º	3º
Laticínios	2º	4º	4º
Óleos e Gorduras	4º	3º	5º
Derivados do trigo	5º	6º	6º
Derivados de frutos e vegetais	8º	7º	7º
Diversos	7º	8º	8º
Chocolate, cacau e balas	9º	9º	9º
Conservas de pescados	10º	10º	10º

Fonte: Adaptado de CARVALHO (2010).

A atividade leiteira adquiriu uma importância incontestável no país, tanto no desempenho econômico como na geração de empregos permanentes. Segundo o Censo Agropecuário - IBGE (2006) são cerca de 1,35 milhões de pessoas trabalhando na produção de leite e o valor bruto da produção de leite atingiu, em 2010, cerca de R\$ 23 milhões, o que ajuda a movimentar a economia de pequenas e médias cidades (ZOCCAL et al., 2011).

A produção de leite é crescente em todas as regiões brasileiras quando comparado com anos anteriores, exceto na região norte que praticamente mantém o volume de aproximadamente 1,7 bilhão de litros. A região sudeste continua sendo a maior região produtora de leite com uma produção de 10,9 bilhões de litros, seguida da região sul com 9,6 bilhões de litros. Como se observa na Figura 1, nos últimos dez anos, o maior crescimento da produção ocorreu na região sul, que praticamente dobrou a quantidade produzida (ZOCCAL et al., 2011).

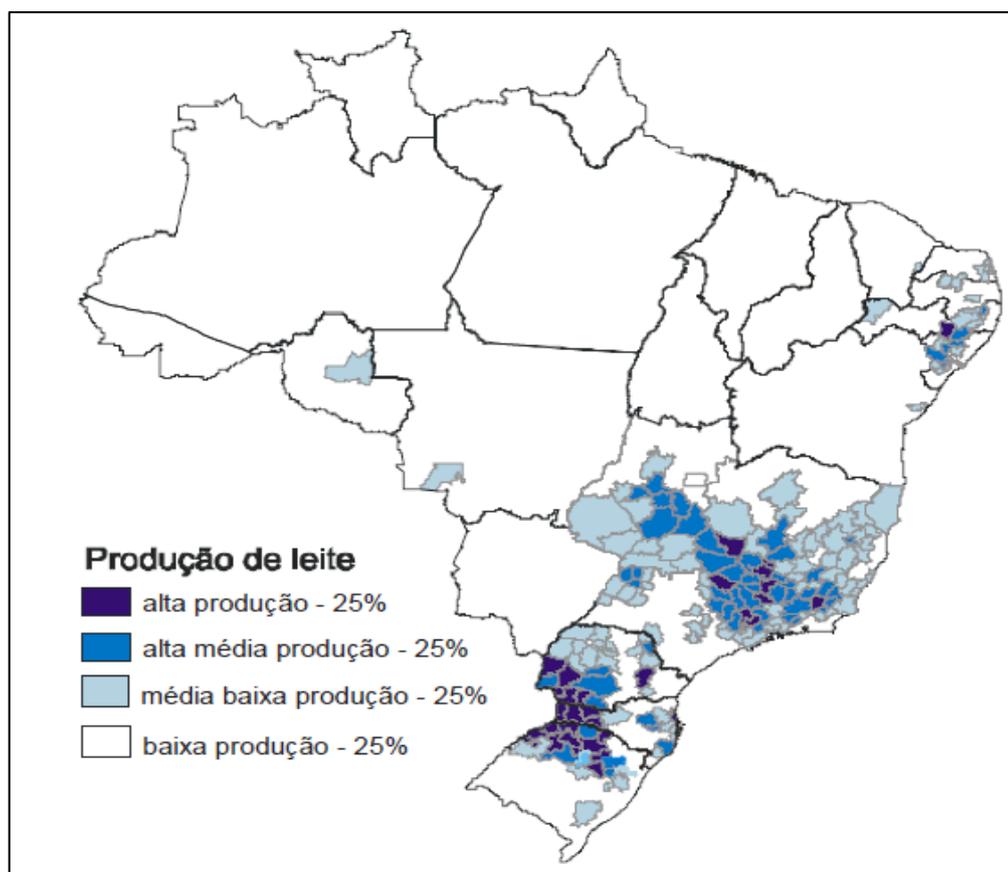
Figura 1 – Produção de leite nas regiões brasileiras, 2000 a 2010 (Valores expressos em bilhões de litros)



Fonte: Adaptado de ZOCCAL et al., (2011).

A pecuária de leite está mais concentrada em algumas regiões, embora a atividade leiteira ocorra em todo o território nacional. Na Figura 2 pode-se observar a distribuição geográfica dessas áreas com maior volume de leite produzido no Brasil, as quais foram divididas em quatro grandes regiões produtoras de leite e caracterizadas conforme apresentado na figura (ZOCCAL et al., 2011).

Figura 2 – Áreas de concentração da produção de leite no Brasil, 2010



Fonte: Adaptado de ZOCCAL et al.,(2011).

Pode-se observar na Figura 2 que no sul do país se concentram o maior número de microrregiões com maior produção, com as mais altas densidades de produção. Estas microrregiões estão localizadas principalmente no norte do Rio Grande do sul, oeste de Santa Catarina e sudoeste do Paraná. Os três estados que compõem a região sul aumentaram 654 milhões de litros de leite de 2009 para 2010 (ZOCCAL et al., 2011).

O Brasil é, atualmente, o quinto colocado no *ranking* mundial da produção de leite sendo o estado de Minas Gerais o seu destaque com uma produção de 27,3 % do leite nacional. O Rio Grande do Sul se apresenta em segundo lugar contribuindo com 11,8 % da produção média nacional. A Tabela 2 apresenta a quantidade de leite cru, resfriado ou não, industrializado do quarto trimestre de 2011 pelas três maiores regiões do Brasil (IBGE, 2012).

Tabela 2 – Quantidade de leite cru, resfriado ou não, industrializado nas três maiores regiões do Brasil, no quarto trimestre de 2011

Brasil e Regiões	Mil litros de leite
Brasil	5.865.317
Minas Gerais	1.450.913
Rio Grande do Sul	891.562
São Paulo	671.557

Fonte: Elaborado pela autora com dados do IBGE (2012).

O Censo Agropecuário do IBGE (2006) indica que no Brasil existem aproximadamente 5,2 milhões de estabelecimentos rurais e em 25 % deles ocorre a produção de leite. Nas regiões sul e no centro-oeste ocorre o maior percentual de propriedades com leite em relação ao número total de estabelecimentos rurais representando 41 % e 39 %, respectivamente. No sudeste 33 % se dedicam à atividade leiteira, no norte 18 % e no nordeste apenas 16 % do total de estabelecimentos que trabalham com leite se dedicam à atividade. A Tabela 3 apresenta alguns estados brasileiros com maiores números de estabelecimentos agropecuários produtores de leite (ZOCCAL et al., 2011).

Tabela 3 – Número de estabelecimentos agropecuários com produção de leite nos estados brasileiros em 2011

Estado	Mil unidades
Minas Gerais	223,1
Rio Grande do Sul	205,1
Paraná	119,6
Bahia	118,8
Santa Catarina	89,0

Fonte: Elaborado pela autora com dados do IBGE (2012).

Em termos de volume de leite produzido, as dez microrregiões do Rio Grande do Sul com maior produção de leite em 2009 são: Passo Fundo, Três Passos, Lajeado-Estrela, Santa Rosa, Guaporé, Erechim, Frederico Westphalen, Ijuí, Carazinho e Cruz Alta. Estas regiões produziram juntas 63,93 % do leite gerado no Estado e fazem parte das mesorregiões Noroeste e Nordeste, exceto a microrregião de Lajeado – Estrela, que faz parte do Centro Oriental (FILHO et al., 2011). A Tabela 4 apresenta as cinco microrregiões do RS que mais produziram leite em 2009.

Tabela 4 – Microrregiões do RS que mais produziram leite em 2009

Microrregião	Mil litros
Passo Fundo	425.088
Três Passos	234.644
Lajeado-Estrela	234.312
Santa Rosa	209.894
Guaporé	194.745

Fonte: Elaborado pela autora com dados do IBGE (2012).

O Vale do Taquari é composto por 36 municípios, e o volume total de leite produzido por estes municípios, no ano de 2010, segundo dados do IBGE foi de aproximadamente 303.643 mil litros. A Tabela 5 apresenta a produção de leite da cidade de Lajeado e municípios vizinhos em 2010.

Tabela 5 – Produção de leite na cidade de Lajeado e municípios vizinhos em 2010

Cidade	Mil litros
Estrela	31.000
Teutônia	29.100
Arroio do Meio	22.250
Westfália	14.000
Cruzeiro do Sul	12.000
Marques de Souza	7.700
Forquetinha	7.110
Santa Clara do Sul	7.050
Lajeado	3.200

Fonte: Elaborado pela autora com dados do IBGE (2012).

Segundo Banco de Dados Institucional - UNIVATES (2011), a agropecuária no Vale do Taquari possui uma grande importância. A atividade primária, no ano de 2008, movimentou cerca de 14,37 % do Valor Adicionado Bruto do Vale. A economia do vale acaba sendo impulsionada, pois o segmento agropecuário fornece matérias-primas para as indústrias de transformação e de beneficiamento. Além disso, os produtores rurais e suas famílias movimentam consideráveis valores em termos de comércio varejista, transportes, energia elétrica e comunicações.

A atividade agropecuária, organizada no modelo familiar, caracteriza-se pela diversidade de culturas e criações sempre em regime confinado e, na maioria das vezes, organizadas em sistema integrado com a indústria de alimentos.

Conforme dados fornecidos pelo técnico da Emater de Lajeado, Nilo Cortes,

em entrevista pessoal dia 01 de outubro de 2012, o Vale do Taquari conta, atualmente, com cento e vinte e duas agroindústrias familiares. Este número envolve duzentos e cinco famílias e quatrocentas e vinte e oito empresas diretas. Cada agroindústria movimenta aproximadamente R\$ 195 mil reais por ano no vale. Além disso, as agroindústrias contribuem com a formação de emprego direto e no aproveitamento da mão de obra familiar.

4. 2 O leite e seus derivados

De acordo com BRASIL (2011), em sua Instrução Normativa – IN 62/2011, leite é o produto resultante da ordenha realizada de forma completa e sem interrupção, em adequadas condições higiênicas, de vacas sadias, bem alimentadas e descansadas. Para o leite de outros animais, o nome dado deve compor o nome da espécie de que proceda.

Do ponto de vista biológico, o leite é um produto da secreção das glândulas mamárias de fêmeas mamíferas cuja função é a alimentação dos recém-nascidos. Já do ponto de vista físico-químico, o leite é uma mistura homogênea de grande número de substâncias: proteínas, lactose, lipídeos, sais, vitaminas, enzimas, entre outras. Destas substâncias, algumas estão em emulsão como a gordura e as substâncias associadas, algumas em suspensão como caseínas ligadas a sais minerais e outras em dissolução, como a lactose, vitaminas hidrossolúveis, proteínas do soro, sais, entre outros (PEREDA et al., 2005).

Segundo VALSECHI (2001), o leite é um líquido branco, opaco, duas vezes mais viscoso que a água, de sabor levemente adocicado e de odor pouco acentuado. A composição do leite varia de acordo com a espécie, raça, individualidade, alimentação, entre outros fatores. Em média, o leite é formado por 7/8 de água e 1/8 de substâncias sólidas, o que se denomina extrato seco total, que é a parte nutritiva do leite, sendo representada de acordo com a Tabela 6.

Tabela 6 – Composição média do leite bovino

Constituinte	Porcentagem
Água	87,00 %
Gordura	4,00 %
Proteína	3,50 %
Lactose	4,80 %
Cinzas	0,70 %

Fonte: Adaptado de VALSECHI (2001).

4.2.1 Propriedades dos seus principais constituintes

As proteínas do leite são constituídas pelas proteínas insolúveis ou caseínas, que representam cerca de 27 g/L apresentando-se sob a forma de micelas de fosfocaseinato de cálcio sendo facilmente degradadas por todas as enzimas proteolíticas e pelas proteínas solúveis que se encontram no lactosoro dividindo-se em albuminas, globulinas e enzimas. Fisiologicamente as proteínas constituem a base da vida, pois são consideradas indispensáveis na construção de tecidos, importantíssimo na nutrição dos animais e do homem. Sendo o leite o alimento exclusivo da primeira idade, as proteínas do leite são, de todas as existentes, as mais completas e as que possuem todos os elementos indispensáveis à primeira fase de vida (VALSECHI, 2001).

As gorduras, mais corretamente chamadas de lipídeos do leite são de constituição muito complexa. O gordura contribui muito para o resultado energético final do leite, sendo também importante para a obtenção de sabor e odor do leite e seus derivados. Apresenta melhor rendimento na fabricação dos derivados o leite com maior teor de gordura que resultará em um maior rendimento final. Fisiologicamente serve como fonte de energia e, devido ao ser elevado teor de vitamina A e D, possui papel importante no crescimento e desenvolvimento dos jovens, sobretudo durante o período em que a alimentação é exclusivamente ou predominantemente láctea (REIS et al., 2002).

O leite possui glicídios ou açúcares que são essencialmente constituídos pela lactose, cujo teor médio varia de 4,5 a 5,0 g/L e aos quais se deve o seu sabor adocicado. Fisiologicamente, a lactose é hidrolisada pela lactase intestinal em

glucose e galactose por via enzimática favorecendo a sua presença no tubo digestivo a implantação de uma flora láctica que se opõe à instalação de uma flora de putrefação, assim como também favorece a assimilação do cálcio (VALSECHI, 2001).

No leite são encontrados teores consideráveis de sais tais como o cloro, fósforo, potássio, sódio, cálcio e magnésio e baixos teores de ferro, alumínio, bromo, zinco e manganês formando os sais orgânicos e inorgânicos. O cálcio possui importância tecnológica especial, pois tem de estar presente em quantidade suficiente para que ocorra a coagulação da caseína pela ação da renina na fabricação de queijos. Fisiologicamente servem na formação e manutenção do esqueleto bom como ao equilíbrio de muitas funções orgânicas (REIS et al., 2002).

No leite encontra-se ainda outro grupo importante de constituintes em pequenas quantidades, mas tendo um papel fundamental devido a sua atividade, sendo que essa fração compreende as enzimas, as vitaminas e as hormonas. Em geral, considera-se o leite como uma boa fonte de vitaminas (VALSECHI, 2001).

O leite é uma importante fonte de vitaminas, algumas associam-se com a gordura que são as vitaminas A, D, E e K, enquanto outras associam-se com a parte aquosa. Dentre estas últimas, estão as vitaminas do complexo B, em que mais de dez vitaminas diferentes são encontradas no leite, e a vitamina C. Entretanto, com exceção da vitamina B2 (riboflavina), as outras são encontradas em pequenas quantidades (BRITO et al., 2006).

4.2.2 Industrialização do leite

O processo de industrialização do leite tem o objetivo de descontaminá-lo eliminando sujidades através de peneiramento e filtração, e também através de tratamento térmico para a eliminação de micro-organismos patogênicos. Uma matéria-prima de boa qualidade resulta em produtos de boa qualidade. Para tanto, o leite deve receber, necessariamente, logo após a ordenha, cuidados especiais para que chegue à indústria dentro dos padrões necessários à sua industrialização (FOSCHIERA, 2004).

O leite, em geral, serve a dois fins distintos sendo eles para alimentação em forma líquida, chamado de leite "*in natura*" e como matéria-prima industrial para a produção de variados produtos lácteos envolvendo processos de transformação, que podem ser uma simples desidratação ou a elaboração de produtos obtidos através de alterações dos seus constituintes, especialmente a proteína, gordura e a lactose, como é o caso da fabricação do queijo (VALSECHI, 2001).

Antes da industrialização, a qualidade do leite recebido na indústria é determinada através de diversos testes e análises realizadas com amostras desse leite. O leite, logo após a ordenha, é levemente ácido. As bactérias presentes no leite se multiplicam e atacam as moléculas de lactose transformando-a em ácido láctico, aumentando conseqüentemente a sua acidez e reduzindo a sua durabilidade (FOSCHIERA, 2004).

A pasteurização tem por objetivo destruir, através do emprego de temperatura apropriada, todos os organismos patogênicos do leite restando, dessa forma, uma pequena quantidade de micro-organismos na forma de esporos, os quais são resistentes ao calor, alterando o mínimo possível as características do leite. O processo de pasteurização consiste em submeter o leite a um equipamento em temperaturas entre 71,5 e 75 °C por um tempo entre 15 e 20 minutos e resfriado imediatamente até 3 a 4 °C. Após este processo, o leite pode ser embalado normalmente ou então ser usado na produção de derivados (FOSCHIERA, 2004).

Segundo VALSECHI (2001), o consumo de leite é feito sob várias formas as quais pode-se citar o leite "*in natura*", o leite em pó e o consumo de subprodutos como os leites fermentados. Os leites fermentados englobam uma gama de produtos, dos quais a bebida láctea é a mais corrente, mais expandida no mundo e cada vez mais consumida. Outro subproduto bastante conhecido e consumido é o queijo, que é um produto concentrado de proteína e gordura obtido a partir do leite coalhado, separado do soro e amadurecido durante tempo variável, dependendo do tipo de queijo que se deseja fabricar (BEZERRA, 2008).

Existem, no mercado, diversos tipos de queijos tais como o queijo prato, queijo parmesão, queijo provolone, queijo mussarela, requeijão, ricota, o queijo minas que pode se apresentar em três variedades: queijo minas meia cura, queijo

minas frescal e queijo minas curado e também o queijo colonial (BEZERRA, 2008).

4.3 Processo de fabricação do queijo

4.3.1 História do queijo

Diversas histórias mencionam a origem do queijo, inclusive uma lenda bastante conhecida que sugere que o queijo foi descoberto por Aristeu, filho do Deus grego Apolo, rei da Arcádia. Mas a versão mais aceita pelos historiadores é a do mercador árabe. Um legendário mercador viajante da Arábia durante uma viagem pela Ásia fez uma parada para se alimentar. Carregava o homem consigo tâmaras secas e dentro de um cantil feito de estômago seco de carneiro, certa quantidade de leite de cabra. No entanto, o homem percebeu que no cantil havia somente um líquido fino e aquoso, o qual denominou de coalhada branca. O coalho existente no estômago parcialmente seco do carneiro havia coagulado o leite resultando assim o queijo. Isso se passou há milhares de anos e ainda hoje, faz-se o queijo de modo semelhante: coagulando o leite com coalho oriundo do estômago de bezerros (VALSECHI, 2001).

Os egípcios estão entre os primeiros povos a obterem no leite e no queijo, fonte importante de sua alimentação. Roma, brilhante centro de civilização antiga, era um rico mercado para o queijo, porém, embora alguns queijos fossem fabricados na Itália, a principal fonte de abastecimento era a Suíça onde a vegetação das encostas dos Alpes forneceria abundante pastagem e, além do mais, havia a mais pura água de montanha.

Assim, nasceu um produto mundialmente famoso e uma indústria que, séculos mais tarde se expandiu pelo mundo (VALSECHI, 2001).

4.3.2 Processo e composição do queijo

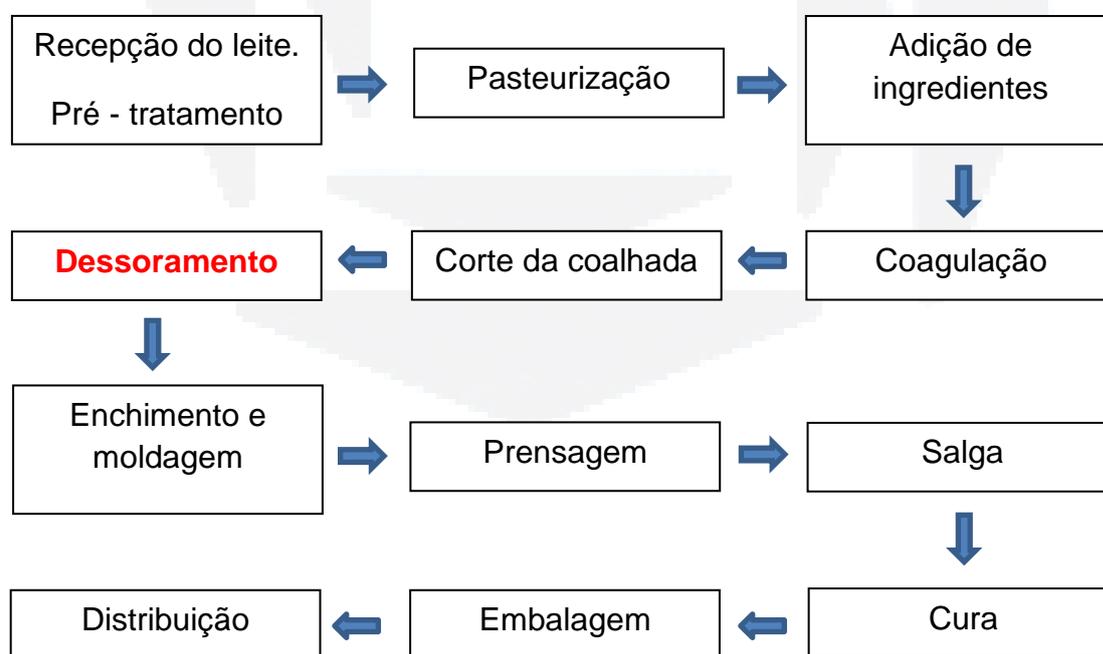
Segundo (FOSCHIERA, 2004) o queijo é um produto obtido pela coagulação da caseína do leite com aprisionamento da gordura e sais em suspensão, com

liberação de soro que nada mais é que do que água, lactose e sais solúveis.

O leite é a principal matéria-prima para a fabricação do queijo sendo uma fonte de proteínas, pois contém açúcares (lactose), proteínas (caseínas), gorduras, minerais e vitaminas. Cada um destes constituintes do leite possui uma percentagem variável devido à espécie do animal que lhe deu origem, devido à sua alimentação, seu estado de lactação e saúde (SOARES, 2009).

A fabricação do queijo sendo este rico em gordura, proteínas, cálcio e fósforo, consome cerca de 30 % do leite. O processo baseia-se na coagulação da caseína do leite ou das proteínas do soro. Tecnicamente, o processo é, geralmente, muito complexo compreendendo um conjunto de etapas desde a recepção do leite, passando pela coagulação, processamento da coalhada e amadurecimento, terminando na distribuição do produto. Essas etapas encontram-se no fluxograma da Figura 3 e são descritas posteriormente (SOARES, 2009).

Figura 3 – Fluxograma geral do processo de fabricação do queijo



Fonte: Adaptado de SOARES (2009).

A seguir, segue uma breve descrição de cada etapa do processo de fabricação de queijo, extraído de SOARES (2009).

a) Recepção e pré-tratamento:

O leite cru descarregado na recepção é sujeito a análises físico-químicas. Após, o leite é mantido em tanques de refrigeração. Procede-se ao acerto dos seus constituintes para se obter o máximo rendimento na produção do queijo com as características desejadas.

b) Pasteurização:

A pasteurização permite eliminar os micro-organismos patogênicos e seus esporos presentes no leite. Pode ser realizada em trocadores de placas com temperaturas entre 72 e 75 °C por um tempo de 15 segundos (FOSCHIERA, 2004).

c) Adição de insumos:

Em um tanque de coagulação, adiciona-se ao leite os fermentos lácticos acidificantes e aromáticos bem como o cloreto de cálcio diluído em água tratada. Por fim é adicionado o coalho.

d) Coagulação:

É a fase inicial da transformação de leite em queijo, onde o leite se divide em duas substâncias: a coalhada (substância sólida) e o soro (substância líquida). Ocorre, assim, a precipitação da caseína do leite formando um coágulo branco com textura homogênea através da ação de bactérias lácticas e do coalho.

e) Corte da coalhada:

A coalhada é cortada de forma a aumentar a superfície específica e facilitar a transferência de soro com um mínimo de perdas de proteína e gordura (MAHAUT apud SOARES, 2009). O tipo de queijo produzido é em função do tipo e tempo de corte. Segundo MADRP (2003), quanto maior a duração e quanto menores forem os fragmentos da coalhada, maior será o dessoramento e menor a umidade do queijo resultante.

f) Dessoramento:

É a separação do soro da coalhada, após a ruptura do coalho, para obter-se

um produto moldável. As características do coalho é que determinam a quantidade de soro liberado e também as suas características qualitativas.

g) Enchimento e Moldagem:

Após o dessoramento, a massa da coalhada é colocada em moldes com panos para dar ao queijo a sua forma final sendo a massa espremida lentamente (MADRP, 2003).

h) Prensagem:

O objetivo da prensagem é melhorar a consistência, a textura e a forma do queijo extraindo o soro em excesso. Esta pode ser feita através da colocação de pesos ou por uma ação pneumática.

i) Salga:

É efetuada a incorporação de sal na coalhada, à superfície do queijo ou por imersão em salmoura. Existem vários processos de salga, tais como: aplicação direta na massa, aplicação direta no queijo, disposição do queijo em salmoura ou uma mistura dos dois últimos (MADRP, 2003).

j) Cura:

Nesta fase verifica-se o conjunto de reações bioquímicas complexas importantes desenvolvidas por ação microbiana e enzimática modificando os diversos componentes da coalhada. É transmitido o aroma, o sabor e a textura final do queijo.

k) Embalagem:

Depois da cura, os queijos são embalados e rotulados para posterior distribuição.

l) Distribuição:

O meio de transporte utilizado deve ter a capacidade de manter o produto à temperatura adequada.

No processo de fabricação explicitado, ocorre a geração de um grande volume de soro de queijo, uma vez que o rendimento médio na produção de queijo é de 1 kg de queijo para cada 10 L de leite empregado, o que resulta em aproximadamente 9 L de soro gerados para cada quilograma de queijo produzido (TEIXEIRA; FONSECA, 2008).

O soro apresenta em sua composição química aproximadamente 93 a 94 % de água; 4,5 a 5,0 % de lactose; 0,7 a 0,9 % de proteínas solúveis; 0,6 a 1,0 % de sais minerais (GIROTO et al., 2001). Há dois tipos de soro: o doce e o ácido. No Brasil, o soro provindo da fabricação de queijos por coagulação enzimática do leite em pH próximo de 6,7 (mussarela, prato, minas frescal e outros) é quase que exclusivamente doce. A Tabela 7 apresenta a composição do soro doce e ácido (COSTA, 2008).

Tabela 7 – Composição do soro de queijo doce e ácido

Componentes	Soro doce (%)	Soro ácido (%)
Água	93-94	94-95
Sólidos totais	6-7	5-6
Lactose	4,5-5	3,8-4,2
Proteína	0,8-1	0,6-1
Nitrogênio total	22	27
Ácido láctico	0,1-0,2	0,7-0,8
Cinzas	0,5-0,7	0,7-0,8

Fonte: Adaptado de COSTA (2008).

Dados da Associação Brasileira das Indústrias de Queijos mostram que, no Brasil, a produção anual de queijos tem-se mantido em cerca de 540.000 toneladas/ano, o que corresponde à produção de, aproximadamente, 5,4 milhões de toneladas de soro de queijo (RÉVILLION et al., 2000). Mas, Segundo Serpa (2005), apenas 15 % do soro são reaproveitados e o restante é incorporado na água residual e posteriormente descartada no meio ambiente sem tratamento, sendo esta prática a principal fonte poluidora gerada por este setor, pois, o soro possui alta carga orgânica impondo um alto valor de DBO (30.000 a 60.000 mg/L).

A produção artesanal de alimentos pode oferecer diversos benefícios para a sociedade tais como, a fixação do homem no campo, a geração de empregos e a manutenção da cultura e das tradições locais (NASSU et al., 2001). Entre os alimentos produzidos de forma artesanal, destaca-se no cenário brasileiro o queijo

justamente por apresentar alto valor nutritivo devido a sua composição química, relevantes teores de lipídios, proteínas, minerais e de vitaminas assim como, também, pelas suas características sensoriais aumentando expressivamente a sua produção e consumo (PERRY, 2004).

No Brasil, dos queijos artesanais produzidos e consumidos, o queijo colonial, mais comumente produzido nos estados do Sul do país tem sido uma boa alternativa para pequenos produtores rurais, os quais encontram nessa atividade, uma forma de incrementar a renda familiar (JÚNIOR et al., 2012). Os queijos produzidos de forma artesanal por pequenas unidades no meio rural são feitos de acordo com tradições familiares e geralmente com baixo padrão tecnológico permitindo, assim, uma composição bastante diversificada (HOLLOWKA et al., 1999).

4.4 Formas de reaproveitamento do soro de queijo

É evidente que as grandes empresas, de uma forma geral, já se encontram em um estágio mais avançado no trato das questões ambientais. Contudo, médias e pequenas empresas muitas vezes enfrentam dificuldades nos seus negócios, e a questão ambiental é, normalmente, tratado por estas empresas como um fator secundário e, segundo elas, de custo elevado (ROHLFES et al., 2011).

Para o reaproveitamento dos resíduos industriais é necessário interpretá-los não como poluentes e sim, considerá-los como matérias-primas tanto para um sistema de tratamento como para sua reutilização (ABIQ, 1995). Da mesma forma Homem (2004), escreve que não se deve focar os resíduos como uma consequência do processo industrial apenas. É necessário que se veja neles um material possível de ser aproveitado e desta forma os mesmos passam a ter algum valor.

A utilização do soro de queijo como matéria-prima para a fabricação de outros produtos já é viável, estando entre as diversas formas de reaproveitamento a aplicação na própria indústria alimentícia na fabricação de bebidas lácteas, na fabricação de ricota, na fabricação do soro em pó, a aplicação nas indústrias

farmacêutica, cosmética e química além de poder ser usado para a produção de etanol (HOMEM, 2004).

O soro gerado na fabricação do queijo, devido as múltiplas e importantes propriedades multifuncionais das proteínas presentes no soro, o mesmo pode ser reaproveitado na produção de alimentos destinados ao consumo humano e animal. Citam os autores que há estudos para a aplicação do soro de queijo também no setor farmacêutico e químico. São variadas as aplicabilidades do soro, entretanto, é necessária a continuidade de pesquisas nesta área considerando que o conhecimento sobre os efeitos no organismo ainda é muito limitado (OLIVEIRA et al., 2012)

4.5 Características e fontes do efluente proveniente da fabricação de queijo

A produção de queijo é caracterizada por apresentar um conjunto de impactos ambientais, elevado consumo de água e energia e por produzir grande quantidade de água residual com elevada concentração de carga orgânica. Um dos efluentes gerados na fabricação do queijo é o soro, que pode ser eliminado ou reutilizado na fabricação de outro produto. O lançamento, de forma intermitente, desse efluente pode gerar alterações significativas no meio receptor, tais como: aumento do consumo de oxigênio, acumulação de gorduras e também alteração do pH do meio (LAPA et al., 2005).

A matéria orgânica carbonácea presente nos resíduos líquidos é uma característica importante, pois é considerada a principal causadora da poluição das águas, pois, uma alta concentração de matéria orgânica provoca elevado consumo de oxigênio dissolvido pelos micro-organismos nos seus processos de utilização, estabilização e transformação dessa matéria orgânica (VON SPERLING, 2005).

A matéria orgânica está contida na fração de sólidos voláteis podendo ser medida de forma indireta pela DBO. Essa matéria orgânica ao ser biodegradada, nos corpos receptores causa decréscimo da concentração de oxigênio dissolvido no meio hídrico, deteriorando a qualidade ou inviabilizando a vida aquática (MEES, 2006).

O teor de sólidos totais é todo o resíduo deixado após evaporação completa da água a partir de leite. Isto inclui as proteínas, gorduras, lactose e matéria mineral. A lactose compreende aproximadamente 52 % dos sólidos totais do leite e aproximadamente 70 % dos sólidos encontrados no soro de queijo. Devido a essa alta concentração de lactose, o soro de queijo impõe alto valor de demanda biológica de oxigênio. Isso ocorre porque a lactose, ao ser bioconvertida em um ambiente hídrico, consome grande quantidade de oxigênio, aumentando a DBO (COSTA, 2008).

O soro, quando lançado em curso d'água, provoca efeito poluidor devido ao consumo de oxigênio da água. As bactérias e outros micro-organismos aquáticos atacam alguns componentes do soro, em especial a lactose, e para este processo se utilizam de oxigênio retirando-o da água fazendo com que o teor de oxigênio do meio fique inapropriado para a sobrevivência dos ecossistemas. A gravidade da poluição devida ao soro do queijo vem do fato de ele apresentar elevada DBO. A DBO é definida como sendo a quantidade de oxigênio, expressa em mg/L, necessária para estabilizar a matéria orgânica. A DBO_5^{20} é definida como sendo a quantidade de oxigênio, expressa em mg/L, necessária para estabilizar a matéria orgânica com ajuda de micro-organismos por um período de 5 dias e a 20 °C. O soro possui uma elevada carga orgânica em que a DBO varia entre 30.000 e 50.000 mg/L constituída essencialmente por lactose e a DQO variável de 50.000 e 70.000 mg/L (FRIGON et al., 2009).

A Resolução CONSEMA nº 128/2006 dispõe sobre a fixação de padrões de emissão de efluentes líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Os padrões de emissão estabelecidos nesta Resolução referem-se tanto para coletas de efluentes realizadas por amostragem simples quanto por amostragem composta.

O Art. 20 da referida resolução estabelece os padrões de emissão em função da vazão e, em seu parágrafo 1º, estabelece os padrões de lançamento de efluentes líquidos, exceto para efluentes domésticos. Os parâmetros a serem analisados são DBO, DQO, Sólidos Suspensos, Nitrogênio total, Fósforo e Coliformes Termotolerantes. Para efluentes líquidos domésticos, os padrões de lançamento dos mesmos parâmetros estão relacionados no parágrafo 2º do Art. 20 da Resolução. Os

padrões de lançamento dos parâmetros de controle seguem relacionados no Anexo A.

4.6 Processos de tratamento para efluentes

O tratamento das águas residuais geradas pelas indústrias é essencial para o estado ecológico e ambiental dos meios receptores, pois dependendo do efluente, pode ter elevados níveis de poluentes, como cargas concentradas e diversificadas de compostos conservativos, biodegradáveis ou tóxicos (SOARES, 2009).

A redução das águas residuais bem como a minimização da geração nas indústrias fabricantes de queijo pode ser obtida através de reciclagem e reutilização dos componentes destas águas com a aplicação de tratamento de efluentes tais como físicos, químicos, uma combinação de processos físico-químicos e também biológicos sendo eles aeróbios ou anaeróbios (VIDAL et al., 2000)

Segundo Metcalf & Eddy (2003), as características físicas de uma água residual podem ser interpretadas pela obtenção de grandezas tais como teor de sólidos (sólidos totais, sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos), temperatura, turbidez, cor, odor, densidade e condutividade. As características químicas das águas residuais, quanto a sua origem, podem ser classificadas em dois grupos: características químicas inorgânicas e características químicas orgânicas. As características químicas inorgânicas possuem alguns parâmetros como, por exemplo, a amônia, fósforo, pH, alcalinidade, cloretos, sulfatos entre outros. As características químicas orgânicas abrangem as determinações de carbono orgânico total, carbono orgânico dissolvido, carência bioquímica em oxigênio e carência química de oxigênio. Já as características biológicas são definidas através das determinações de micro-organismos e toxicidade.

Segundo Prazeres et al., (2012), a maioria das fábricas de queijo elimina os seus efluentes de forma irregular sem qualquer pré-tratamento, seja por descarga direta nos recursos hídricos, aplicação no solo ou até mesmo como alimentação animal. Para Farizoglu et al., (2007), indiferente da alternativa de tratamento, para os

pequenos e médios fabricantes de queijo, a gestão do efluente do queijo tem se tornado um importante desafio devido aos requisitos legais rigorosos.

Podem ser consideradas três opções de gestão de efluentes do queijo. A primeira é baseada na aplicação de tecnologias de valorização. Essas tecnologias são introduzidas para recuperar compostos tais como as proteínas e a lactose. A segunda opção é a aplicação de um tratamento biológico e a terceira opção é a aplicação de tratamentos físico-químicos ou até mesmo processos combinados (PRAZERES et al., 2012).

Em se tratando de processos de tratamento, os processos físicos e os processos químicos ou ainda, a combinação destes dois resultando em um processo físico-químico são destinados à redução dos contaminantes como a matéria orgânica, a turbidez, os sólidos suspensos. A redução da carga contaminante pode ser realizada através de processo de coagulação-floculação com sais de ferro ou eletroquimicamente com eletrodos de ferro (PRAZERES et al., 2012).

Os coagulantes metálicos tais como os sais de ferro e alumínio dos quais pode-se citar o sulfato de alumínio, sulfato férrico, cloreto férrico e aluminato sódico tem sido os mais usados no processo de coagulação-floculação para clarificar as águas e também remover os fosfatos. Estes coagulantes metálicos são muito sensíveis a variações do pH da solução. É necessário que a solução esteja no intervalo adequado de pH pois, caso contrário, os sais podem solubilizar o ferro ou o alumínio originando eventuais problemas no processo (TRINDADE e MANUEL, 2006).

Quanto aos tratamentos biológicos, pesquisas sobre a digestão biológica do soro de queijo começaram na década de setenta com a aplicação de processos aeróbios, tais como lodo ativado, filtros biológicos, lagoas de armazenamento, entre outros e em meados dos anos oitenta, desenvolve-se a digestão anaeróbia (BLONSKAJA e VAALU, 2006).

4.6.1 Tratamento físico-químico por coagulação-floculação

As águas, tanto potáveis quanto residuais, contêm partículas sob a forma solúvel ou em suspensão que não sedimentam gravitacionalmente. Parte destas partículas podem ser colóides, onde cada partícula encontra-se estabilizada por uma série de cargas elétricas superficiais de mesmo sinal gerando entre si uma repulsão eletrostática. Essa repulsão impede o choque das partículas inexistindo a possibilidade de, naturalmente, as partículas formar agregados de maiores dimensões, chamados de flocos (TRINDADE e MANUEL, 2006). O objetivo da coagulação é desestabilizar as partículas em suspensão aumentando as suas dimensões proporcionando assim a colisão das mesmas enquanto que a floculação aglomera essas partículas desestabilizadas, primeiro em microflocos e posteriormente em aglomerados maiores, chamados de flocos (METCALF & EDDY, 2003).

O processo de coagulação-floculação tem, portanto, como objetivo agregar as partículas de pequenas dimensões em partículas de maiores dimensões para que possam ser removidas por sedimentação, ou filtração e, em alguns casos, por flotação. Esta agregação reduz a estabilidade da suspensão de forma que pode-se verificar a adesão de partículas postas em contato e o favorecimento das colisões entre as mesmas. O processo de coagulação-floculação inclui, dentre outros processos, a adição de um coagulante no meio de modo a promover a desestabilização de uma suspensão estável e, posteriormente, a sua floculação (MANO, 2005).

Além da adição do coagulante é necessário promover a homogeneização da suspensão para que ocorra a destruição desestabilização das partículas. A agitação promove o choque das partículas e a conseqüente aglomeração em forma de flocos. O objetivo é distribuir o agente coagulante e promover colisões rápidas através de uma agitação de grande intensidade. Após a etapa de coagulação ocorre a formação de flocos. Pode ser necessário, dependendo da situação, a adição de produtos coadjuvantes da floculação, ou seja, agentes floculantes, pois o floco formado pode não ser suficientemente grande para sedimentar com a rapidez pretendida. O processo de floculação deve ser estimulado por uma agitação lenta para que, pouco a pouco, os flocos sejam formados. A agitação mais intensa, no

caso da floculação, pode desagregar os flocos formados (TRINDADE e MANUEL, 2006).

Segundo Nunes (2004), o processo de tratamento físico-químico por coagulação-floculação de águas residuárias industriais é empregado a nível primário, precedendo tratamento secundário por processo biológico com o objetivo de reduzir a carga orgânica afluyente e consequentemente, obtendo-se menores dimensões destas unidades.

4.6.1.1 Fatores que afetam a coagulação-floculação

O processo de coagulação-floculação é afetado por alguns fatores, com menor influência encontram-se a temperatura, grau de agitação e o tamanho das partículas. Dependendo da situação, é necessária a adição de um coadjuvante floculante por algumas partículas apresentarem dificuldades de formar flocos com massa suficiente para sedimentar. O mais comum é o uso de polímeros orgânicos (polieletrólitos), sobretudo os catiônicos (TRINDADE e MANUEL, 2006).

O pH pode ser o fator mais simples porém, o mais importante no processo de coagulação. A coagulação deve ocorrer na zona ótima de pH do agente coagulante e quando isto não ocorre, a coagulação não tem boa eficiência resultando em um desperdício de coagulante e em uma qualidade inferior da solução tratada. Adiciona-se cal ou soda cáustica para realizar o ajuste do pH antes da adição do coagulante ou ainda, em algumas situações, é necessário adicionar ácidos para baixar o pH até os valores adequados (TRINDADE e MANUEL, 2006). Na Tabela 8, apresenta-se o pH ótimo para os coagulantes mais utilizados.

Tabela 8 - pH ótimo para cada coagulante

Coagulante	Faixa de pH
Sulfato de alumínio – $Al_2(SO_4)_3$	5,5 – 8,0
Cloreto Férrico – $FeCl_3$	5,0 – 11,0
Sulfato férrico – $Fe_2(SO_4)_3$	5,0 – 11,00

Fonte: Adaptado de SOARES (2009).

Assim como o pH, a alcalinidade é um fator importante para o sucesso da coagulação. De forma genérica, segundo (PAVANELLI, 2001), a alcalinidade pode ser definida como sendo a quantificação da capacidade que a água tem de neutralizar os ácidos nela presentes. A adição de ácidos fracos e sais hidrolisados, como o sulfato de alumínio e o cloreto férrico influenciam diretamente nos índices de acidez e alcalinidade sendo que se faz necessária a aplicação de alcalinizantes para restaurar o equilíbrio dos parâmetros que ficaram fora dos padrões, como por exemplo, o pH.

A carga superficial influencia fortemente no comportamento dos colóides na água. Cada partícula coloidal possui uma carga, geralmente negativa em situações de tratamento de efluente, que faz com que as partículas adjacentes sejam repelidas, impedindo assim que as partículas formem flocos mantendo-se dispersas e em suspensão no meio (TRINDADE e MANUEL, 2006).

Cada tipo de água apresenta variados teores de cátions tais como cálcio, magnésio, ferro, entre outros e ânions tais como sulfato, cloreto, fosfato, nitrato, etc. A eficiência da coagulação pode ser diretamente afetada por esses íons (BRATBY, 2006 apud SOARES, 2009). Por exemplo, à medida que se aumenta a concentração do ânion sulfato na água, o nível de pH ótimo do coagulante tende, normalmente, para um pH ácido. No processo de coagulação, o fator alcalinidade pode provocar disfunções, ainda mais se ocorrerem grandes alterações na concentração desses íons (TRINDADE e MANUEL, 2006).

4.6.2 Tratamento biológico aeróbio para efluentes

O tratamento dispensado às águas residuárias de laticínios é, em sua grande maioria, do tipo biológico. Este processo ocorre inteiramente por mecanismos biológicos e é efetuado por bactérias que se multiplicam aumentando a sua massa em função da quantidade de matéria degradada (VON SPERLING, 1996). Quando se empregam processos aeróbios, a produção de biomassa é maior do que quando se empregam processos anaeróbios (DANIEL, 2008).

O processo de degradação biológica de compostos carbonáceos é muito utilizado para efluentes de laticínios devido à alta carga de matéria orgânica facilmente biodegradável presente em sua composição. Quando essa degradação é realizada ocorre, naturalmente, a decomposição de carboidratos, óleos e graxas e de proteínas em compostos mais simples e gases tais como o dióxido de carbono, hidrogênio, amônia, metano e gás sulfídrico, dependendo do tipo de processo predominante (DANIEL, 2008).

O processo biológico aeróbio baseia-se na ação de bactérias aeróbicas. Este princípio de tratamento é aplicado em todas as variantes de lodos ativados e lagoas aeradas, nos quais o oxigênio é introduzido no meio artificialmente, ou em filtros biológicos, onde o oxigênio entra no processo naturalmente (NUVOLARI e COSTA, 2007)

4.6.2.1 Lodo ativado de fluxo intermitente por batelada

O processo de lodo ativado foi desenvolvido na Inglaterra em 1914 e é a tecnologia mais utilizada para o tratamento biológico de águas residuais, sendo empregado em situações em que são necessários reduzidos requisitos de área e uma elevada qualidade do efluente. Este processo é composto basicamente por um tanque de aeração, um decantador e um dispositivo de recirculação da biomassa. No tanque de aeração ocorrem as reações bioquímicas de remoção da matéria orgânica, e em determinadas condições, na matéria nitrogenada e de fosfato. No decantador ocorre a sedimentação dos sólidos (biomassa) permitindo que o efluente saia clarificado. O volume de sólidos sedimentados no decantador é recirculado em parte para o reator, aumentando a concentração da biomassa no reator, o que eleva a eficiência do sistema. A biomassa pode ser facilmente separada no decantador devido à sua propriedade de flocular. Isso se deve ao fato das bactérias possuírem uma matriz gelatinosa que permite a aglutinação das bactérias e outros micro-organismos. O floco possui maiores dimensões, o que facilita a sedimentação (VON SPERLING, 1997).

Como explicam Nuvolari e Costa (2007), o processo biológico por lodo ativado possui variáveis, mas, basicamente, consiste na introdução de oxigênio em

tanques de aeração permitindo assim que os micro-organismos aeróbios (bactérias, protozoários e metaprotzoários) cresçam em quantidade suficiente para promover de forma rápida, a oxidação da matéria orgânica presente no efluente. É o processo biológico que ocupa menor área para o tratamento e mesmo assim pode ter uma eficiência de remoção de carga orgânica significativa.

O processo aeróbio de lodo ativado baseia-se no crescimento de organismos aeróbios utilizando como fonte de alimento a matéria orgânica, através da injeção mecânica de oxigênio no efluente a ser tratado, havendo mistura por agitação ou fluxo de corrente de gás no meio líquido. A separação do efluente da massa de organismos, ou seja, do lodo, é promovida em um decantador secundário. Após a separação parte desse lodo retorna ao sistema e parte é descartada (FELICI, 2010).

O sistema de lodo ativado pode variar de acordo com as características hidráulicas e tipo de aeração. Em relação às condições hidráulicas, o sistema pode ser operado em bateladas sequenciais que consiste na incorporação de todos os processos, unidades e operações associadas ao tratamento convencional de fluxo contínuo em um mesmo tanque. Dessa forma, esses processos e operações ocorrem sequencialmente ao longo do tempo e não são compartimentados em unidades separadas, como ocorre nos processos convencionais de fluxo contínuo (VON SPERLING, 2002).

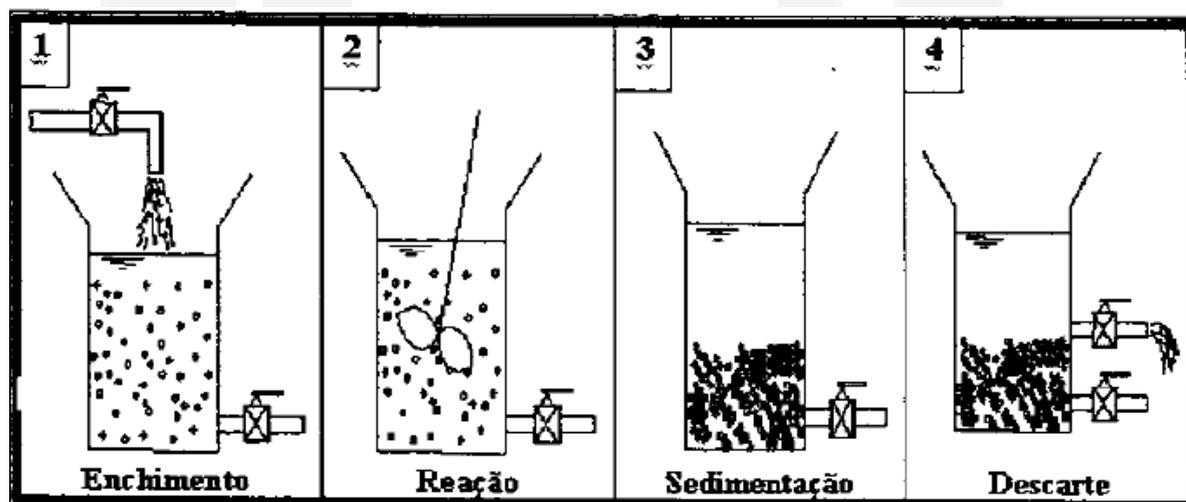
Segundo Von Sperling (2002), a utilização do sistema em bateladas sequenciais para o tratamento de efluente possui vantagens, tais como: flexibilidade operacional; a possibilidade de alteração na duração do ciclo; maior eficiência com a recirculação do lodo; a sedimentabilidade do lodo é favorecida; economia de espaço; não necessita de um decantador final; não necessita de equipamentos específicos para a sedimentação; há um maior controle dos processos envolvidos; o tanque serve também como tanque de equalização propiciando ao sistema maiores resistências às cargas de choque e as variações de vazão afluente e economia de área.

O processo possui algumas desvantagens dentre as quais pode-se citar o controle laboratorial mais acurado e a necessidade de mão-de-obra especializada para a operação e avaliação do processo (VON SPERLING, 2002).

Os reatores operados em bateladas sequenciais apresentam uma flexibilidade de operação. Para o tratamento do soro de queijo, esta flexibilidade é de suma importância pois, este efluente apresenta uma variação de vazão e também, dependendo do tipo de queijo fabricado, apresenta uma variação de composição. Segundo Von Sperling (2002), os ciclos normais do tratamento de lodo ativado por batelada são ilustrados na Figura 4 e o processo realizado em batelada ocorre na seguinte ordem:

- Enchimento (entrada do efluente no reator contendo lodo ativado);
- Reação (mistura aerada da massa líquida contida no reator);
- Sedimentação (e separação dos sólidos em suspensão do efluente tratado);
- Descarte (retirada do efluente tratado do reator e ajuste de ciclos e remoção do lodo excedente).

Figura 4 – Ciclos normais de operação intermitente



Fonte: Adaptado de ALMEIDA (2004).

Existem alguns fatores operacionais como, por exemplo, o fator carga aplicada ao sistema ou a relação alimento/micro-organismo (A/M), o tempo de retenção hidráulico e a idade do lodo que provocam alterações na sedimentação dos flocos e na quantidade e diversidade dos organismos presentes na biomassa do lodo ativado, influenciando na eficácia do processo. O fator de A/M baseia-se no conceito de que a quantidade de substrato disponível por unidade de massa dos micro-organismos está diretamente relacionada com a eficiência do sistema. O tempo de retenção hidráulico, por sua vez, está relacionado com o tempo médio em que o

efluente a ser tratado permanece no reator. A idade do lodo é um parâmetro importante para o processo visto que expressa o tempo médio de permanência da biomassa no reator em dias (VON SPERLING, 1997).

A diversidade da comunidade biológica que é encontrada na biomassa que constitui os flocos do lodo ativado é muito grande contendo muitas espécies de bactérias, fungos, protozoários e micrometazoários. Uma população mista de bactérias constituem maior parte a biomassa, sendo responsáveis pela degradação aeróbia da matéria orgânica presente nos efluentes, agregada sob forma de flocos biologicamente ativos, de onde vem o nome lodo ativado (MARTINS et al., 2004).

De acordo com Claas (2010), sendo o processo de lodos ativados um sistema de depuração biológico feito por via exclusivamente aeróbia onde a matéria orgânica presente nos efluentes é degradada por colônias de micro-organismos heterogêneos, é através de uma série de inter-relações que estes micro-organismos transformam o material orgânico em material inerte.

4.7 Trabalhos recentes sobre alternativas de tratamento do soro de queijo

No trabalho de Almeida (2004), parte experimental utilizou processos biológicos e químicos para a remoção da carga orgânica do soro de queijo. O lodo ativado e a fermentação com levedura foram empregados no tratamento biológico e o processo químico estudado foi a ozonização e o processo fotocatalítico. Os experimentos permitiram concluir que o tratamento com ozônio não demonstrou potencial para tratar o soro de queijo assim como o processo fotocatalítico também não foi eficaz no tratamento. O tratamento do soro de queijo pelo processo de lodo ativado foi eficiente em um curto tempo para o efluente bruto diluído. Já o processo fermentativo empregando a levedura *K. marxianos* mostrou-se como uma alternativa para o tratamento do soro de queijo apresentando taxas de remoção de DQO do efluente bruto de aproximadamente 84 %. Além destes resultados, a autora pode concluir que o processo combinado de fermentação e lodo ativado foi o que apresentou o melhor resultado onde a remoção da carga orgânica do efluente fermentado diluído cerca de cinco vezes foi de 94,9 %.

O trabalho elaborado por Santos et al., (2009), objetivou o estudo do processo de coagulação química e da sedimentação como alternativa de tratamento do efluente da indústria láctea. Utilizando um efluente sintético preparado com adição de água ao leite em pó a uma concentração de 0,1 % m/v. Nos experimentos foram estudados seis coagulantes (sulfato férrico, ácido clorídrico, cloreto férrico, polieletrólito, sulfato de alumínio e policloreto de alumínio). Um sedimentador lamelado foi utilizado para a etapa de sedimentação. As análises permitiram concluir que houve uma similaridade nas eficiências dos coagulantes cloreto férrico, sulfato férrico e sulfato de alumínio, sendo que os mesmos apresentaram os melhores resultados, em geral. Os resultados apresentados permitem concluir que o processo de sedimentação precedido de coagulação é viável no tratamento do efluente da indústria láctea reduzindo de forma significativa a turbidez e o teor de óleos e graxas. Apesar de ter reduzido a DQO, este parâmetro não atendeu às normas exigidas para o completo descarte do efluente, sendo necessário um tratamento complementar.

No levantamento teórico dos principais fatores de impacto ambiental causado pelas pequenas e médias indústria do setor lácteo, Rohfels et al., (2011) buscam propor alternativas de gestão ambiental para oportunizar a minimização dos fatores geradores destes impactos. Os autores concluem que, atualmente, para os pequenos e médios laticínios no Brasil, as alternativas economicamente viáveis de valorização do soro ficam muito limitadas considerando estas empresas isoladamente. Para a solução do problema do soro deve buscar melhorias que facilitem o escoamento da produção com processo produtivos eficientes e programas ambientais. Consideram ainda, os autores que, as soluções tecnológicas devem fazer parte de um sistema de qualidade de gestão e controle ambiental com o objetivo de aperfeiçoar o processo industrial e promover treinamento e conscientização tanto dos proprietários como dos colaboradores no que diz respeito às questões ambientais garantindo a eficácia nas soluções adotadas.

O trabalho de Daniel (2008) avaliou diferentes sistemas de tratamento de efluentes por processos biológicos utilizados em laticínios e comparou a eficiência na remoção de carga orgânica de cada processo para identificar o mais adequado para este tipo de indústria. Com base nos resultados do trabalho realizado, o autor concluiu que os sistemas biológicos com lodos ativados operando em batelada,

lodos ativados operando de forma contínua e filtro anaeróbio de fluxo ascendente, apresentaram eficiência de remoção de DBO acima de 80 % quando empregados no tratamento de água residuária de laticínios observando que o encaminhamento das águas de lavagens enviadas diretamente ao sistema de tratamento promove uma queda da eficiência do sistema.

O estudo realizado por Costa (2008) avaliou o desempenho do sistema de tratamento de efluente, filtro anaeróbio de fluxo ascendente em escala laboratorial no tratamento de efluente formulado com diversas concentrações de soro de queijo. A metodologia variou as vazões de alimentação e, conseqüentemente, diferentes cargas orgânicas obtendo-se uma redução de DQO variável de 60 a 88 % na sua remoção mantendo-se a vazão de 0,2 mL/min. Também foram testadas diferentes concentrações de soro de queijo com diferentes cargas orgânicas. Nesta etapa, por sua vez, a remoção de DQO variou de 82 a 88 %. Por fim, o sistema foi operado utilizando dois filtros anaeróbios conectados em série para o tratamento dos efluentes com diferentes vazões de alimentação sendo que foram observadas que as vazões de 0,2, 0,4 e 0,6 mL/min obtiveram redução de DQO de 93,77, 91,87 e 85,43 %, respectivamente. Estes resultados permitiram a autora concluir que filtro anaeróbio de fluxo ascendente poderá ser uma alternativa para o pré-tratamento de efluente que contenha soro de queijo.

O trabalho realizado por Maciel (2002) teve como principal objetivo avaliar o lodo do reator biológico da estação de tratamento de efluente - ETE de uma empresa através do monitoramento microbiológico e físico-químico. Como forma de avaliação global da eficiência da estação foram relacionados parâmetros biológicos, físico-químicos e operacionais. A autora verificou, entre outros pontos, que os ciliados fixos estão correlacionados com uma boa sedimentação do lodo e a valores de sólidos suspensos totais baixos, e também indicam que o lodo é bom e maduro, resultando numa baixa DQO do efluente. A autora concluiu que a análise da microfauna, apesar de pouco utilizada no país, é de extrema utilidade para uma melhor compreensão do processo que ocorre no interior de reatores biológicos e sua otimização sendo que as análises microbiológicas não devem substituir as análises físico-químicas, mas complementá-las.

O trabalho elaborado por Cordi et al., (2010) avaliou o impacto do processo de aclimação do lodo ativado coletado de uma estação de tratamento de esgoto doméstico aos efluentes papelheiro, têxtil e queijeiro. As diferenças observadas nos lodos aclimatados aos diferentes efluentes indicam que a população presente no sistema de lodos ativados é dependente dos substratos estudados, resultando na predominância de diferentes classes de protozoários. Concluem os autores, ainda, que quanto às bactérias presentes nenhuma diferença foi observada para os parâmetros estudados.

Uma avaliação da microbiota de sistemas biológicos aerados como indicativo de condução e eficiência dos processos foi realizada por Pfingstag (2011). O referido trabalho tinha o objetivo de propor o uso de uma ferramenta de análise através do uso de microscopia óptica para auxiliar na realização da atividade de gestão das estações de tratamento de efluentes. Através de análises microscópicas da microbiota de sistemas de lodo ativado de indústrias de alimentos bem como análises físico-químicas dos efluentes dos sistemas biológicos, a autora concluiu que é possível usar os resultados das análises da microbiota de sistemas biológicos aerados como indicativo do comportamento e da eficiência do processo de tratamento de efluentes industriais.

No estudo realizado por Carvalho (2008) foram realizados ensaios de coagulação/floculação, sedimentação e filtração objetivando a otimização do processo de produção de água potável a partir da água superficial do Rio Pirapó. Para os ensaios realizados em *Jar-Test* foram utilizados como coagulantes a quitosana, o sulfato de alumínio e a associação dos dois coagulantes. Variou-se o pH do meio e a concentração do coagulante sendo mantidos constantes os gradientes de mistura rápida e lenta bem como os tempos de coagulação, floculação e sedimentação. Com isto, a autora tentou reproduzir as condições da estação de tratamento de água, da cidade de Maringá. Após a floculação, a água foi transferida para cones Imhoff para sedimentação. Posteriormente esta água foi filtrada. Foram retiradas e analisadas amostras da água bruta e filtrada. O lodo foi analisado quanto à massa e volume produzidos. A autora concluiu que a água produzida atendeu aos parâmetros de potabilidade previstos pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde e o lodo foi analisado quanto à presença de metais.

Dessa forma, torna-se importante avaliar alternativas de tratamento para o soro de queijo, pois, para as fábricas de pequeno e médio porte, os tratamentos biológicos e físico-químicos já são comumente praticados como alternativas de tratamento dos seus efluentes visto que os custos associados às tecnologias de valorização, normalmente ficam fora do alcance destas pequenas e médias empresas (PRAZERES et al., 2012).



5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Materiais

5.1.1 Soro de queijo

O soro de queijo foi fornecido por uma agroindústria familiar situada na cidade de Forquetinha/RS. Inserida no Vale do Taquari, Forquetinha está distante 135 quilômetros da capital gaúcha – Porto Alegre. O volume de leite produzido na propriedade é de, aproximadamente, 150 L por semana, sendo 50 % deste volume destinado à fabricação de queijo tipo colonial. O volume semanal de soro gerado no processo de fabricação do queijo nesta propriedade resulta em aproximadamente 67,5 L que, em parte é administrada “*in natura*” na alimentação dos animais e, quando não usado para este fim, pode ser descartado de forma inadequada.

As amostras do soro de queijo foram coletadas previamente a cada teste preliminar sendo acondicionadas em garrafas plásticas devidamente identificadas (data, tipo de soro e responsável pelo material), e mantidas em temperaturas de refrigeração até o momento dos experimentos. O soro de queijo excedente em cada teste foi congelado até a sua utilização.

Foi realizada a caracterização físico-química do soro de queijo, antes dos tratamentos propostos, sendo determinadas (triplicatas):

- DQO em refluxo fechado com dicromato de potássio a quente (APHA, 2005);
- pH com pHmetro digital marca DIGIMED modelo DM-2P;
- Turbidez com turbidímetro marca DIGIMED modelo DM-TU;
- Cinzas em mufla à 550 °C (IAL, 2008);
- Umidade em estufa por 24 h à 105 °C (IAL, 2008);
- Sólidos totais com refratômetro marca OPTRONICS.

5.1.2 Insumos e equipamentos

Diversos insumos e equipamentos foram utilizados para a elaboração da proposta do trabalho. Para o tratamento físico-químico foi utilizado o sulfato de alumínio marca Vetec, Lote 0804010 fabricado em 06/2008 com vencimento em 06/2013 como agente coagulante nos testes de jarros (*Jar-Test*) realizados em escala laboratorial. O óxido de cálcio marca Nuclear fabricado em maio/2008 com vencimento em maio/2013 foi utilizado como coadjuvante no processo de coagulação.

Para o estudo do processo de tratamento biológico foi usado um reator aeróbio descontínuo com inóculo (biomassa) oriundo da ETE de uma indústria de laticínios da região do Vale do Taquari, por ser este inóculo parcialmente adaptado ao meio. O reator utilizado foi construído durante a elaboração da proposta. Uma análise microscópica do inóculo permitiu a visualização e, com isto, determinou-se a composição do lodo.

Além do *Jar-Test* e do reator aeróbio, foram utilizados equipamentos tais como o pHmetro, turbidímetro, refratômetro, oxímetro e microscópio. Este último equipamento citado foi utilizado para analisar microscopicamente o inóculo utilizado no reator aeróbio.

5.2 Métodos

O tratamento físico-químico realizado através do *Jar-Test* bem como o tratamento biológico em reator aeróbio ambos com a finalidade de depurar parcialmente a matéria orgânica do soro de queijo, foram realizados no laboratório de águas e efluentes, localizado no 3º andar do prédio 11 da UNIVATES. Os experimentos, para verificar a reprodutibilidade dos métodos e a confiabilidade dos resultados, foram todos executados em triplicata.

5.2.1 Testes de coagulação/sedimentação

O tratamento físico-químico foi realizado empregando o *Jar-Test*, para o qual utilizou-se como coagulante o sulfato de alumínio associado ao óxido de cálcio. As soluções utilizadas foram as que apresentaram melhor resultado nos testes preliminares, ou seja, foi utilizada a solução de sulfato de alumínio nas concentrações de 5 % e também na concentração de 10 %, e a solução de óxido de cálcio a uma concentração de 1 % todas previamente preparadas. O *Jar-Test* foi executando conforme descrito a seguir:

- a) Os recipientes do equipamento foram enumerados de 1 a 6;
- b) Foi verificado o pH inicial da amostra;
- c) Em cada um dos seis recipientes foi adicionado 700 mL do soro de queijo e iniciada uma agitação rápida a 150 RPM;
- d) Adicionou-se nos recipientes diferentes volumes das soluções de sulfato de alumínio (5, 7 e 9 mL) anteriormente preparadas e, além do coagulante, foram adicionados diferentes volumes da solução de óxido de cálcio (3 e 6 mL) e, após 5 minutos a agitação foi reduzida para 40 RPM;
- e) Após 15 minutos em agitação lenta, deixou-se a mistura repousar para promover a sedimentação;
- f) Verificou-se novamente o pH;

g) Após 45 minutos, retirou-se uma amostra do soro tratado de todos os recipientes. A partir das amostras, realizaram-se as determinações da DQO e pH. A Figura 5 ilustra a execução do teste de jarros.

Figura 5 – Equipamento de *Jar-Test*



Fonte: Da autora (2013).

5.2.2 Testes em reator biológico

Para o tratamento biológico foi construído e utilizado um reator aeróbio descontínuo de bancada. O reator foi constituído com um recipiente retangular de vidro medindo 51 cm de comprimento x 25 cm de altura x 31 cm de largura, totalizando um volume de 39,525 L. Foi utilizado ainda, um compressor de ar marca Schulz, modelo CSV 10/100, mangueiras flexíveis de PVC com silicone com diâmetro de 8 mm e conectores. A Figura 6 ilustra o reator construído.

Figura 6 – Reator aeróbio construído para o tratamento biológico



Fonte: Da autora (2012).

Sabendo-se que, o soro de queijo é um efluente com elevada carga orgânica, na condução do teste do reator biológico aeróbio deve ser evitado o choque de cargas. Inicialmente foi feita a ambientação de 4 L de lodo (aproximadamente 10 % do volume do reator). O sistema foi mantido sob aeração com uma vazão de ar de 4,2 L/min, distribuído na rede de tubos com micro-bolhas e ficou à temperatura ambiente durante o experimento. Após a ambientação do lodo ativado, o soro, em um volume de 12 litros, foi adicionado na forma de gotejamento com um tempo para alimentação do reator de, aproximadamente, seis horas (tempo para completar o volume útil do reator). Paralelamente, outros 04 litros de lodo foram sendo adicionados ao reator também sob forma de gotejamento.

Amostras de inóculo foram microscopicamente analisadas para verificar sua qualidade e alíquotas de soro foram coletadas para a determinação de DQO e acompanhamento de seu comportamento ao longo de 48 horas. Ao final do experimento, o soro resultante foi novamente caracterizado para permitir a comparação com o soro “*in natura*”. As Figuras 7 e 8 ilustram a execução do tratamento biológico.

Figuras 7 e 8 – Tratamento biológico com reator aeróbio



Fonte: Da autora (2013).

5.2.3 Análise de DQO

A DQO das amostras foi determinada através do Método de Refluxo Fechado. Este método consiste em uma reação de oxidação da matéria orgânica e inorgânica da amostra por quantidade conhecida de dicromato de potássio em meio fortemente ácido e elevada temperatura na presença de catalisador (sulfato de prata) (APHA, 2005).

Após ocorrer a oxidação da matéria orgânica, o excesso de dicromato é titulado com sulfato ferroso amoniacal. A quantidade de matéria orgânica oxidada é medida como equivalente de oxigênio, proporcional a quantidade de dicromato de potássio consumida. Sendo assim, a DQO representa uma medida da quantidade de agente oxidante consumido no rompimento da matéria orgânica, ou seja, a quantidade de dicromato necessária para oxidar a matéria orgânica e inorgânica de uma amostra. Quanto mais oxidante consumido, mais altos são os níveis orgânicos. Quanto menos oxidante consumido, mais baixos os níveis de carga orgânica. A quantidade de matéria expressa em unidades equivalentes a mg de oxigênio por litro (APHA, 2005)

Além da determinação da DQO, a quantidade de matéria orgânica de um efluente pode ser determinada, também, pela DBO. A DBO de um efluente é a quantidade de oxigênio requerida para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A DBO é normalmente

considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20 °C é frequentemente usado e referido como DBO_5^{20} (VON SPERLING, 1998).

A determinação da DQO é mais simples e rápida que a DBO, principalmente pelo fato de ser uma oxidação química. Na DQO, todo o material existente no efluente (biodegradável ou não) é oxidado. Dessa forma os resultados de DQO são, normalmente, maiores do que os resultados da DBO (VON SPERLING, 1998).

O ensaio da DQO possui como vantagem a rapidez e simplicidade na sua determinação: é necessário apenas 2 a 3 horas para a realização do ensaio da DQO sendo que o resultado do teste dá uma indicação da quantidade de oxigênio necessário para a estabilização da matéria orgânica, enquanto que para a DBO são necessários no mínimo 5 dias. Cita-se ainda como vantagem, o fato de que o processo não está sujeito a tantas variáveis, como por exemplo, a presença de compostos tóxicos para os micro-organismos no sistema biológico, e não requer tantos equipamentos (VON SPERLING, 1998).

Figura 9 – Método de determinação da DQO



Fonte: Da autora (2013).

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Caracterização do soro de queijo

Os resultados das análises de caracterização do soro de queijo colonial coletado na propriedade rural encontram-se na Tabela 9. Após a etapa de caracterização, o soro foi submetido aos tratamentos físico-químico e biológico.

Tabela 9 – Caracterização físico-química do soro de queijo tipo colonial

Parâmetro	Resultado (média)
DQO	83673 mg DQO/L
pH	6,52
Turbidez	6880 NTU
Cinzas	2,36 % B.U
Umidade	92,92 %
Sólidos totais	7,08 % B.U (100 % - umidade)

Fonte: Elaborada pela autora (2012).

6.2 Resultados do *Jar-Test* com sulfato de alumínio e óxido de cálcio

Conforme já mencionado, o *Jar-Test* com sulfato de alumínio e óxido de cálcio foi executado em triplicata sendo que, os resultados médios apresentados na Tabela 10 são os valores médios dos três experimentos.

Tabela 10 – Resultados médios do *Jar-Test* com sulfato de alumínio e óxido de cálcio

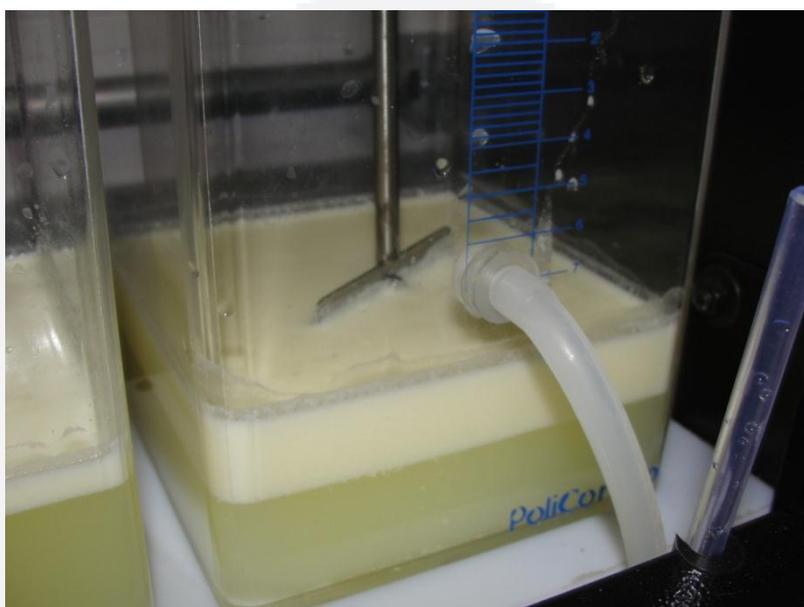
Amostra (mL)	Quantidade e concentração de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	pH inicial	Quantidade de CaO 1,0 %	pH final	DQO inicial	DQO final	Eficiência de remoção da DQO
700 mL	5 mL da solução de 5,0 %	5,5	3 mL	6	83.673 mg DQO/L	76.217 mg DQO/L	8,9 %
700 mL	7 mL da solução de 5,0 %	5,5	3 mL	6	83.673 mg DQO/L	75.510 mg DQO/L	9,7 %
700 mL	9 mL da solução de 5,0 %	5,5	3 mL	6	83.673 mg DQO/L	78.910 mg DQO/L	5,7 %
700 mL	5 mL da solução de 5,0 %	5,5	6 mL	6	83.673 mg DQO/L	75.510 mg DQO/L	9,7 %
700 mL	7 mL da solução de 5,0 %	5,5	6 mL	6	83.673 mg DQO/L	76.190 mg DQO/L	8,9 %
700 mL	9 mL da solução de 5,0 %	5,5	6 mL	6	83.673 mg DQO/L	78.910 mg DQO/L	5,7 %
700 mL	5 mL da solução de 10,0 %	5,5	3 mL	6	83.673 mg DQO/L	40.135 mg DQO/L	52,0 %
700 mL	7 mL da solução de 10,0 %	5,5	3 mL	6	83.673 mg DQO/L	64.625 mg DQO/L	22,7 %
700 mL	9 mL da solução de 10,0 %	5,5	3 mL	6	83.673 mg DQO/L	75.510 mg DQO/L	9,7 %
700 mL	5 mL da solução de 10,0 %	5,5	6 mL	6	83.673 mg DQO/L	<u>32.693 mg DQO/L</u>	<u>60,9 %</u>
700 mL	7 mL da solução de 10,0 %	5,5	6 mL	6	83.673 mg DQO/L	76.190 mg DQO/L	8,9 %
700 mL	9 mL da solução de 10,0 %	5,5	6 mL	6	83.673 mg DQO/L	78.910 mg DQO/L	5,7 %

Fonte: Elaborado pela autora (2013).

De acordo com o exposto na Tabela 10, percebe-se que houve redução da carga orgânica em todas as condições testadas, comprovando assim, que a coagulação e a sedimentação podem remover determinados compostos do soro. Como a coagulação depende do equilíbrio de cargas superficiais presentes no soro, as quantidades de coagulante utilizadas mostraram diferenças na eficiência da remoção de DQO, sendo o melhor resultado obtido com a condição de 5 mL de solução de sulfato de alumínio à 10 % empregando 6 mL de óxido de cálcio à 1 %. O óxido de cálcio tem importância neste processo por ajustar a alcalinidade do meio, uma vez que o valor de alcalinidade tem influência direta no processo de coagulação.

Com base nestes dados, conclui-se que o processo de tratamento físico-químico pode ser aplicado para o tratamento de soro de queijo, uma vez que a redução da carga orgânica do soro foi comprovada através das análises de DQO a qual foi reduzida em aproximadamente 61,0 %. No entanto, embora este resultado seja representativo, o mesmo não atende os parâmetros da legislação. A Figura 10 apresenta o jarro que apresentou melhor desempenho.

Figura 10 – Jarro que apresentou melhor desempenho



Fonte: Da autora (2013).

Na Figura 10 pode-se visualizar que não ocorreu de maneira adequada o processo de coagulação-floculação, sendo importante destacar algumas observações referentes ao processo de coagulação. De acordo com o descrito no item 4.6.1.1 deste documento, o processo de coagulação-floculação sobre interferência de alguns fatores.

O leite utilizado para a fabricação do queijo não é padronizado, sendo assim, o soro oriundo do processo de fabricação do queijo apresenta teor de lipídeos, ou seja, gordura. Nos testes preliminares deste trabalho foi analisado o índice de lipídeos do soro de queijo pelo método de Gerber (IAL, 2008), sendo que o soro de queijo objeto deste trabalho, ou seja, tipo colonial, apresentou teor de lipídeos correspondente a 0,8 %. A gordura, por ser uma matéria não miscível em água, tendo peso específico menor que o da água e aliada a sua capacidade de se

agrupar, formou uma camada sobrenadante de espuma clara na superfície do soro conforme observada na Figura 10. Esta gordura pode ser retida por dispositivos muito simples, denominados caixas de gordura, por exemplo.

Após o *Jar-Test* foi testado o processo de decantação no qual utilizou-se o cone de Imhoff, ilustrado pela Figura 11. Na figura pode-se visualizar que não ocorreu uma sedimentação de material, ficando o mesmo sobrenadante.

Figura 11 – Teste de decantação com cone Imhoff



Fonte: Da autora (2013).

Tendo em vista a baixa eficácia do processo de sedimentação, diversas bibliografias indicam o uso de um polímero pode acelerar a separação dos flocos formados, melhorando a eficiência no processo de coagulação-floculação. A função do polímero é justamente promover a coagulação-floculação das partículas em suspensão transformando-as em partículas maiores e posteriormente removidas por uma decantação, por exemplo. Carvalho (2008) comprova a afirmação acima através de seu estudo, onde o uso da quitosana somente, ou, da quitosana associada ao sulfato de alumínio, apresentaram-se eficientes na redução dos parâmetros de qualidade físico-químicos analisados após o processo de

coagulação/floculação/sedimentação/filtração. No presente trabalho, a utilização de um polímero poderia melhorar a performance da etapa de floculação.

6.3 Teste com reator biológico aeróbio

O tratamento biológico em reator aeróbio permitiu apresentar os resultados apresentados na Tabela 11, sendo que os resultados apresentados são os valores médios dos três experimentos.

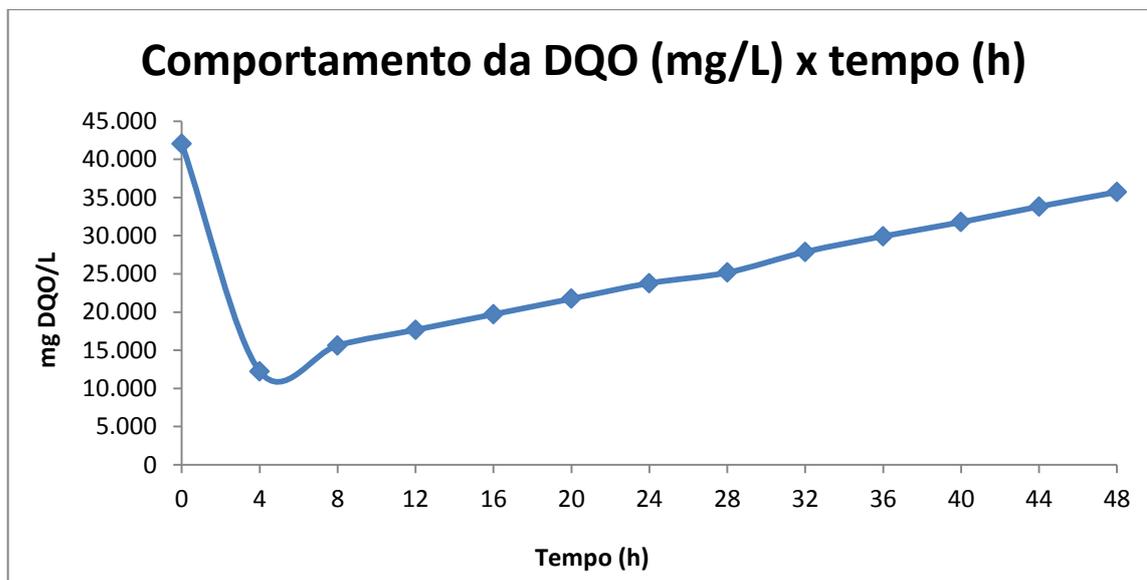
Tabela 11 – Resultados do processo de tratamento biológico aeróbio.

Amostra do soro	Intervalo	DQO Inicial	DQO final	Eficiência de Remoção da DQO
1	0 h		42.043 mg DQO/L	49,7 %
2	4 h		12.120 mg DQO/L	85,5 %
3	8 h		15.636 mg DQO/L	81,3 %
4	12 h		17.671 mg DQO/L	78,8 %
5	16 h		19.707 mg DQO/L	76,4 %
6	20 h		21.742 mg DQO/L	74,0 %
7	24 h	83.673mg DQO/L	23.777 mg DQO/L	71,5 %
8	28 h		25.173 mg DQO/L	69,9 %
9	32 h		27.878 mg DQO/L	66,6 %
10	36 h		29.923 mg DQO/L	64,2 %
11	40 h		31.775 mg DQO/L	62,0 %
12	44 h		33.816 mg DQO/L	59,5 %
13	48 h		35.715 mg DQO/L	57,3 %

Fonte: Elaborado pela autora (2013).

Com os dados da Tabela 11 foi possível construir uma representação gráfica do processo, explicitando a DQO do sistema em função do tempo do experimento, conforme apresentado na Figura 12.

Figura 12 – Comportamento da DQO em 48 h de funcionamento do reator biológico.



Fonte: Da autora (2013).

O soro de queijo ao ser adicionado ao lodo ativado, no início do processo, teve sua carga orgânica reduzida em aproximadamente 50 %, ou seja, o soro puro apresentava uma DQO de 83.673 mg DQO/L e ao ser adicionado no sistema com o lodo ativado (inóculo), passou a uma DQO de 42.043 mg DQO/L. Conforme ilustrado na Figura 11, a carga orgânica do soro de queijo ainda diminuiu, expressivamente, nas primeiras quatro horas de funcionamento do reator.

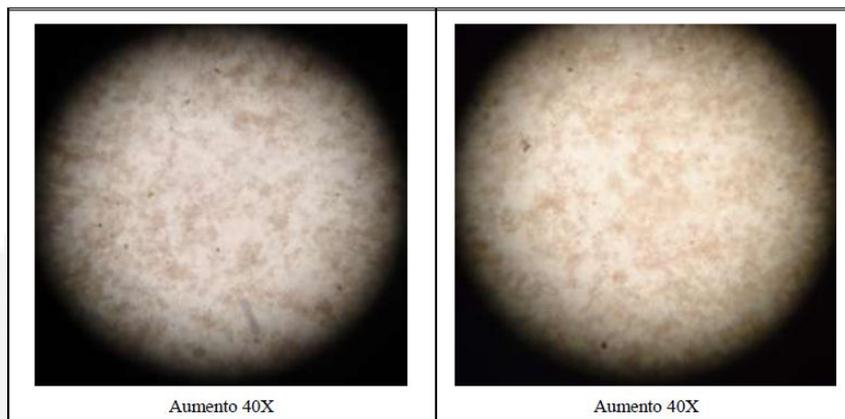
O experimento com o reator biológico aeróbio realizado em batelada nos permite concluir que o tratamento reduziu a carga orgânica do soro de queijo em aproximadamente 85,5 %, no entanto, o resultado não atende os parâmetros de lançamento previstos na legislação.

Pode-se observar no gráfico que, após as primeiras quatro horas de funcionamento do reator, a DQO aumenta linearmente. Para entender e justificar este comportamento, é necessário levantar algumas observações a partir da análise microscópica no inóculo de lodo.

Primeiramente, observou-se um inóculo de coloração clara, podendo assim ser caracterizado como lodo jovem. Verificou-se que a massa biológica manteve-se dispersa em todo período do experimento sem formação de flocos biológicos. Não foram observadas condições tais como, filamentos ou particulados que pudessem

auxiliar na estrutura e formação do floco, como apresenta a Figura 13. Por este motivo o processo de sedimentação do lodo ficou comprometido justificando a alta turbidez do efluente final, conforme visto nos ensaios analíticos onde verificou-se uma turbidez do efluente final de 2.840 NTU.

Figura 13 – Vista do lodo em microscopia óptica – massa biológica dispersa, sem a presença de filamentos e flocos



Fonte: Pfingstag (2011).

De acordo com Claas (2010), a depuração da matéria orgânica é resultado de uma série de inter-relações entre os micro-organismos. As bactérias são as principais responsáveis pela depuração da matéria carbonácea e a estruturação dos flocos. Mas os demais componentes tais como os protozoários e micrometazoários, também têm papel fundamental. Estes organismos mantêm o equilíbrio ecológico indicando as características do processo.

Esta mesma autora cita diversos fatores ambientais que influenciam no crescimento e na sobrevivência dos micro-organismos tais como a temperatura do sistema, o pH do meio, sistema de aeração e presença de substâncias tóxicas. A comunidade estabelecida no sistema é dinâmica e fundamental ao tratamento, sendo que cada espécie tem sua importância para o bom funcionamento do sistema (AMMAN; GLOCKNER; NEEF, 1997).

Sendo assim, a estrutura dessa comunidade apresenta forte relação com as condições operacionais e com a qualidade e quantidade de efluente que alimenta o processo (VAZOLLÉR et al., 1989), de modo que a avaliação microbiológica do lodo é capaz de fornecer informações sobre o desempenho do processo (POOLE, 1984). Mudanças nas condições ambientais provenientes da composição do afluente do

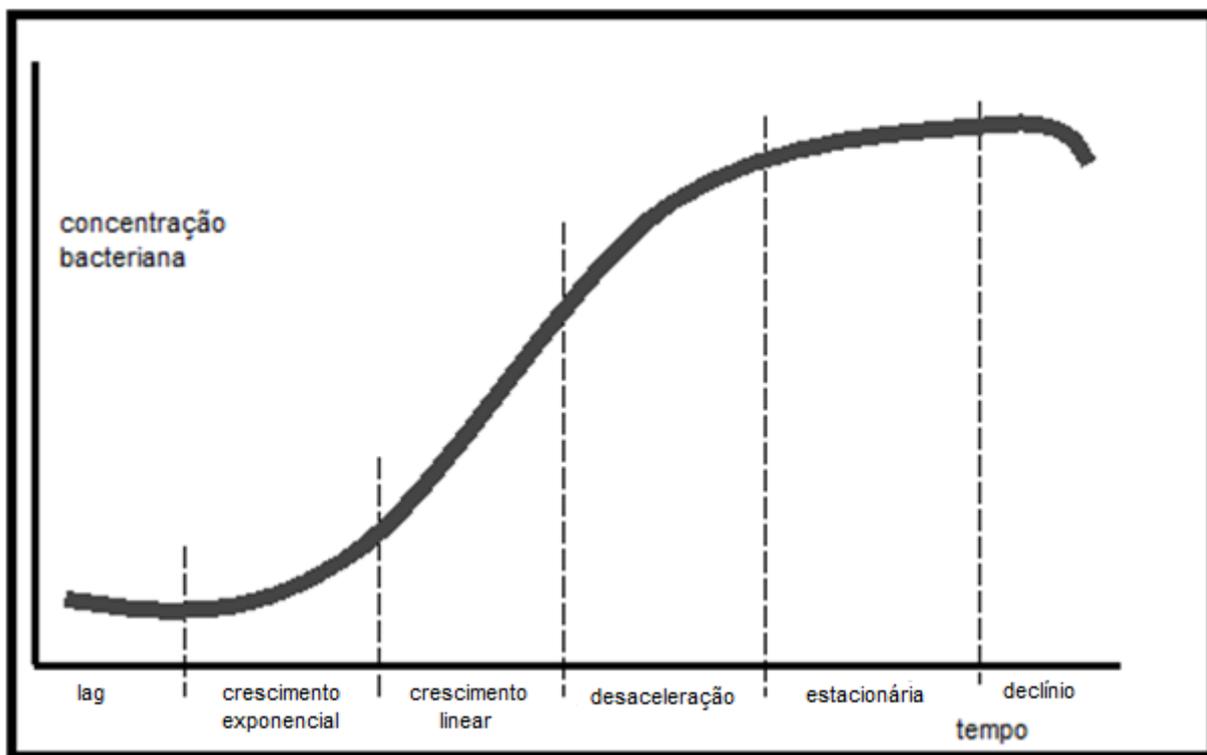
reator, ou mesmo da operação do sistema, podem levar a alterações na comunidade do lodo, influenciando os processos de biodegradação e, portanto, reduzindo a qualidade do efluente tratado (FORNEY et al., 2001; DALZELL et al., 2002).

Um dos fatores que pode justificar o comportamento dos micro-organismos no teste realizado é a existência de substâncias tóxicas no sistema. O lodo ativado utilizado no sistema é de uma estação de tratamento de efluente de uma indústria de laticínios a qual se apresentava, no momento das coletas do inóculo, operando sem floculador, podendo isto estar interferindo na massa biológica do lodo.

Além disso, as bactérias por serem micro-organismos mais resistentes, a carga de choque do sistema pode ainda ter beneficiado as bactérias predadoras fazendo com que elas extinguissem os protozoários que ainda sobreviviam no sistema. Sendo o tratamento executado de forma descontínua sem descarte ou renovação do lodo, este sistema resultou em um intenso processo de reprodução de bactérias prejudicando o processo de assimilação da matéria orgânica. (MACIEL, 2002). Como não houve a formação de flocos, provavelmente a presença e o desenvolvimento de protozoários e micrometazoários não foi satisfatória.

Segundo Vazzoler (1989), as bactérias são formadas por uma população mista que não cresce de forma sincronizada. Enquanto parte dos micro-organismos encontram-se na fase exponencial de crescimento (renovação celular), outros encontram-se na fase estacionária, e uma terceira parte, na fase de declínio. O crescimento de micro-organismos deve ser discutido em termos de variação de massa de micro-organismos com o tempo. Este crescimento apresenta quatro etapas. A Figura 14 ilustra o modelo da curva de crescimento bacteriano.

Figura 14 – Curva de crescimento bacteriano



Fonte: Adaptado de Vazzoler (1989).

Analisando a curva e levando em conta o tempo de detenção hidráulico indicado para sistemas de tratamento por lodos ativado, pode-se concluir que o aumento da DQO do soro durante o experimento justifica-se pelo fato de o sistema biológico estar na fase exponencial, ou seja, há um excesso de alimento em torno dos micro-organismos propiciando uma multiplicação dos mesmos com uma velocidade máxima.

Sendo as bactérias os principais micro-organismos depuradores da matéria orgânica (CLAAS, 2010), os protozoários e micrometazoários têm a função de indicar a qualidade da depuração, desempenhando assim o papel de bioindicadores do processo. Segundo Branco (1986), a microbiota formada por protozoários e micrometazoários desempenham um papel importante no sistema por clarificar o efluente, consumindo a matéria orgânica, e por ser o predador de bactérias, estimulando, desta forma, o crescimento das mesmas. A microbiota é um indicador do conjunto de parâmetros do sistema de lodos ativados, uma vez que sua eficiência varia com o nível de depuração, concentração de oxigênio dissolvido e presença de substâncias tóxicas dentro do tanque de aeração.

Segundo Cordi et al., (2007), os protozoários são micro-organismos mais susceptíveis às múltiplas influências externas das variações ambientais podendo facilmente desaparecer do sistema. A consequência da ausência de protozoários no sistema, os quais são responsáveis pela clarificação do efluente pode ser observado na Figura 15.

Figura 15 – Efluente turvo devido à ausência de protozoários no sistema



Fonte: Da autora (2013).

7 CONCLUSÃO

De acordo com os objetivos inicialmente definidos para o estudo e com base na interpretação dos resultados analíticos obtidos, foi possível chegar a algumas conclusões sobre as alternativas de tratamento do soro de queijo. Conclui-se que:

- a) Os processos de tratamento utilizados para reduzir a carga orgânica do soro de queijo apresentaram resultados que podem ser considerados expressivos;
- b) A melhor eficiência em termos de remoção de DQO obtida através do processo de tratamento físico-químico foi de aproximadamente 61,0 %;
- c) A melhor eficiência em termos de remoção de DQO obtida através do processo de tratamento biológico aeróbio foi de aproximadamente 85,5 %;
- d) O pH médio verificado em ambos os tratamentos, ficou entre 6 – 7, mantendo-se na faixa sugerida por diversos autores;
- e) O tempo de detenção hidráulico em reator aeróbio deve ser maior;
- f) O oxigênio dissolvido dentro do reator biológico foi adequado podendo-se comprovar a afirmação pelo crescimento bacteriano;
- g) Os protozoários que controlam a população de bactérias em suspensão, possivelmente foram os primeiros a desaparecer do sistema, afetando assim a população de bactérias em suspensão, apresentando uma turbidez de 2.840 NTU no efluente final;
- h) A microfauna (protozoários e micrometazoários) é útil como um parâmetro adicional de controle nas estações de tratamento de lodos ativados, permitindo um diagnóstico do que está acontecendo na estação bem antes

- i) das análises físico-químicas. Bem como, a contagem do número total de protozoários e metazoários no lodo ativado é uma análise simples feita através de um microscópio que pode ser utilizada como indicadora de eficiência de uma estação de tratamento de efluentes industriais;
- j) A ausência de um polímero pode ter sido fundamental na eficiência da sedimentação no tratamento físico-químico;
- k) Os tratamentos empregados neste trabalho podem reduzir a carga poluidora de pequenos volumes de soros, porém indicam-se outros tratamentos subsequentes de polimento ou complementação como, por exemplo, um wetland. Outra alternativa seria utilizar os dois processos deste trabalho (físico-químico e biológico) de forma subsequente.
- l) Por fim, a utilização de micro-organismos no tratamento de efluentes é fundamentada na relação entre o equilíbrio dinâmico e a estabilidade do sistema, onde um dos fatores fundamentais para o sucesso da operação é a adaptação dos micro-organismos que o compõe. No entanto os sistemas biológicos utilizados no tratamento de efluentes industriais podem levar a situação de *stress* ambiental devido à carga de choque, por exemplo, onde alterações dos fatores ambientais levam a distúrbios que ultrapassam a condição de adaptação dos organismos, principalmente protozoários e bactérias.

Esta condição apresenta sintomas identificáveis, como alterações morfológicas dos organismos, os quais quando não identificados, podem comprometer sua eficiência, levando a prejuízos operacionais e ambientais.

Estando a qualidade do sistema de tratamento biológico associado à qualidade da microfauna presente em uma ETE, sugere-se seu acompanhamento periódico utilizando metodologias analíticas confiáveis.

REFERÊNCIAS

ABIQ – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIAS DE QUEIJO. **Controle da poluição em indústria de queijo**. In: Leite e derivados, n. 21, mar/abr. p. 64-65, 1995.

ALMEIDA, Edna dos Santos. **Tratamento do efluente da indústria de queijos por processos biológicos e químicos**. Dezembro de 2004. 81 pág. Disponível em : <<http://biq.iqm.unicamp.br/arquivos/teses/ficha62883.htm>>. Acesso em: 27 set. 2012.

AMMAN, R.; GLÖCKNER, F.O.; NEEF, A. Modern methods in subsurface microbiology: in situ identification of microorganisms with nucleic acid probes. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 20, n. 3-4, p. 191-200, 1997.

APHA. American Public Health Association. Standard Methods for the examination of water and wastewater. Washington. **American Public Health Association**. 21ª ed. 2005

BANCO DE DADOS REGIONAL. **Perfil Socioeconômico do Vale do Taquari**. Univates, Setembro, 2011. Disponível em <http://www.univates.br/files/files/univates/bdr/Perfil_VT_Setembro_2011.pdf>. Acesso em: 1 out. 2012.

BANCO DE DADOS REGIONAL. **Programa do Leite do Vale do Taquari – Produtores de Leite – Relatório Geral do Vale do Taquari**. Univates. Novembro, 2003. Disponível em <<http://www.univates.br/files/files/univates/bdr/leite/relarioiogerl.pdf>>. Acesso em: 10abr. 2013.

BEZERRA, J. R. M. V. Tecnologia de fabricação de derivados do leite. **Boletim técnico da Universidade Estadual do Centro-Oeste**. 56 p. Guarapuava, 2008.

BLONSKAJA, V., VAALU, T., 2006. Investigation of diferente schemes for anaerobic treatment of food industry wates in Estonia. Proc. Est. Acad. Sci. 55 (1), 14 e 28.

BRANCO, S.M, **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**, 3ª ed., São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986.

BRASIL. Instrução Normativa nº 62/2011 de 29 de dezembro de 2011. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 dez. 2011. Seção 1. Disponível em: <<http://www.in.gov.br/visualiza/index.jsp?data=30/12/2011&jornal=1&pagina=6&totalArquivos=160>>. Acesso em: 05 out. 2012.

BRITO, M. A.; BRITO, J. R.; ARCURI, E.; LANGE, C.; SILVA, M.; SOUZA, G. **Composição do leite**. 2006. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01_128_21720039243.html>. Acesso em: 23 set. 2012.

CARVALHO, Glauco Rodrigues. A indústria de laticínios no Brasil: passado, presente e futuro. **Circular Técnica nº 102 da Embrapa Gado do Leite**. ISSN 1678-037X. 12 p. Juiz de Fora, Dezembro de 2010. Disponível em: <http://www.cnpq.l.embrapa.br/nova/livraria/abrir_pdf.php?id=26>. Acesso em: 27 ago. 2012.

CARVALHO, Maria José Herkenhoff. **Uso de coagulantes naturais no processo de obtenção de água potável**. Maringá, 2008. 154 pág. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá. Disponível em: <<http://www.peu.uem.br/Discertacoes/Maria.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2013.

CLAAS, Isabel Cristina. **Microbiologia de Sistemas de Lodos Ativados**. Consultoria Claas Maia, 2010. Palestra ao Curso de Engenharia Ambiental, Univates, 2010. Não publicado. Slides.

CORDI, Livia; ALMEIDA, Edna dos Santos; ASSALIN, Márcia Regina; DUTRA, Nelson. Intumescimento filamentososo no processo de lodos ativados aplicado ao tratamento de soro de queijo: Caracterização e uso de floculantes para melhorar a sedimentabilidade. **Revista Engenharia Ambiental** – Espírito Santo do Pinhal, v. 4, n. 2, p. 026-037, jul/dez, 2007. Disponível em : <[http://pessoal.utfpr.edu.br/rosa/arquivos/Intumescimentofilamentososo\(1\).pdf](http://pessoal.utfpr.edu.br/rosa/arquivos/Intumescimentofilamentososo(1).pdf)>. Acesso em: 15 abr. 2013.

CORDI, Livia; ASSALIN, Márcia Regina; ALMEIDA, Edna dos Santos; MORAES, Sandra Gomes de; DURAN, Nelson. Impacto na microbiota do lodo ativado durante a aclimação com diferentes efluentes industriais. **Revista Engenharia Ambiental** – Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 3, p. 003-011, jul/set, 2010. Disponível em: <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Nfw0Rw1bT7sJ:ferramentas.unipinhal.edu.br/ojs/engenhariaambiental/include/getdoc.php%3Fid%3D1267%26article%3D529%26mode%3Dpdf+%&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>>. Acesso em: 15 abr. 2013

COSTA, Amália Michelle Gomes. **Desempenho de filtro anaeróbio no tratamento de efluentes formulado com diferentes concentrações de soro de queijo**. Viçosa, 2008. 93 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. Disponível em: <http://www.tede.ufv.br/tesesimplificado/tde_arquivos/39/TDE-2009-06-02T073147Z-1640/Publico/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 2 set. 2012.

DALZELL, D.J.B. et al. A comparison of five rapid direct toxicity assessment methods to determine toxicity of pollutants to activated sludge. **Chemosphere**, v. 47, n. 5, p. 535-545, 2002.

DANIEL, D.D. **Avaliação de processos biológicos utilizados no tratamento de efluentes de laticínios**. Dissertação (Mestrado em tecnologia Ambiental) Universidade de Ribeirão Preto/MG. 2008. 62 p. Disponível em: <<http://www.unaerp.br>>. Acesso em: 15 ago. 2012.

EMBRAPA Gado do Leite. **Ranking da Produção de Leite por Estado**, 2010/2011. Disponível em: <<http://www.cnpqgl.embrapa.br/nova/informacoes/estatisticas/producao/tabela0240.php>>. Acesso em: 1 ago. 2012.

FARIZOGLU, B., KESKINLER, B., YILDIZ, E., NUHOGLU, A., 2007. **Simultaneous removal of C, N, P from cheese whey by jet loop membrane bioreactor (JLMBR)**. J. Hazard. Mater. 146 (1 e 2), 399 e 407.

FELICI, Elson Mendonça. **Coagulação-floculação-sedimentação como pós-tratamento de efluente de sistema biológico em batelada aplicado a lixiviado de aterros de resíduos sólidos urbanos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina/PR, 2010. Disponível em: <<http://www.uel.br/pos/enges/dissertacoes/58.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2012.

FILHO, P. J. M.; FAGUNDES, J. O.; SCHUMACHER, G. A produção de leite no Rio Grande do Sul: Produtividade, Especialização e Concentração (1990-2009). **Revista de Economia e Agronegócio**, Vol. 9, nº 2. 2011. ISSN 1679-1614. 20 p. Disponível em: <<http://www.economiaaplicada.ufv.br/revista/pdf/2011/v9n2/Artigo%204.pdf>>. Acesso em: 1 set. 2012.

FORNEY, L.J. et al. Structure of microbial communities in activated sludge: potential implications for assessing the biodegradability of chemicals. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 49, n. 1, p. 40-53, 2001.

FOSCHIERA, José Luiz. **Indústria de laticínios – Industrialização do leite, análises, produção de derivados**. Dezembro, 2004. Suliani Editografia Ltda. Porto Alegre, RS.

FRIGON, J. C.; BRETON, J.; BRUNEAU, T.; MOLETTA, R.; GUIOT, S.R. (2009). The treatment of cheese whey wastewater by sequential anaerobic and aerobic steps in a single digester at pilot scale. **Bioresource Technology**, 100, pp 4156-4163.

GIROTO, J. M.; PAWLOWSKY, U. **O soro de leite e as alternativas para o seu beneficiamento**. Brasil Alimentos, v. 2, n. 5, p. 43-46, 2001.

HOLLOWKA, H.; KIYOTA, N.; PAZ, C. R. S. Plano de Desenvolvimento Sustentável do Sudoeste do Paraná. In: FÓRUM INTERGOVERNAMENTAL E DA SOCIEDADE DO SUDOESTE DO PARANÁ, 2., 1999. **Anais eletrônicos do Fórum intergovernamental e da sociedade do sudoeste do Paraná**, Francisco Beltrão:

FÁBRICA DO AGRICULTOR, 1999. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/informes/34_311007.htm>. Acesso em: 17 dez de 2012.

HOMEM, Gerson Ribeiro. **Avaliação técnico-econômica e análise locacional de unidade processadora de soro de queijo em Minas Gerais**. Tese de Doutorado apresentada a Universidade Federal de Viçosa, MG. Fevereiro, 2004. Disponível em: <<http://alexandria.cpd.ufv.br:8000/teses/ciencia%20e%20tecnologia%20de%20alimentos/2004/183026f.pdf>>. Acesso em: 2 set. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Pesquisa da Pecuária Municipal e Censo Agropecuário. SIDRA. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 set. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Leite Brasil. Banco de Dados Agregados. IBGE 2006. Disponível em <www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/default.asp?t=3&z=t&o=21&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1&u5=1&u6=1&u7=1>. Acesso em: 15 set. 2012.

JÚNIOR, J. F. S.; OLIVEIRA, D. F.; BRAGHINI, F.; LOSS, E. M. S.; BRAVO, C. E. C.; TONIAL, I. B. Caracterização físico-química de queijos coloniais produzidos em diferentes épocas do ano. **Revista Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Mai/Jun, nº 386, 67: 67-80, 2012. Disponível em: <http://www.revistadoilct.com.br/detalhe_artigo.asp?id=511>. Acesso em: 15 set. 2012.

LAPA, N., MORAIS, J., SANTOS, S., SILVA, A., SANTOS, S. (2005). **Ensaio de biodegradabilidade aplicados a águas residuais com forte influência da indústria de queijos**. UbiA- FCT/UNL, Monte da Caparica, Portugal, 20 pp.

LEAL, G. C. S. G.; FARIAS, M. S. S.; ARAÚJO, A. F. O processo de industrialização e seus impactos no meio ambiente urbano. **Qualitas Revista Eletronica**. ISSN 1677-4280 V7.n.1. Ano 2008. 11 p. Disponível em : <<http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/viewFile/128/101>>. Acesso em: 1 set. 2012.

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro**. Editora Malheiros. 20ª ed. 2012.

MACHADO, R. M. G.; FREIRE, V. H.; SILVA, P. C. **Alternativas tecnológicas para o controle ambiental em pequenas e médias indústrias de laticínios**. Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre – RS, 2000. 10 p. Disponível em <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/vi-025.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2012.

MACIEL, Cristiane Boff. **Microbiologia de lodos ativados da empresa Fras-Le**. 2002. 122 pág. Disponível em: <<http://www.tecnoambi.com.br/joomla/docs/microbiologia-de-lodos-ativados.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2013.

MADRP - Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas (2003) **Segurança Alimentar dos Queijos Tradicionais**. Editores – AESBUC, 30 pp.

MANO, A. P., (2005) **Coagulação-Floculação-Decantação**. Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente-Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Monte da Caparica, Portugal, 4 pp.

MARTINS, A. M. P.; PAGILLA, K.; HEIJNEN, J. J.; VAN-LOOSDRECHT, M. C. M. Filamentous bulking sludge – A critical review. **Water Research**. V. 38, p. 793-817, 2004.

MEES, L. B. R. **Tratamento de resíduos líquidos I**. Tecnologia em gerenciamento Ambiental, Ministério da Educação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira, 2006. P. 7-21. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/73807143/Tratamento-de-Residuos-Liquidos-Industriais>> Acesso em 17 dez de 2012.

METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. 2003. 4th. Ed., Mc Graw-Hill, New York, 1819p.

NASSU, R. T.; ARAÚJO, R. S.; BORGES, M. F.; LIMA, J. R.; MACEDO, B. A.; LIMA, M. H. P.; BASTOS, M. S. R. Diagnóstico das condições de processamento de produtos regionais derivados do leite no estado do Ceará. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento da Embrapa Agroindústria Tropical**, V. 2, n. 1, p. 28-28, 2001. Disponível em: <http://www.cnpq.br/publica/pub/BolPesq/p%26d_1.pdf> Acesso em: 15 set. 2012.

NUNES, J. A. **Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais**. 4. Ed. Aracaju, SE: Gráfica Editora J. Andrade, 2004.

NUVOLARI; COSTA. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. São Paulo: Blucher, 2007.

OLIVEIRA, D. F.; BRAVO, C. E. C.; TONIAL, I. B. Soro de leite: um subproduto valioso. **Revista Instituto de Laticínios Candido Tostes**, Mar/Abr, nº 385, 67: 64-71, 2012. Disponível em: <http://www.sumarios.org/sites/default/files/pdfs/cap_10.pdf>. Acesso em: 2 set. 2012.

OLIVEIRA, Vinícius Modesto de. **Formulação de bebida láctea fermentada com diferentes concentrações de soro de queijo, enriquecida com ferro: caracterização físico-química, análises bacteriológicas e sensoriais**. Niterói/RJ, 2006. 78 p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária). Universidade Federal Fluminense. Niterói. RJ Disponível em: <http://www.uff.br/higiene_veterinaria/teses/vinicius_oliveira_completa_mestrado.pdf>. Acesso em: 15 set. 2012.

PAVANELLI, G. (2001). **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada**. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/.../Pavanelli+G.pdf>>. Acesso em 17 dez de 2012.

PEREDA, J. A. O.; RODRIGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D, G, F.; PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnologia de Alimentos**. V.2. Traduzido por Fátima Murrad. Porto Alegre. Artmed. 279 p. 2005

PERRY, K. S. P. Queijos: aspectos químicos, bioquímicos e microbiológicos. **Química Nova**. v. 27, n. 2, p. 293-300, 2004.

PFINGSTAG, E. C. de C. **Avaliação da microbiota de sistemas biológicos aerados como indicativo de condução e eficiência dos processos**. Junho de 2011. 73 pág.

POOLE, J.E.P. A study of the relationship between the mixed liquor fauna and plant performance for a variety of activated sludge sewage treatment works. **Water Research**, v. 18, n. 3, p. 281-287, 1984.

PORTAL DO VALE DO TAQUARI. Disponível em: <http://www.valedotaquari.org.br/agro/dados_agropecuarios/producao_de_leite_no_vale_do_taquari_no_ano_de_2007.pdf>. Acesso em: 1 set. 2012.

PRAZERES, A. R.; CARVALHO, F.; RIVAS, J. Cheese whey management: A review. **Journal of Environmental Management** 110, 2012. p. 48-68. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479712002769>>. Acesso em: 15 set. 2012.

RAMJEAWON, T. Cleaner production in Mauritian cane-sugar factories. **Journal of Cleaner Production**, v. 8, p. 503-510, 2000. Disponível em: <<http://www.deepdyve.com/lp/elsevier/cleaner-production-in-mauritian-canesugar-factories-EL9n7rwUM3>>. Acesso em 17 dez. 2012.

REIS, J. S.; MIYAGI, E. S.; CHANDELIER, R. A.; BERGAMASCO, A. F.; LOBATO, V.; MOURA, C. J. **Fabricação de derivados do leite como uma alternativa de renda ao produtor rural**. Boletim Agropecuário da Universidade Federal de Lavras, Lavras, v.49, p. 1-38, 2002.

RÉVILLION, J P.; BRANDELLI, A. AYUB, M. Z. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v 20. n. 2, p. 72-78. 2000.

RIO GRANDE DO SUL. (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Resolução CONSEMA 128/2006**. Dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/upload/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20CONSEMA%20n%C2%BA%20128_2006%20-%20Fixa%C3%A7%C3%A3o%20de%20Padr%C3%B5es%20de%20Emiss%C3%A3o%20de%20Efluentes%20L%C3%ADquidos.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2013.

ROHLFES, A. L. B.; BACCAR, N. M.; OLIVEIRA, M. S. R.; MARQUARDT, L.; RICHARDS, N. S. P. S. Indústrias lácteas: alternativas de aproveitamento do soro de leite como forma de gestão ambiental. **Revista Tecno-lógica. Santa Cruz do Sul**,

v.15,n.2, p.79-83, jul./dez., 2011. Disponível em : <<http://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/viewFile/2350/1817>> Acesso em: 1 set. 2012.

SANTOS, A. M.; SILVA, S. R.; CARVALHO, S. H. V.; SOLETTI, J. I. Tratamento de efluentes lácteos através de coagulação química e sedimentação. VII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. Julho de 2009. Uberlândia/MG. Disponível em: <<http://www.cobeqic2009.feq.ufu.br/uploads/media/80813851.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2013.

SERPA, Léo. **Concentração de proteínas de soro de queijo por evaporação a vácuo e ultrafiltração**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Regional Integrada, Erechim, 2005. Disponível em: <http://www.uricer.edu.br/eal_hp/DissertPDF/Turma2003/Dissertacao_Leo_Serpa_2005.pdf>. Acesso em: 2 set. 2012.

SILVEIRA, Ederson Silva; FREITAS, Wellington Soares; **Geração e destinação de soro de queijo numa indústria de laticínio do estado da Bahia**, 2011. Disponível em: <http://www.laticinio.net/inf_tecnicas.asp?cod=366>. Acesso em: 1 set. 2012.

SILVEIRA, W. B. **Produção de etanol em permeado de queijo por kluyveromyces marxianos UFV-3**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2004.

SOARES, Tânia Filipa Lopes. **Remoção de carga orgânica afluyente à ETAR de Tolosa por coagulação-floculação química**. Lisboa, 2009. 131 pág. Disponível em : < http://run.unl.pt/bitstream/10362/2361/1/Soares_2009.pdf >. Acesso em: 2set. 2012.

TEIXEIRA, L. V.; FONSECA, L. M. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.60, n.1, p.243-250, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abmvz/v60n1/a33v60n1.pdf>>. Acesso em 17 dez. 2012.

TRINDADE, T.; MANUEL, R. **Protocolo experimental. Ensaios de tratabilidade em águas residuais (tratamentos físico-químicos: coagulação-floculação)**. Seção de Ambiente e Qualidade do Instituto superior de Engenharia de Lisboa. Departamento de Engenharia Química. Setembro, 2006. 33p. Disponível em: <http://pwp.net.ipl.pt/deq.isel/teodoro/li6c2006b/pdf/li6c_floculacao.pdf> Acesso em: 15 set. 2012.

VALSECHI, Octávio Antônio. **O leite e seus derivados**. Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de tecnologia agroindustrial e socioeconômica rural. Araras, SP, 2001. Disponível em: <<http://www.cca.ufscar.br/~vico/O%20LEITE%20E%20SEUS%20DERIVADOS.pdf>> Acesso em: 2 set. 2012.

VAZOLLÉR, R.F. et al. **Microbiologia de lodos ativados**. São Paulo: Cetesb, 1989.

VIDAL, G., CARVALHO, A., MÉNDEZ, R., LEMA, J. M., 2000. Influence of the content in fats and proteins on the anaerobic biodegradability of dairy wastewaters. **Bioresource Technology**, 74 (3), pp. 231-239.

VON SPERLING, M. **Lodos ativados**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG – 2ª edição. 2002

VON SPERLING, M. **Princípios de tratamento biológico de águas residuárias**. Vol. 2, Belo Horizonte: DESA – UFMG, 2005.

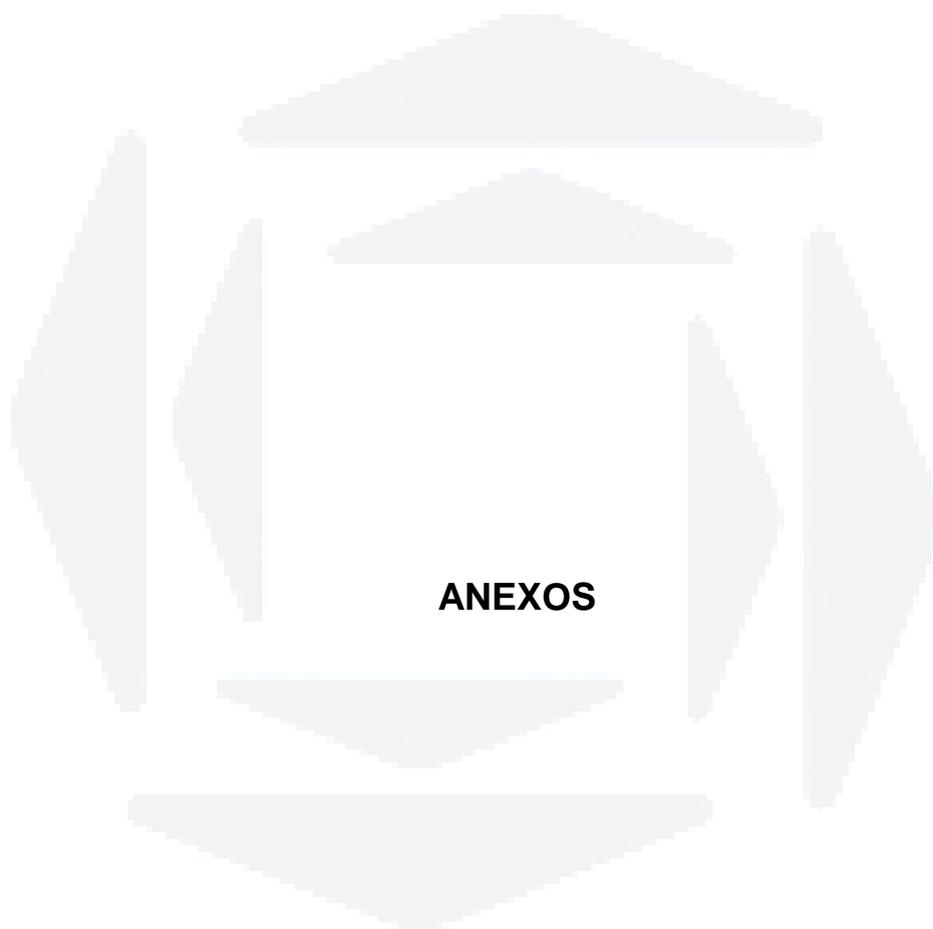
_____. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Lodos Ativados**. Vol. 4; Editora UFMG, Belo Horizonte/MG, 1997.

_____. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

_____. **Lagoas de Estabilização: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**, vol. 3. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1998.

WASEN, I. Soro lácteo: lucro para indústria e proteção ao meio ambiente. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v.53, n.304, p. 283-293, 1998.

ZOCCAL, R.; ALVES, E. R.; GASQUES, J. G. **Diagnóstico da Pecuária de leite nacional**. Dezembro, 2011. Disponível em: <http://www.cnppl.embrapa.br/nova/Plano_Pecuario_2012.pdf>. Acesso em: 1 out. 2012.



ANEXO A – Resolução CONSEMA



ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

RESOLUÇÃO CONSEMA N º 128/2006

Dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul

O CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – CONSEMA, no uso das atribuições que lhe confere a Lei Estadual nº 10.330, de 27/12/1994:

Considerando a necessidade de preservar a qualidade ambiental, de saúde pública e dos recursos naturais, quanto ao lançamento de efluentes líquidos em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul;

Considerando a necessidade de readequação da forma de controle e fiscalização das atividades geradoras de efluentes líquidos, levando em conta a natureza da atividade e a condição atual das águas superficiais do Estado do Rio Grande do Sul;

Considerando a readequação da forma de controle e fiscalização das atividades geradoras de efluentes líquidos, não limitada a padrões de concentração;

Considerando a necessidade de promover o controle do lançamento de efluentes, priorizando os poluentes mais significativos;

Considerando os aspectos cumulativos pelos quais se caracterizam determinados poluentes;

Considerando o contínuo desenvolvimento tecnológico e a identificação de novas substâncias tóxicas que conferem periculosidade à saúde pública e ao meio ambiente;

Considerando a necessidade de redução progressiva da carga poluidora lançada nos recursos hídricos do Estado do Rio Grande do Sul;

Considerando a Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, a qual dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências;

Considerando a LEI ESTADUAL Nº 11.520, de 03 de agosto de 2000, que institui o CÓDIGO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, e

Considerando a necessidade de reavaliação da Norma Técnica SSMA nº 01/89, aprovada pela Portaria nº 05/89/SSMA, que dispõe sobre critérios e padrões de efluentes líquidos a serem observados pelas fontes poluidoras,

RESOLVE:

Art. 1º Fixar novos critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul.



ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

Art. 2º Os empreendimentos e demais atividades poluidoras que na data da publicação desta Resolução tiverem Licença de Instalação ou de Operação, expedida e não impugnada, tem prazo de até três anos, contados a partir de sua vigência, para se adequarem às condições e padrões mais rigorosos e/ou não previstos na Resolução CONAMA 357/2005.

Art. 3º Para os efeitos desta Resolução, são adotadas as seguintes definições:

I – Águas costeiras: águas de superfície que se localizam entre a terra e uma linha cujos pontos se encontram a uma distância de uma milha náutica, na direção do mar, a partir do ponto mais próximo da linha de base a de delimitação de águas territoriais, estendendo-se, quando aplicável, até o limite exterior das águas de transição;

II – Águas de transição: massas de águas de superfície junto a foz dos rios, que têm um caráter parcialmente salgado em resultado da proximidade de águas costeiras, mas que são significativamente influenciadas por cursos de água doce;

III – Águas interiores: todas as águas lânticas ou correntes à superfície do solo e todas as águas subterrâneas que se encontram entre terra e a linha de base a partir da qual são marcadas as águas territoriais;

IV – Ambiente lântico: ambiente que se refere a água parada, com movimento lento ou estagnado;

V – Águas subterrâneas: todas as águas que se encontram abaixo da superfície do solo na zona de saturação e em contato direto com o solo ou com o subsolo;

VI – Águas superficiais: são as águas interiores, com exceção das águas subterrâneas e das águas costeiras;

VII – Alíquota: volume de efluente líquido coletado proporcional à vazão de lançamento dos efluentes líquidos, naquele instante, em intervalos pré-estabelecidos e num período determinado de tempo, para compor uma amostra composta;

VIII – Amostragem composta: volume de efluente líquido composto pelas alíquotas coletadas;

IX – Amostragem simples: volume de efluente líquido coletado ao acaso, num determinado instante, também chamada de amostragem instantânea;

X – Carbamatos: compostos derivados do ácido carbâmico, mais particularmente do ácido N-metilcarbâmico;

XI – Coliformes Termotolerantes: subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ em 24 horas; tendo como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal;

XII – Compostos organoclorados: compostos orgânicos formados por átomos de carbono, cloro, hidrogênio e, algumas vezes, oxigênio, incluindo um número variável de ligações C-Cl, excluindo-se desta definição compostos do tipo dioxinas (PCDDs) e PCDFs)

XIII – Compostos organofosforados: compostos orgânicos formados por átomos de carbono, hidrogênio e fósforo;

XIV – Corpo hídrico receptor: qualquer coleção de água superficial que recebe o lançamento de efluentes líquidos;

XV – Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅): quantidade de oxigênio consumida, em 5 (cinco) dias a 20°C , na oxidação biológica da matéria orgânica;

XVI – Demanda Química de Oxigênio (DQO): quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria oxidável através de um agente químico;



ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

- XVII – Efluentes líquidos de fontes poluidoras: despejo líquido oriundo de atividades industriais, de drenagem contaminada, de mineração, de criação confinada, comerciais, domésticas, públicas, recreativas e outras;
- XVIII – Efluentes líquidos domésticos: despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas;
- XIX – Efluente líquido industrial: despejo líquido resultante de qualquer atividade produtiva, oriunda prioritariamente de áreas de transformação de matérias-primas em produtos acabados;
- XX – Ensaio de Toxicidade: ensaio utilizado para avaliar a capacidade inerente da amostra em produzir efeitos deletérios nos organismos-teste;
- XXI – *Escherichia coli*: bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ em 24 horas, produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidroliza a uréia e apresenta atividade das enzimas β galactosidase e β glucuronidase, sendo considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos;
- XXII – Estação de Tratamento de Efluentes: conjunto de unidades implantadas com a finalidade de reduzir a carga poluidora e conseqüente enquadramento nos padrões de emissão fixados;
- XXIII – Faixa de vazão: intervalo de vazões de lançamento de efluentes líquidos, utilizado para enquadramento das fontes, considerando as vazões máximas em 24 horas, visando a fixação de padrão de emissão;
- XXIV – Nitrogênio Total Kjeldahl: soma dos parâmetros nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal;
- XXV – Organismo-teste: organismo utilizado em ensaios de toxicidade, para avaliação da amostra;
- XXVI – Padrão de emissão: valor máximo permitido, atribuído a cada parâmetro passível de controle, para lançamento de efluentes líquidos, a qualquer momento, direta ou indiretamente, em águas superficiais ;
- XXVII – Poluentes Orgânicos Prioritários: parâmetros para os quais são definidos padrões de qualidade das águas, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, bem como parâmetros contemplados na Portaria nº 518/GM de 25 março de 2004 que aprova a Norma de Qualidade da Água para Consumo Humano, inclusive os compostos organoclorados, organofosforados e carbamatos, e outros parâmetros considerados relevantes, como contaminantes de águas, a critério do órgão ambiental competente;
- XXVIII – Toxicidade: propriedade potencial que uma amostra possui de provocar efeito adverso em conseqüência de sua interação com organismo-teste;
- XXIX – Vazão: volume de líquido lançado por unidade de tempo;
- XXX – Vazão de referência: vazão do corpo hídrico utilizada como referência (disponibilidade hídrica) para a distribuição dos direitos de usos da água, tanto para captação quanto para o lançamento de efluentes e outras interferências no corpo de água, que possam alterar condições de qualidade, quantidade e regime;
- XXXI – Virtualmente ausentes: que não é perceptível pela visão, olfato ou paladar, ou seja, aparentemente ausente;
- XXXII – Carga lançada: quantidade de determinado poluente lançado em um corpo hídrico receptor, expressa em unidade de massa por tempo;
- XXXIII – Carga de choque: propriedade de um efluente capaz de causar efeitos ecológicos negativos em um corpo hídrico receptor, decorrentes de uma súbita alteração da qualidade do mesmo (corpo receptor);

Art. 4º Esta Resolução aplica-se a todas as atividades geradoras de efluentes líquidos e que contemplem o lançamento dos mesmos em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul,



ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

excluindo lançamentos no mar e infiltrações no solo, que serão objetos de avaliações independentes no licenciamento pelo órgão ambiental competente.

Art. 5º Os padrões de emissão estabelecidos nesta Resolução se referem tanto a coletas de efluentes realizadas por amostragem simples quanto por amostragem composta.

Art. 6º O sistema de automonitoramento de atividades poluidoras industriais referendado pela Resolução CONSEMA nº 01/98, estabelecendo condições e exigências para o enquadramento de fontes poluidoras não isenta a necessidade de atendimento aos padrões fixados nesta Resolução por amostragem simples.

Art. 7º A vazão dos efluentes líquidos deve ter uma relação com a vazão de referência do corpo hídrico receptor de modo que o seu lançamento não implique em qualidade do corpo hídrico receptor inferior àquela estabelecida para a classe na qual ele está enquadrado.

§ 1º A vazão de referência do corpo receptor deverá ser definida pelo respectivo Comitê de Bacia no âmbito do seu plano de recursos hídricos. Para os corpos hídricos não enquadrados a vazão de referência será definida quando do licenciamento ambiental, pelo órgão ambiental competente.

§ 2º Para os corpos hídricos receptores já enquadrados pelo respectivo Comitê de Bacia no âmbito do seu plano de recursos hídricos, a relação entre a vazão de referência do corpo hídrico receptor (Qchr) e a vazão do efluente (Qe) é no mínimo o maior valor resultante das razões entre o valor do padrão estabelecido nesta Resolução para cada parâmetro contido no efluente e o valor do padrão do respectivo parâmetro estabelecido para a Classe na qual o corpo hídrico receptor se enquadra, assim:

Qchr ≥ Padrão concentração Resolução Qe Concentração na Classe

§ 3º Caso a relação entre as vazões seja inferior (menor) que a relação entre a concentração padrão de emissão da norma e a de qualidade ambiental, para o parâmetro de razão mais elevada, o valor do padrão estabelecido pela presente Norma Técnica, para cada um dos parâmetros avaliados, não se aplica, devendo ser calculado um novo valor pelo órgão ambiental competente.

§ 4º Caso o corpo hídrico receptor não apresente o enquadramento pelo respectivo Comitê de Bacia no âmbito do seu plano de recursos hídricos, a concentração na classe a ser considerada na equação acima será Classe 2.

Art. 8 O ponto de lançamento de efluentes industriais em corpos hídricos receptores será obrigatoriamente situado à montante do ponto de captação de água do mesmo corpo hídrico receptor utilizado pelo usuário, ressalvados os casos de impossibilidade técnica, que devem ser avaliadas pelo órgão ambiental competente.

Art. 9 Os efluentes líquidos de que trata esta Resolução devem atender aos padrões de toxicidade estabelecidos em resolução específica sobre a matéria ou conforme exigências do órgão ambiental competente, definidos caso a caso, até que a mesma esteja em vigor.

Art. 10 Os efluentes líquidos de fontes poluidoras somente podem ser lançados em corpos d'água superficiais, direta ou indiretamente, atendendo aos seguintes padrões de emissão:



ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

Alumínio Total	10 mg Al/L
*Arsênio total	0,1 mg As/L
Bário total	5,0 mg Ba/L
Boro total	5,0 mg B/L
*Cádmio total	0,1 mg Cd/L
*Cianeto total	0,2mg CN/L
Cobalto total	0,5 mg Co/L
*Cobre Total	0,5mg Cu/L
Cor	não deve conferir mudança de coloração (cor verdadeira) ao corpo hidrico receptor.
*Cromo hexavalente	0,1 mg Cr ⁶⁺ /L
*Cromo total	0,5 mg Cr/L
*Chumbo total	0,2mg Pb/L
Espumas	virtualmente ausentes
Estanho total	4,0 mg Sn/L
Fenóis total (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,1 mg/L
Ferro Total	10 mg Fe/L
Fluoreto	10 mg F/L
Lítio total	10 mg Li/L
Manganês Total	1,0 mg Mn/L
Materiais flutuantes	ausentes
*Mercúrio total	0,01 mg Hg/L
Molibdênio total	0,5 mg Mo/L
Níquel total	1,0 mg Ni/L
Odor	livre de odor desagradável.
Óleos e Graxas: Mineral	≤ 10 mg/L
Óleos e Graxas: Vegetal ou Animal	≤ 30 mg/L
pH	entre 6,0 e 9,0
Prata total	0,1 mg Ag/L
*Selênio total	0,05 mg Se/L
Sólidos Sedimentáveis	≤ 1,0 mL em teste de 1 (uma) hora em Cone Imhoff
Substâncias tenso-ativas que reagem ao azul de metileno	2,0 mg MBAS/L
Sulfeto	0,2 mg S ²⁻ /L
Temperatura	< 40° C
Vanádio total	1,0 mg V/L
Zinco total	2,0 mg Zn/L

Art. 11 O órgão ambiental competente, mediante parecer técnico circunstanciado, poderá fixar padrões de emissão para outros parâmetros não previstos na presente resolução, em função do contínuo desenvolvimento de novas substâncias tóxicas, bem como a alteração do enquadramento de substância/elemento tido por não tóxico para tóxico.

Art. 12 As fontes poluidoras que apresentem vazão igual ou superior a 100 m³/dia, terão a aplicação de um fator mínimo de 0,8 sobre as concentrações arroladas nos itens indicados com (*), para fixação do padrão de emissão.



ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

Art. 13 Não podem ser lançados em corpos d'água superficiais, direta ou indiretamente, efluentes líquidos que contenham quaisquer dos poluentes orgânicos persistentes, listados abaixo, originários da manipulação ou descontaminação de passivos ambientais, incluindo remediação de áreas degradadas:

Aldrin
Bifenilas Policloradas (PCBs)
Clordano (cis + trans)
DDT (4,4'DDT+4,4'DDE+4,4'DDD)
Dieldrin
Endrin
Heptacloro e Heptacloro epóxido
Hexaclorobenzeno
Mirex (Dodeacloro Pentaciclodecano)
Toxafeno

Art. 14 Devem ser implementadas pelas fontes potencialmente geradoras de Dibenzo-p-dioxinas Policloradas (Dioxinas) e Dibenzofuranos Policlorados (Furanos) , a melhor tecnologia disponível visando a redução desta emissão até a completa eliminação;

Art. 15 Para o caso de contaminação de efluentes líquidos com poluentes orgânicos prioritários, fica o órgão ambiental competente responsável por fixar padrão, quando do licenciamento ambiental da atividade.

Art. 16 No processo de licenciamento, o empreendedor deve informar todas as substâncias que podem estar presentes nos efluentes, sob pena de anulação da licença expedida. **Art. 17** Podem ser estabelecidos critérios mais restritivos, pelo órgão ambiental competente, para fixação dos padrões de emissão constantes nesta norma em função dos seguintes aspectos do corpo hídrico receptor: características físicas, químicas e biológicas; características hidrológicas; usos da água e enquadramento legal, desde que apresentada fundamentação técnica que os justifique.

Art. 18 Pode ser viabilizado, pelos titulares pela concessão do serviço de esgotamento sanitário dos municípios, a medida em que venham sendo implementadas as estações de tratamento de efluentes líquidos domésticos, a possibilidade de ser complementado, junto a estas estações, o tratamento de efluentes, exclusivamente para redução de DBO, DQO, Sólidos Suspensos, Nitrogênio Amônia, Fósforo e Coliformes Termotolerantes ou Escherichia coli, oriundos de empreendimentos privados, assegurando o cumprimento dos padrões finais de lançamento estabelecidos. Os demais parâmetros devem atender aos padrões fixados nesta norma para o recebimento nas estações de tratamento de efluentes líquidos domésticos.

Art. 19 Para efeito de controle das condições de lançamento, não é permitida a mistura de efluentes com águas de melhor qualidade, antes do seu lançamento, tais como as águas de abastecimento, do mar e de sistemas abertos de refrigeração sem recirculação, com a finalidade de diluição.

Art. 20 Ficam estabelecidos os seguintes padrões de emissão em função da vazão:



ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

§ 1º Para Efluentes líquidos de fontes poluidoras, exceto efluentes líquidos domésticos fica estabelecida a variação dos padrões de emissão para DBO₅, DQO e SS, conforme as faixas de vazão abaixo referidas:

Faixa de vazão (m ³ /d)	DBO ₅ (mg O ₂ /L)	DQO (mg O ₂ /L)	SS (mg/L)
Q < 20	180	400	180
20 ≤ Q < 100	150	360	155
100 ≤ Q < 500	110	330	125
500 ≤ Q < 1000	80	300	100
1000 ≤ Q < 3000	70	260	80
3000 ≤ Q < 7000	60	200	70
7000 ≤ Q < 10000	50	180	60
10000 ≤ Q	40	150	50

I – Pode ser fixado pelo órgão ambiental competente um valor para concentração a maior dos valores estabelecidos no quadro anterior, uma vez comprovada a redução de vazão do empreendimento, sendo mantida, no mínimo, a média histórica da carga lançada.

II – Qualquer alteração de concentração a ser fixada, diferente dos valores referidos, não pode implicar em carga de choque sobre corpos d'água superficiais, cabendo esta avaliação ao órgão ambiental competente, dentro de cada processo de licenciamento ambiental, em função do corpo hídrico receptor dos efluentes a serem lançados.

III – Fica estabelecida a variação dos padrões de emissão para os parâmetros Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), Fósforo e Coliformes Termotolerantes ou Escherichia coli, devendo atender aos valores de concentração estabelecidos ou operarem com a eficiência mínima fixada em função das faixas de vazão abaixo referidas:

Faixa de vazão (m ³ /d)	Nitrogênio Total Kjeldahl			Fósforo		Coliformes Termotolerantes	
	Concentração (mg NTK/L)	Eficiência NTK(%)	Nitrogênio Amiacal (mgNam/L)	Concentração (mg P/L)	Eficiência (%)	Máximo permissível (NMP/100mL)	Eficiência (%)
Q < 100	20	75	20	4	75	10 ⁴	95
100 ≤ Q < 1000	20	75	20	3	75	10 ⁴	95
1000 ≤ Q < 10000	15	75	20	2	75	10 ⁴	95
10000 ≤ Q	10	75	20	1	75	10 ⁴	99



ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

IV – Para o caso da opção por atendimento à eficiência mínima fixada para remoção de Nitrogênio Total Kjeldahl, deve ser atendido, concomitantemente, o limite máximo de 20 mg/L para Nitrogênio Amoniacal, para qualquer vazão de lançamento.

V – A *Escherichia coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes e a proporção de correlação entre eles definida junto ao órgão ambiental competente.

§ 2º Para efluentes líquidos domésticos devem ser observados os seguintes padrões de emissão para os parâmetros DBO₅, DQO, Sólidos Suspensos (SS), em função da vazão de lançamento:

Faixa de vazão (m ³ /d)	DBO ₅ (mg O ₂ /L)	DQO (mg O ₂ /L)	SS (mg/L)
Q < 20	180	400	180
20 ≤ Q < 100	150	360	160
100 ≤ Q < 200	120	330	140
200 ≤ Q < 500	100	300	100
500 ≤ Q < 1000	80	260	80
1000 ≤ Q < 2000	70	200	70
2000 ≤ Q < 10.000	60	180	60
10.000 ≤ Q	40	150	50

Art. 21 Fica estabelecida a variação dos padrões de emissão para os parâmetros Fósforo e Coliformes Termotolerantes ou *Escherichia coli*, devendo atender aos valores de concentração estabelecidos ou operarem com a eficiência mínima fixada, em função das faixas de vazão abaixo referidas:

Faixa de vazão (m ³ /d)	Fósforo Total		Coliformes Termotolerantes	
	Concentração (mg P/L)	Eficiência (%)	Concentração (NMP/100 mL)	Eficiência (%)
Q < 200	-	-	-	-
200 ≤ Q < 500	-	-	10 ⁵	90
500 ≤ Q < 1000	-	-	10 ⁵	95
1000 ≤ Q < 2000	3	75%	10 ⁵	95
2000 ≤ Q < 10.000	2	75%	10 ⁴	95
10.000 ≤ Q	1	75%	10 ³	99

§ Único A *Escherichia coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro Coliformes termotolerantes e a proporção de correlação entre eles definida junto ao órgão ambiental competente.

Art. 22 Para qualquer vazão de lançamento deve ser atendido o padrão de 20mg/L para Nitrogênio Amoniacal.



ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

Art. 23 Para vazões de lançamento inferiores a 200m³/d, o órgão ambiental competente poderá, excepcionalmente, autorizar o lançamento acima de 20mg/L para Nitrogênio Amônia, desde que observados os seguintes requisitos:

- a) comprovação de relevante interesse público, devidamente motivado;
- b) atendimento ao enquadramento dos corpos receptores e às metas intermediárias e finais, progressivas e obrigatórias do mesmo;
- c) realização de Estudo de Impacto Ambiental- EIA, às expensas do empreendedor responsável pelo lançamento;
- d) estabelecimento de tratamento e exigências para este lançamento; e
- e) fixação de prazo máximo para o lançamento excepcional.

Art. 24 O órgão ambiental competente pode exigir condições especiais para o lançamento de efluentes líquidos domésticos, independente das já referidas no art. 20, § 2º e no art. 21, incluindo outros parâmetros, entre eles o controle de metais pesados e compostos organoclorados.

Art. 25 Revoga as disposições da Portaria 05/89 SSMA que dispõe Norma Técnica SSMA Nº 01/89 - DMA publicada no DOE em 29 de março de 1989.

Valtemir Bruno Goldmeier
Presidente do CONSEMA

Código 240936

Publicado no DOE do dia 07 de dezembro de 2006.