

CLAUDETY BARBOSA SARAIVA

**POTENCIAL POLUIDOR DE UM LATICÍNIO DE PEQUENO  
PORTE: UM ESTUDO DE CASO**

Dissertação apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como parte das exigências  
do Programa de Pós-Graduação em Ciência e  
Tecnologia de Alimentos, para obtenção do  
título de *Magister Scientiae*

VIÇOSA  
MINAS GERAIS BRASIL  
2008

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S243p  
2008

Saraiva, Claudety Barbosa, 1980-  
Potencial poluidor de um laticínio de pequeno porte :  
um estudo de caso / Claudety Barbosa Saraiva. – Viçosa,  
MG, 2008.  
xv, 63f.: il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Regina Célia Santos Mendonça.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Viçosa.  
Referências bibliográficas: f. 59-63.

1. Laticínios - Aspectos ambientais. 2. Poluição  
industrial. 3. Resíduos industriais - Aspectos ambientais.  
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

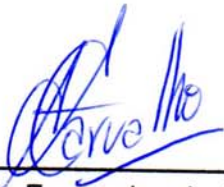
CDD 22.ed. 637.1

CLAUDETY BARBOSA SARAIVA

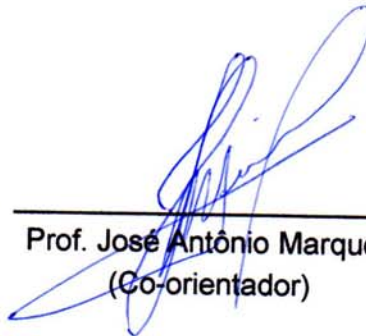
**POTENCIAL POLUIDOR DE UM LATICÍNIO DE PEQUENO  
PORTE: UM ESTUDO DE CASO**

Dissertação apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como parte das exigências  
do Programa de Pós-Graduação em Ciência e  
Tecnologia de Alimentos, para obtenção do  
título de *Magister Scientiae*

APROVADA: 17 de novembro de 2008.



Prof. Antônio Fernandes de Carvalho  
(Co-orientador)



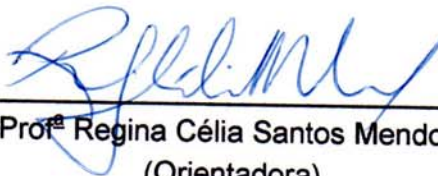
Prof. José Antônio Marques Pereira  
(Co-orientador)



Prof. Cláudio Furtado Soares



Dr. Paulo Rogério Fontes



Prof.ª Regina Célia Santos Mendonça  
(Orientadora)

*A Deus.*

*Aos meus pais, Maria Elizabeth e José Jacinto.*

*Aos meus queridos irmãos, Cláudia, Claudiana, Débora, Claudinéia,  
Júnior, Gabriel.*

*Aos meus sobrinhos, Ana Luiza, Yasmim e Gustavo.*

*Poluição nada mais é do que baixa eficiência no aproveitamento  
dos recursos naturais.*

Michael Porter-Harvard

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, que, sem Ele, eu não teria meus outros amigos, minha querida família e a mim mesmo.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Tecnologia de Alimentos, pela oportunidade de realização do curso.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

À minha orientadora, professora. Regina Célia Santos Mendonça, pela orientação, pela confiança, pela paciência, pelo apoio, pelos ensinamentos, pela dedicação e pelos momentos agradáveis que, certamente, foram os que contribuíram com maior peso para conclusão deste trabalho.

Aos meus pais, Maria Elizabeth e José Jacinto, que me deram a vida e me ensinaram a vivê-la com dignidade e que muitas vezes se doaram inteiros e renunciaram aos seus sonhos, para que eu pudesse realizar os meus, o meu eterno agradecimento.

Aos meus irmãos, Júnior, Gabriel, Débora, Claudiana, Claudinéia e Cláudia, pelo incentivo e apoio.

Aos meus queridos e eternos amigos, pela amizade compartilhada, principalmente à Débora, Edivânia, Renata, Raquel e ao Danilo Pereira, pelos momentos únicos vividos e pelo bate-papo importante para o crescimento pessoal.

Ao Sr. Paulo Cícero e sua esposa Maria José e à sua filha Fernanda, por abrirem as portas da empresa e permitirem que realizássemos nosso trabalho sem colocar nenhum obstáculo.

Aos funcionários da empresa, pela paciência e por todas as informações cedidas.

Aos amigos do Instituto de Laticínios Candido Tostes, pela força, pela paciência, pelo carinho e pela motivação.

Ao professor. Dr. Fernando Magalhães, pela amizade.

À Vanessa, Cris e Marcelle, pelo carinho, pelos conselhos e pelo apoio.

À estagiaria Mel de Freitas, pela força, pela dedicação, pelo companheirismo e pela amizade.

A todos os professores do Departamento de Tecnologia de Alimentos, que contribuíram para execução deste trabalho.

A todos os funcionários do DTA, em especial ao Adão, Sr. Luís e à Geralda, pela paciência.

Enfim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para execução deste trabalho.

A todos, minha eterna gratidão.

## **BIOGRAFIA**

CLAUDETY BARBOSA SARAIVA, filha de José Jacinto Sena Saraiva e Maria Elizabeth Camargo Barbosa Saraiva, nasceu em 9 de junho de 1980, em Viçosa-MG.

Em junho de 2004, graduou-se em Ciência e Tecnologia de Laticínios, pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

Em abril de 2006, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFV, em nível de Mestrado, concentrando seus estudos na área ambiental.

Em junho de 2007, começou a trabalhar na Empresa de Pesquisa de Minas Gerais (EPAMIG), em Juiz de Fora-MG.

Em 17 de novembro de 2008, defendeu a dissertação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFV.



## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE TABELAS .....	ix
LISTA DE FIGURAS .....	xi
RESUMO .....	xii
ABSTRACT .....	xiv
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Objetivos .....	3
1.1.1 Objetivo geral .....	3
1.1.2 Objetivos específicos .....	3
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1 O setor lácteo no Brasil .....	4
2.2 Sistema de gestão ambiental .....	5
2.3 Aspectos ambientais .....	7
2.4 Impactos ambientais .....	7
2.5 Aspectos e impactos ambientais envolvidos na produção do leite e derivados .....	8
2.5.1 Características da poluição da indústria de laticínios.....	8
2.5.2 Vazão dos efluentes na indústria de laticínios .....	15
2.5.3 Características físico-químicas dos efluentes líquidos .....	16

	<b>Página</b>
2.5.4 Padrões de lançamento e de qualidade do corpo receptor .....	19
2.6 Tecnologias limpas e ecoeficiência .....	19
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>22</b>
3.1 Unidade industrial avaliada .....	22
3.2 Avaliação global da empresa .....	22
3.3 Coleta e transporte das amostras .....	25
3.4 Quantificação do consumo de água .....	26
3.5 Determinações analíticas .....	26
3.5.1 Demanda química de oxigênio (DQO) .....	27
3.5.2 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO <sub>5</sub> ) .....	27
3.5.3 pH .....	28
3.5.4 Sólidos totais (ST) .....	29
3.5.5 Sólidos suspensos (SS) .....	29
3.5.6 Sólidos dissolvidos (SD) .....	29
3.5.7 Óleos e gorduras .....	29
3.5.8 Temperatura .....	30
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>31</b>
4.1 Avaliação global do laticínio .....	31
4.2 Aspectos e impactos ambientais observados .....	42
4.3 Consumo de água .....	43
4.4 Análises do efluente .....	48
4.5 Medidas mitigadoras .....	52
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>57</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>59</b>

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
1 Qualidade do efluente com e sem recuperação do soro.....	13
2 Operações ou processos que geram efluentes líquidos na indústria de laticínios .....	15
3 Variação e médias das taxas de consumo de água das indústrias de laticínios .....	16
4 Taxas aproximadas de consumo de água (em L.L <sup>-1</sup> de leite recebido) para fabricação de vários produtos lácteos.....	17
5 Características médias dos efluentes líquidos gerados em diferentes tipos de indústrias de laticínios.....	18
6 Classificações das águas segundo seus usos preponderantes, de acordo com a Resolução nº 357, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 17 de março 2005 .....	20
7 Questionário aplicado no laticínio .....	23
8 Lista utilizada para verificação dos pontos críticos de geração de resíduos associados às linhas de processamento.....	25

	<b>Página</b>
9 Escala semanal de fabricação dos produtos lácteos no laticínio ...	32
10 Pontos críticos de geração de resíduos detectados nas diferentes linhas de processamento .....	37
11 Produtos químicos utilizados para limpeza no laticínio .....	39
12 Aspectos ambientais e impactos ambientais gerados em cada atividade na unidade em estudo .....	44
13 Volume de água utilizado e efluente gerado por litro de leite processado no laticínio .....	46
14 Água consumida por litro de leite processado de alguns produtos	47
15 Coeficiente de efluentes gerados na indústria de laticínios por litro de leite processado em diferentes produtos lácteos .....	47
16 Resultados das variáveis analisadas para o efluente global, 10 m da montante e jusante do corpo receptor e alguns valores encontrados na literatura .....	49
17 Medidas mitigadoras elaboradas para minimização dos impactos ambientais da unidade em estudo .....	53

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
1 Fluxograma geral do processo produtivo de produtos lácteos.....	9
2 Caldeira do laticínio e depósito de cinzas .....	34
3 Local onde são armazenadas as lenhas.....	34
4 Processo de filtração do leite no laticínio .....	35
5 Aspectos da plataforma de recepção do laticínio.....	36
6 Fluxograma do processo industrial do laticínio .....	37
7 Efluente antes do lançamento no corpo receptor.....	39
8 Estábulo nas dependências do laticínio .....	40
9 Ponto de lançamento no corpo receptor .....	40
10 Corpo receptor 10 m na montante .....	41
11 Corpo receptor 10 m na jusante.....	41
12 Queima descontrolada de resíduos sólidos .....	42
13 Hidrograma de vazão de consumo de água no laticínio .....	46

## RESUMO

SARAIVA, Claudety Barbosa, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2008. **Potencial poluidor de um laticínio de pequeno porte: um estudo de caso.** Orientadora: Regina Célia Santos Mendonça. Co-orientadores: José Antônio Marques Pereira e Antônio Fernandes de Carvalho.

A crescente degradação do ambiente tem gerado preocupações de ordem global, de modo que relevante importância tem sido dada ao fato, e a consciência dos problemas ambientais aparece como ponto importante à respeito do crescimento material, econômico e da qualidade de vida. A indústria de laticínios constitui parcela importante da indústria alimentícia e sua contribuição em termos de poluição dos cursos de água é importante; portanto, é necessária e obrigatória a redução do volume de efluentes gerado por ela, bem como o tratamento prévio de seus despejos líquidos. Este trabalho teve como objetivo determinar o potencial poluidor de um laticínio de pequeno porte, situado na Zona da Mata mineira. Para determinação do potencial foi feito um diagnóstico a partir de monitoramento em todas as linhas de produção, durante três semanas, aliado à aplicação de questionário e folha de verificação, para avaliação dos pontos críticos de geração de resíduos, associados às linhas de produção. Este monitoramento visou observar principalmente o processo de produção, os resíduos gerados, o volume de água utilizado em cada linha de produção, a geração de efluentes, os procedimentos de higienização, os desperdícios de matérias-primas e a caracterização físico-química do efluente.

Para caracterização do efluente global da unidade em estudo e do corpo receptor, as amostras foram coletadas nos meses de abril, junho, novembro de 2007 e maio de 2008. Foram feitas análises de demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), sólidos, pH e temperatura do efluente global do laticínios à montante e à jusante do corpo receptor. Foram determinadas quantidades de água utilizadas para cada linha de produção e efluentes gerados. Após análises dos efluentes e do questionário aplicado foram determinados os aspectos e impactos ambientais envolvidos no laticínio. Foram sugeridas medidas mitigadoras para que se tenha uma produção sustentável. Os principais contribuintes detectados para a carga orgânica do efluente do laticínio foram o desperdício, o soro e o leiteiro, que são destinados de forma incorreta. O coeficiente de consumo de água do laticínio é de 3,2 L.L<sup>-1</sup> de leite processado. Este valor encontra-se entre as faixas indicadas por pesquisadores; entretanto, com pequenas mudanças este coeficiente tende a diminuir. Com a aplicação do questionário e a constatação *in loco* foi possível concluir que existem alguns fatores limitantes para redução de desperdícios, principalmente em pequenos laticínios, como baixa capacitação, carência de informações operacionais relacionada aos desperdícios e aos resíduos gerados, inclusive no controle de processos, gastos de matérias-primas e insumos, e metodologia para avaliar os resultados de ações de reduções de desperdícios implementados.

## ABSTRACT

SARAIVA, Claudety Barbosa, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2008. **Polluting potential of a small-dairy industry: a case study.** Adviser: Regina Célia Santos Mendonça. Co-advisers: José Antônio Marques Pereira and Antônio Fernandes de Carvalho.

The increasing degradation of the environment has generated global concerns, attracting the attention to environmental problems, with awareness playing a key role in achieving material and economic development as well as a better quality of life. The dairy industry is an important part of the food industry and its contribution to water course pollution is significant; thus, reduction of the volume of the effluents generated by the dairy industry, as well as previous treatment of its waste are necessary and mandatory. This work aimed to determine the polluting potential of a small dairy in Zona da Mata-MG. To determine this potential, a diagnosis was made based on the monitoring of all the assembly lines, during three weeks, plus the application of a questionnaire and verification sheet to evaluate the critical residue generation points associated with the production lines. This monitoring aimed to observe mainly the production process, the residues generated, the volume of the water used in each line of production, effluent generation, hygiene procedures, raw material losses and physical-chemical characterization of the effluent. For the characterization of the global effluent of the unit under study and the receptor,



the samples were collected in the months of April, June, and November 2007 and May 2008. Analysis of chemical demand of oxygen (CDO), biochemical demand of oxygen (BDO<sub>5</sub>), solids, pH and temperature of the global dairy effluent downstream and upstream the receptor were carried out. The amount of water used for each production line and effluent generated was determined. After analysis of the effluents and application of the questionnaire, the environmental aspects and impacts related to the dairy were determined. Mitigating measures were suggested to achieve a sustainable production. The main contributors detected for the organic load of the dairy effluent were loss, serum and buttermilk, which are discarded incorrectly. The dairy's water consumption coefficient is 3.2 L.L<sup>-1</sup> of processed milk. This value is within the range indicated by researchers but with small changes, this coefficient tends to decrease. The questionnaire and in loco verification results allowed to conclude that there are some limiting factors regarding loss reduction, mainly in small dairies with low capacity and lack of operational know-how. These limiting factors are related to losses and residues generated from process control, raw material, input expenditures and the methodology used to evaluate the results from the loss reduction actions implemented.

## 1 INTRODUÇÃO

Durante muito tempo o meio ambiente foi considerado como recurso em abundância e por isso era classificado na categoria de bens livres, ou seja, aqueles bens para os quais não há necessidade de trabalho para sua obtenção. Este fato dificultou, de certa forma, que se criassem critérios normativos para sua utilização, acarretando graves problemas de poluição ambiental, passando a afetar a totalidade da população, por meio de apropriação indevida do ar, da água e do solo pelo homem.

A comunidade empresarial se deu conta de que os níveis de produção e o consumo corrente são insustentáveis, do ponto de vista da degradação ambiental. Ao mesmo tempo entender que, para se manter operando, suas empresas terão que integrar, cada vez mais, componentes ambientais às suas estratégias comerciais ao seu planejamento de longo prazo. Isso é essencial para aproveitar oportunidades de negócios e competir com outras organizações que levem o meio ambiente em consideração, e oferecer mais informações sobre o seu desempenho ambiental, melhorando as expectativas das partes interessadas, como acionistas, fornecedores, consumidores, entre outros.

Com a legislação ambiental cada dia mais rígida, os prejuízos advindos do seu não cumprimento representam custo muito alto para o setor industrial. Além disso, os consumidores estão mais exigentes e dispostos a pagar por produtos que, além de apresentarem boa qualidade, possuem linha de produção que não levam à degradação do meio ambiente. São esses aspectos

que vêm a cada dia incentivando a indústria a procurar sistemas eficazes que promovam redução de seus impactos ambientais e apresentem custo compatível.

A incorporação da variável ambiental pelas empresas se concentrou, primeiramente, na adoção das tecnologias de final de linha e, posteriormente, nas tecnologias integradas ao processo produtivo. Essa postura tem apresentado altos custos em virtude da falta de retorno do capital investido.

Para reduzir os efeitos poluentes do setor industrial, as técnicas de tratamento de fim de tubo têm sido aperfeiçoadas, ao mesmo tempo em que atitudes de prevenção de poluição são implementadas para minimizar a geração dos resíduos.

A prevenção à poluição ou redução da geração na fonte refere-se a qualquer prática, processo, técnica ou tecnologia que vise à redução ou eliminação de resíduos na fonte geradora em volume, concentração ou toxicidade. Para produtos, o conceito de produção mais limpa envolve a redução de impactos negativos ao ambiente, ao longo de todo o ciclo de vida, desde a extração da matéria-prima até a disposição final. Por fim, devido à racionalização de todos os insumos utilizados, acaba-se por obter economia no processo, gerando produtos mais baratos e, conseqüentemente, mais competitivos.

Há poucas décadas, o processo de transformação do leite em produtos lácteos não levava em consideração os impactos ambientais. A indústria de laticínios constitui parcela importante da indústria alimentícia e sua contribuição em termos de poluição dos cursos d'água é expressiva; portanto, é necessária e obrigatória a redução do volume de efluentes gerados por elas, bem como o tratamento prévio de seus despejos líquidos.

A natureza dos efluentes oriundos dos laticínios consiste, basicamente, de quantidades variáveis de leite diluído, materiais sólidos flutuantes (graxas), finos de queijo, gorduras, produtos de limpeza (detergentes, desinfetantes e sanitizantes) e esgoto doméstico. Estes efluentes, devido a sua característica orgânica, possuem  $DBO_5$  elevadas, e quando atingem os corpos de água em situações-limite provocam grande mortandade de peixes.

Neste contexto, o setor laticinista, por apresentar grande impacto ambiental ao lançar seus efluentes e resíduos sem tratamento prévio ao meio

ambiente, percebe-se, pois, a relevância deste setor industrial e a necessidade de se dar um destino adequado aos efluentes oriundos desta atividade.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

O objetivo geral deste trabalho foi elaborar um diagnóstico de laticínio de pequeno porte, avaliando o impacto negativo no ambiente em que se encontra e propor soluções mitigadoras.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos foram:

- analisar as linhas de processamento e pontos de geração de resíduos;
- detectar os pontos críticos das linhas de processamento associados à geração de resíduos;
- quantificar o consumo de água com elaboração de hidrograma;
- caracterizar o efluente global e o corpo receptor com análises físico-químicas;
- quantificar o consumo de água e efluentes gerados por linha de processamento;
- determinar os aspectos e impactos ambientais envolvidos no laticínio; e
- elaborar medidas mitigadoras.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 O setor lácteo no Brasil**

No Brasil, o segmento de laticínios é o mais expressivo da indústria de alimentos. Segundo estimativa da Embrapa Gado de Leite (2008), o Brasil, em 2007, registrou produção de 26,4 bilhões de litros de leite.

A cadeia agroindustrial do leite no Brasil é uma das mais importantes, tanto pela questão econômica quanto pela social. Presente em todos os estados da Federação, a pecuária de leite emprega mão-de-obra, gera excedentes comercializáveis e garante renda para boa parte da população brasileira. O segmento da indústria nacional é amplo e diversificado e neles estão presentes empresas de laticínios de vários portes, desde pequenas fábricas até multinacionais (SEBRAE, 1997).

Dentre os estados do Brasil, Minas Gerais é historicamente o que mais produz leite; é responsável por 30 % da produção nacional e abriga um parque industrial com as maiores e mais modernas empresas, como Nestlé, Danone, Itambé, Cotochés, Barbosa e Marques, entre outras (INDI, 2002).

Segundo o SEBRAE (1997), são aproximadamente 1,3 mil indústrias de laticínios que atuam formalmente em Minas Gerais, sendo 90 % de pequeno e médio porte.

Diante da característica deste setor e de sua importância, surgem problemas ligados, principalmente ao controle ambiental, pois as indústrias de

laticínios produzem quantidades razoáveis de efluentes líquidos e, estes por sua vez, apresentam alta carga orgânica.

Das cercas de 1,3 mil indústrias de laticínios e cooperativas leiteiras em Minas Gerais, apenas 69 estabelecimentos possuem sistemas de tratamento de efluentes líquidos para tratar resíduos de produção; 21 estão em fase de desenvolvimento, segundo dados da Câmara Temática de Indústria, Mineração e Infra-Estrutura do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) (MOINHOS, 2008). Este dado permite concluir que a poluição provocada pelos efluentes líquidos dos laticínios assume proporções que exigem conscientização dos proprietários e dos trabalhadores das indústrias e práticas de ações corretas para minimizar o impacto ambiental (MACHADO *et al.*, 2002).

## **2.2 Sistema de gestão ambiental**

O sistema de gestão ambiental pode ser definido como sendo um conjunto de políticas, programas e práticas administrativas e operacionais que levam em conta a saúde e a segurança das pessoas, e a proteção do meio ambiente, pela eliminação ou diminuição de impactos e danos ambientais decorrentes do planejamento, implantação, operação, ampliação ou atividades, incluindo-se todas as fases do ciclo de vida do produto (QUEZADA, 1998).

A gestão ambiental é uma abordagem sistêmica em que a preocupação ambiental está em todos os aspectos dos negócios das organizações. A implementação de um sistema de gestão ambiental é, normalmente, um processo voluntário. Ao optar pela sua implantação, as companhias, porém, não estão visando apenas aos benefícios financeiros (economia de matéria-prima, eficiência na produção e marketing), mas, sim, estimando os riscos de não gerenciar adequadamente seus aspectos ambientais (acidentes, descumprimento da legislação ambiental, incapacidade de obter crédito bancário e outros investimentos de capitais, e perda de mercados por incapacidade competitiva) (QUEZADA, 1998).

De acordo com a NBR-ISO 14004, existem alguns princípios e elementos básicos para desenvolvimento e implantação de um sistema de gestão ambiental, como:

- comprometimento e política: é recomendado que uma organização defina sua política ambiental e assegure o comprometimento com o seu sistema de gestão ambiental;

- planejamento: é recomendado que uma organização formule um plano para cumprir sua política ambiental;

- implementação: para efetiva implementação, é recomendado que uma organização desenvolva a capacitação e os mecanismos de apoio necessários para atender sua política, seus objetivos e suas metas ambientais;

- medição e avaliação: é recomendado que uma organização mensure, monitore e avalie seu desempenho ambiental; e

- análise crítica e melhoria: é recomendado que uma organização analise criticamente e aperfeiçoe continuamente seu Sistema de Gestão Ambiental, com o objetivo de aprimorar seu desempenho ambiental global.

Os sistemas de gestão ambiental serão diferentes para diferentes tipos de organizações, dependendo da natureza, do tamanho e da complexidade das atividades, dos produtos e serviços de cada uma.

A implantação de um sistema de gestão ambiental é a resposta dada pelas empresas para controlar os impactos causados; isto é, representa uma mudança organizacional de práticas que integram o meio ambiente e a produção. Dentre os inúmeros benefícios alcançados, destacam-se a melhoria da imagem perante os diversos atores que interagem com o empreendimento; a redução dos custos ambientais; os menores riscos de infrações e multas; o aumento de produtividade; a melhoria da competitividade; e o surgimento de alternativas tecnológicas (SEBRAE, 2004).

Ao implantar um sistema de gestão ambiental a empresa adquire uma visão estratégica em relação ao meio ambiente, passando a percebê-lo como oportunidade de desenvolvimento e crescimento. Ao mesmo tempo, deve ser ressaltado que estratégias sustentáveis asseguram a proteção ambiental, tanto do local de trabalho quanto dos operadores, além de contribuir para eliminação ou minimização de impactos ambientais.

## **2.3 Aspectos ambientais**

Segundo o SEBRAE (2004), aspectos ambientais são “elementos das atividades, produtos ou serviços de uma organização que podem interagir com o meio ambiente”. Para controle ambiental efetivo, uma organização deve identificar seus aspectos ambientais de suas atividades, produtos ou serviços. A partir dos aspectos ambientais, as organizações podem identificar os impactos ambientais a eles relacionados.

Um aspecto ambiental significativo é aquele que gera impacto(s) significante(s) e, dessa forma, as organizações têm condições de priorizar os aspectos ambientais e estabelecer medidas de controle. Os aspectos ambientais significativos devem ser considerados quando forem estabelecidos os objetivos e as metas ambientais das organizações.

## **2.4 Impactos ambientais**

De acordo com a Resolução nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 17 de março de 2005, impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 2005)

Simplificadamente, segundo ISO 14001, “impacto ambiental é qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização” (FEAM, 2003).

Uma vez identificados, os impactos ambientais devem ser avaliados para destacar aqueles considerados como sendo significativos, ponderando para tanto o significado ambiental e as consequências para os negócios das modificações geradas no meio ambiente. A avaliação dos impactos pode ser feita por metodologia que considere a escala, a intensidade e a probabilidade de ocorrência. Além disso, podem ser considerados o grau de dificuldade da



mitigação, os custos envolvidos, as preocupações das partes interessadas, a imagem da empresa e a existência de requisitos legais aplicáveis (SEBRAE, 2004).

## **2.5 Aspectos e impactos ambientais envolvidos na produção de leite e derivados**

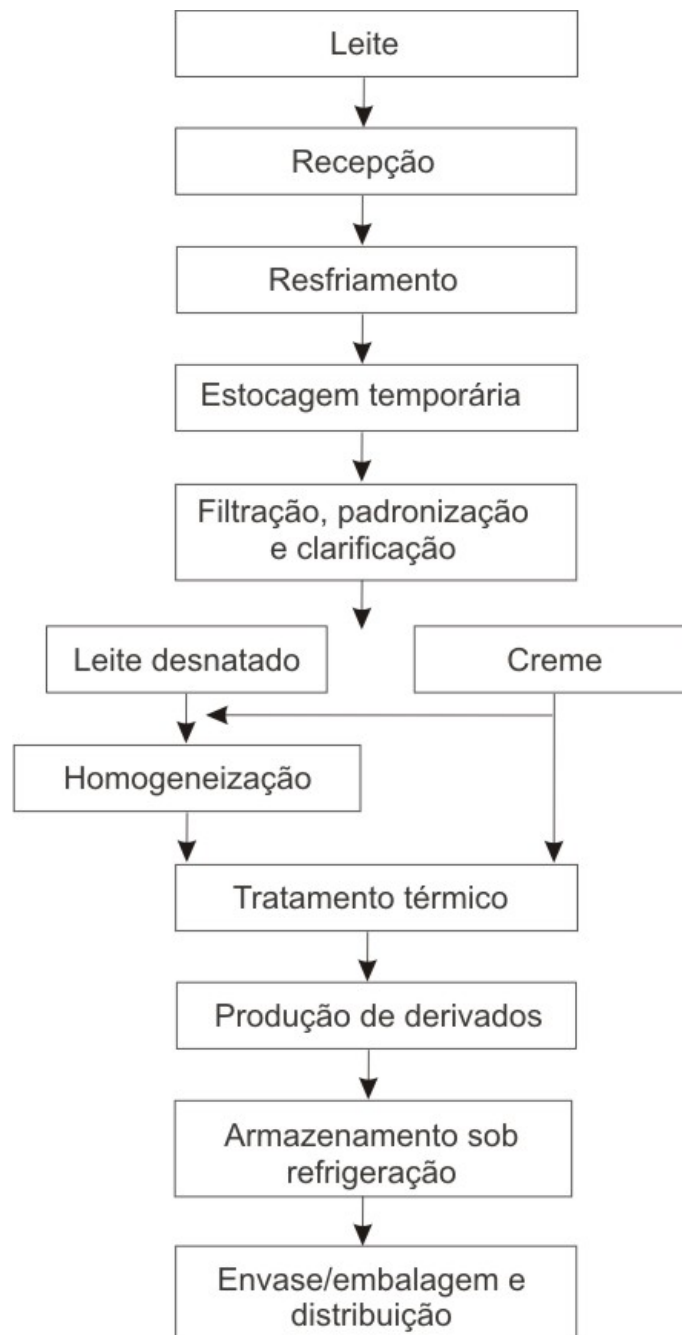
### **2.5.1 Característica da poluição da indústria de laticínios**

A atividade de preparação de leite e a fabricação de produtos de laticínios é amplamente desenvolvida em todas as regiões do Brasil, constituindo-se em parcela importante da indústria alimentícia. Essa atividade gera considerável quantidade de efluentes líquidos industriais, sendo, portanto, necessário e obrigatório o tratamento prévio de seus despejos líquido antes do lançamento no ambiente. São também geradas emissões atmosféricas e resíduos sólidos.

Segundo a Deliberação Normativa nº 74 do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), de 9 de setembro de 2004, os empreendimentos e as atividades modificadoras do meio ambiente são enquadradas em seis classes, que conjugam o porte e o potencial poluidor ou degradador do meio ambiente (1, 2, 3, 4, 5 e 6). Os empreendimentos e as atividades listados no Anexo Único desta Deliberação Normativa, enquadrados nas classes 1 e 2, considerados de impacto ambiental não significativo, ficam dispensados do processo de licenciamento ambiental no nível estadual, mas sujeitos a obrigatoriamente à autorização ambiental de funcionamento pelo órgão ambiental estadual competente (MINAS GERAIS, 2004) Os empreendimentos e as atividades modificadoras do meio ambiente, independentemente do seu porte, deverão dispor, de forma adequada, seus resíduos gerados.

As indústrias de laticínios produzem variada gama de produtos, a partir das mais diversas formas de processamento, abrangendo desde o leite pasteurizado e a manteiga, até uma complexa linha de processamento, que resulta para obtenção de produtos como creme, queijo variados, ricota, requeijão, iogurte, leite condensado, leite em pó, entre outros.

Grande número de operações industriais é realizado pelas indústrias de laticínios. As operações específicas de um processo ocorrem em função dos produtos finais a serem elaborados. A Figura 1 apresenta o fluxograma geral do processo produtivo de produtos lácteos.



Fonte: Adaptado de Campos (1991).

Figura1 – Fluxograma geral do processo produtivo de produtos lácteos.

Na recepção, o leite é transportado por latões ou caminhões-tanque até os laticínios. No abastecimento por latões, após esvaziamento, eles são lavados com detergente, esterilizados com vapor e secos com ar quente. Com a obrigatoriedade do uso de tanques de refrigeração nas propriedades, muitos empreendimentos já adotam a prática de transporte por caminhões-tanque refrigerados, ocorrendo redução substancial do uso dos latões e, conseqüentemente, da geração de efluentes líquidos resultantes de sua higienização.

O leite, após pesagem, peneiramento e resfriamento, é encaminhado ao tanque de recepção para armazenamento seguido de processamento. No caso da recepção de leite ácido, ele poderá ser enviado a outro tanque para ser processado o desnate, com conseqüente aproveitamento da matéria gorda na fabricação de manteiga, ou, ainda, estudada a viabilidade de seu aproveitamento na fabricação de produtos que não terão sua qualidade alterada com o leite de alta acidez.

O processamento do leite consiste em submetê-lo a uma série de operações com o objetivo de torná-lo próprio para o consumo, ou para ser continuamente processado para obtenção de outros produtos. As operações básicas são peneiramento, clarificação, padronização e pasteurização.

A finalidade do peneiramento é remover as partículas grosseiras e as impurezas que possam ter entrado em contato com o leite. Quando é utilizado meio mecânico para remoção das impurezas, esta operação é denominada clarificação. Os clarificadores possuem também a função de retirar uma quantidade desejada de gordura ou creme do leite visando sua padronização. Neste caso, o clarificador é denominado clarificador-padronizador.

A etapa seguinte é a pasteurização, que consiste no aquecimento durante determinado tempo e temperatura específica, seguido do imediato resfriamento, com a finalidade de destruir todos os organismos patogênicos, sem que haja alteração do gosto ou da composição do produto.

A pasteurização rápida é realizada a temperaturas entre 72 e 75°C por 15 a 20 s, e a pasteurização lenta entre 62 e 65°C durante 30 min.

Segundo a Instrução Normativa nº 51 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, de 18 de setembro de 2002, a pasteurização lenta pode ser adotada na produção de leite pasteurizado para abastecimento público em estabelecimentos de laticínios de pequeno porte; entretanto a pasteurização

lenta de leite previamente envasado não é permitida em estabelecimentos sob inspeção sanitária federal.

A pasteurização pode ser realizada em processo contínuo sob alta temperatura e tempo reduzido, em processos por batelada ou ainda a vácuo.

As operações seguintes à pasteurização variam em função dos produtos a serem elaborados. Dentre as possíveis operações que se seguem, têm-se a secagem, fermentação, adição e mistura de sabores.

Têm-se também as operações auxiliares, que são aquelas envolvidas indiretamente no processo produtivo. São representativos as operações de transferência de calor e os sistemas empregados na limpeza de equipamentos do processo de fabricação.

O sistema de limpeza mais utilizado é o CIP (*cleaning in place*), composto de vários tanques, contendo soluções de hidróxido de sódio (NaOH), ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) e hipoclorito de sódio (NaClO). Este método de limpeza consiste de um número de lavagens sucessivas visando à remoção dos sólidos do leite, gorduras e óleos impregnados nas paredes dos equipamentos e das tubulações.

De modo geral, as águas residuárias da indústria de laticínios abrangem líquidos oriundos dos processos industriais, esgotos sanitários e as águas pluviais. São constituídos pelas seguintes frações originárias das diversas atividades desenvolvidas na indústria (MINAS AMBIENTE/CETEC, 1998, vol. I):

- leite e derivados recebidos como matéria-prima;
- matérias lácteas geradas e não aproveitadas ao longo dos processos industriais, que são geralmente gordura, podendo incluir ainda, quando não removidos, para reciclagem ou disposição em separado, sólidos de leite retidos em clarificadores, filtros e grelhas, bem como restos ou pedaços de produtos finais;
- detergentes e desinfetantes usados nas operações de lavagens e sanitização;
- areia e poeira removidas nas operações de lavagem de pisos e latões de leite; e
- lubrificantes empregados na manutenção de equipamentos.

No beneficiamento de produtos mais elaborados, como queijo, requeijão, iogurte e bebidas lácteas, os efluentes líquidos industriais podem ainda conter açúcar e pedaços de frutas (usados em iogurte), açúcar e essências diversas (fabricação de iogurte e bebidas lácteas) ou diversos condimentos (produção de requeijão condimentado);

Subprodutos como o soro, resultante da fabricação de queijo, e o leiteiro resultante da produção de manteiga, mesmo quando aproveitados, irão contribuir, dependendo dos cuidados tomados, com quantidades mínimas na composição das águas residuárias, e tendo por origem as operações de esgotamento total de tanques ou de mangueiras e, ou, as operações de limpeza.

O soro é um dos efluentes líquidos que mais contribuem para a alta carga poluidora das indústrias de laticínios. A demanda bioquímica de oxigênio ( $DBO_5$ ) do soro varia de 25000 a 120000  $mg.L^{-1}$ , sendo que nele está contida aproximadamente metade dos sólidos de leite integral (FEAM, 2003).

De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Queijo (ABIQ, 2007), a produção de queijo no Brasil ficou em torno de 580 toneladas em 2006. No Brasil, a maioria dos laticínios trata o soro como rejeito e o dispõe diretamente nos cursos de água ou doam para alimentação direta de suínos (MINAS AMBIENTE/CETEC, 1998, v. 2).

O soro é um subproduto do processamento de queijo, caseína e outros produtos de leite acidificado. De 75 a 85 % do volume do leite destinado à fabricação de queijos resultam em soro. O soro de queijo contém a metade do extrato seco do leite, representado por lactose, proteínas solúveis e sais (PAOLUCCI, 1991).

Em média, para fabricação de 1 kg de queijo são necessários de 10 litros de leite, com geração de 9 kg de soro. Considerando a produção brasileira de queijo em 2006, mais de 5000 toneladas de soro foram obtidas, podendo representar forte problema ambiental (ZACARCHENCO *et al*, 2008).

A constituição aproximada do soro de leite é de 93 % de água, 5 % de lactose, 0,9 % de proteínas, 0,3 % de gordura, 0,2 % de ácido láctico e pequenas quantidades de vitaminas (BEM-HASSAN e GHALY, 1994). Os aminoácidos presentes nas proteínas do soro superam as doses recomendadas a crianças de dois a cinco anos de idade e aos adultos (WIT, 1998).

Recentemente, têm sido atribuídas às proteínas do soro propriedades funcionais fisiológicas capazes de produzir importante controle na modulação do metabolismo e nos mecanismos de defesa dos organismos animal e humano (SGARBIERI e PACHECO, 1999; MICKE *et al.*, 2002; ROSANELI *et al.*, 2002). O soro é um produto de composição variada, sendo afetado pelo tipo de queijo de que se origina, pelo tratamento térmico, pelo manuseio e outros fatores. Portanto, seu conteúdo em proteínas, sais minerais, ácidos graxos, lactose e ácido láctico é bastante variável (PONSANO *et al.*, 1992).

Portanto, o descarte do soro de queijo afeta, de forma bastante significativa, a qualidade do efluente líquido nas indústrias que não estão adaptadas para sua recuperação, conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 – Qualidade do efluente com e sem recuperação do soro

Parâmetros (mg.L <sup>-1</sup> )	Instalação com Recuperação do Soro	Instalação sem Recuperação do Soro
DBO <sub>5</sub>	2.397	5.312
DQO	5.312	20.559
Gorduras	96	463
N Total	90	159
P Total	26	21

Fonte: European Commission – Integrated Pollution Prevention and Control. Jan. 2006.

O leitelho é um subproduto da fabricação de manteiga e a sua composição é similar à do leite desnatado, com exceção da maior quantidade de proteínas e fosfolipídios derivados da membrana do glóbulo de gordura (MISTRY *et al.*, 1996).

Devido ao elevado valor nutritivo e pela suas elevadas cargas orgânicas, o soro, o leitelho e o leite ácido não devem ser misturados aos demais efluentes da indústria. Devem ser captados, conduzidos em separado, de modo que possam ser aproveitados para fabricação de outros produtos, ou em aproveitamento direto na alimentação animal.

Os efluentes líquidos oriundos dos esgotos sanitários possuem tubulações independentes. Os esgotos pluviais, resultantes das águas de chuvas captadas nos limites do terreno da indústria, não devem em hipótese

alguma estar ligados às demais tubulações de efluentes, visto que não costumam receber qualquer tipo de tratamento para sua disposição. Nas indústrias de beneficiamento de leite, as tubulações de esgotos sanitários e de efluentes oriundos dos processos industriais costumam convergir, em seus pontos finais, para uma mesma tubulação que pode promover a mistura desses dois líquidos antes da estação de tratamento, ou juntá-los antes do lançamento nos cursos de água (MINAS AMBIENTE/CETEC, 1998).

As águas utilizadas nos sistemas de refrigeração e nas caldeiras não são consideradas como efluentes industriais, pois normalmente são aproveitadas em sistema de recirculação. Somente nos pequenos laticínios que esta recirculação não ocorre, apesar de ser possível e recomendável. Como estas águas não possuem qualquer produto químico especial, elas podem ser processadas junto com as águas de lavagem (MINAS AMBIENTE/CETEC, 1998).

Nas Indústrias de beneficiamento de leite, os processos, as operações e as ocorrências que geram ou podem influenciar significativamente os efluentes líquidos são apresentados na Tabela 2.

A alguns tipos de despejos podem aumentar significativamente os efluentes líquidos de uma indústria de laticínios, tanto em termos de vazão como em carga poluidora, mas, a rigor, em uma indústria bem gerenciada não devem ser conduzidos às tubulações de águas residuárias (MACHADO *et al*, 2002):

- águas da lavagem dos caminhões, incluindo, sobretudo areia, barro e folhas de árvores;
- pó-de-carvão e lascas de lenha usados como combustível;
- derramamento de óleo combustível;
- cinzas de caldeira;
- água e produtos químicos usados nas caldeiras ou em equipamentos de refrigeração.

Tabela 2 – Operações ou processos que geram efluentes líquidos na indústria de laticínios

Operação ou Processo	Descrição
Lavagem e limpeza	<p>Enxaguamento para remoção de resíduos de leite ou de seus componentes, assim como de outras impurezas que ficam aderidas em latões de leite, tanques diversos (inclusive os tanques de caminhões de coleta de leite e silos de armazenamento de leite), tubulações de leite e mangueiras de soro, bombas, equipamentos e utensílios diversos utilizados diretamente na produção.</p> <p>Lavagem de pisos e paredes.</p> <p>Arraste de lubrificantes de equipamentos da linha de produção, durante as operações de limpeza.</p>
Descartes e descargas	<p>Descargas de misturas de sólidos de leite e água por ocasião do início e interrupção de funcionamento de pasteurizadores, trocadores de calor, separadores e evaporadores.</p> <p>Descarte de soro, leite e leite ácido nas tubulações de esgotamento de águas residuárias.</p> <p>Descarte de finos oriundos de fabricação de queijos.</p> <p>Descarga de produtos e materiais de embalagem perdidos nas operações de empacotamento, inclusive aqueles gerados em colapsos de equipamentos e na quebra de embalagens.</p> <p>Produtos retornados à indústria.</p>
Vazamentos e derramamentos	<p>Vazamentos de leite em tubulações e equipamentos correlatos devido à operação e manutenção inadequadas de equipamentos.</p> <p>Transbordamento de tanques, equipamentos e utensílios diversos.</p> <p>Negligência na execução de operações, o que pode causar derramamentos de líquidos e de sólidos diversos em locais de fácil acesso às tubulações de esgotamento de águas residuárias.</p>

Fonte: Machado *et al* (2002).

### 2.5.2 Vazão dos efluentes na indústria de laticínios

Em uma indústria de laticínios a vazão dos efluentes líquidos varia ao longo do dia e depende diretamente das operações de processamento ou de limpeza que ocorrem na empresa. Existem também as variações sazonais devidas às modificações introduzidas no perfil qualitativo e, ou, quantitativo da produção, nos horários de produção, nas operações de manutenção, entre outras (MACHADO *et al*, 2002).



A vazão dos efluentes líquidos das indústrias de laticínios está relacionada diretamente com o volume de água consumido por ela. Segundo Strydom *et al* (1997), o valor da relação entre vazão dos efluentes líquidos e a vazão da água consumida pelo laticínio situa-se entre 0,75 e 0,95. O fato de o último valor limite estar bem próximo de 1, muitos projetistas por medida de segurança adotam este valor. Por essa razão, é extremamente importante o conhecimento do volume de água consumido por uma indústria de laticínios, pois de posse deste dado é possível avaliar a correspondente vazão de efluentes líquidos produzidos por ela.

Na Tabela 3 são mostrados alguns dados referentes à variação e às médias de taxas de consumo de água de indústrias de laticínios de Minas Gerais.

Tabela 3 – Variação e médias das taxas de consumo de água das indústrias de laticínios

Laticínios	Recepção diária de leite (L.dia <sup>-1</sup> )	Número de Laticínios	Taxa de Consumo de Água (L.L <sup>-1</sup> de leite)	
			Variação	Média
Laticínios de cooperativas	10000 a 20000	3	0,9 a 2,0	1,5
	> 20000	25	0,4 a 7,1	2,3
Laticínios independentes	Até 10000	19	1,4 a 5,6	2,9
	10001 a 20000	9	0,3 a 6,7	3,1
	> 20000	6	1,5 a 5,1	3,5

Fonte: MINAS AMBIENTE/CETEC (1998).

A Tabela 4 apresenta valores de taxas de consumo de água publicados pela Internacional Dairy Federation-IDF (1981), relativos aos diversos países da Europa, Japão e Nova Zelândia.

### 2.5.3 Características físico-químicas dos efluentes líquidos

Apesar dos efluentes líquidos oriundos dos diversos setores de um laticínio ter natureza semelhante entre si, a composição detalhada desse efluente depende dos seguintes fatores (MACHADO *et al*, 2002):

- processos industriais em curso;
- volume de leite processado;
- condições e tipos de equipamentos utilizados;

Tabela4 – Taxas aproximadas de consumo de água (em L.L<sup>-1</sup> de leite recebido) para fabricação de vários produtos lácteos

Produto		Austrália	Bélgica	Finlândia	Japão	Nova Zelândia	Noruega
Manteiga e leite em pó ( <i>spray</i> )	Valor típico:	2,5	2,1	3,8			4,6 - 7,0 <sup>3/</sup>
	Faixa:		0,7 – 7,2	1,7 – 8,6			0,9 - 3,0 <sup>4/</sup>
Caseína (ácida)	Valor típico:					2,5	
	Faixa:					1,7 - 3,2	
Caseína, manteiga, leite em pó ( <i>spray</i> )	Valor típico:					2,5	
	Faixa:					1,4 - 6,9	
Queijo	Valor típico:		1,1 <sup>2/</sup>	1,7		1,6	
	Faixa:	3,5 -5,0 <sup>1/</sup>	0,6 - 1,5			1,0 - 3,0	27 - 37

<sup>1/</sup> requeijão; <sup>2/</sup> manteiga; <sup>3/</sup> inclui condensado de vapor; e <sup>4/</sup> indústrias maiores.  
Fonte: International Dairy Federation (1981).

- práticas de redução da carga poluidora e do volume de efluentes;
- atitudes de gerenciamento e da direção da indústria em relação às práticas de gestão ambiental; e
- quantidade de água utilizada nas operações de limpeza e no sistema de refrigeração.

As características físico-químicas dos efluentes originados dos laticínios são valores aproximados, ou seja, são indicativos do que se poderia esperar de uma situação média. Valores reais só podem ser obtidos por meio de monitoramento realizado em linha de processamento específica. Na Tabela 5, é mostrada a característica média dos efluentes líquidos gerados em diferentes tipos de indústrias de laticínios (MINAS AMBIENTE/CETEC, 1998).

A DBO<sub>5</sub> é o parâmetro-padrão usado para avaliar o potencial poluidor de efluentes líquidos, em que é predominante a matéria orgânica biodegradável. É também parâmetro fundamental para definição do tipo de tratamento mais adequado.

Outro parâmetro importante para caracterização físico-química do efluente da indústria de laticínios é a relação entre DBO<sub>5</sub>/DQO, que suscita os seguintes comentários (MACHADO *et al*, 2002):

Tabela 5 – Característica média dos efluentes líquidos gerados em diferentes tipos de indústrias de laticínios

Parâmetros Analisados	Tipos de Indústria (ver legenda abaixo)					
	1	2	3	4	5	6
DBO <sub>5</sub> (mg.L <sup>-1</sup> ).	1033	487 a 1319	3420	290	875	761
DQO (mg.L <sup>-1</sup> ).	1397	873 a 1740	4430	2010	1365	1370
Sólidos não-filtráveis totais (mg.L <sup>-1</sup> )	520	329 a 494	420	915	776	471
Sólidos totais (mg.L <sup>-1</sup> )	-	993	3300	-	1870	1406
Sólidos sedimentáveis (mg.L <sup>-1</sup> )	-	14	1	1,5	0,1	1,7
Nitrogênio total (mg.L <sup>-1</sup> )	-	26,5 a 43,2	86,2	56,7	25,5	11,3
Fósforo total (mg.L <sup>-1</sup> )	5,75	4,5 a 5,9	14,2	18,8	6,8	8,8
Óleos e graxas (mg.L <sup>-1</sup> )	562	253	575	-	100	-
Temperatura (° C)	-	29	31	29	38	28
Vazão (m <sup>3</sup> . T <sup>-1</sup> leite processado)	1,06	1,47 a 0,83	4,1	5,5	3,2	5,4
Carga orgânica (kg DBO <sub>5</sub> . T <sup>-1</sup> leite processado)	1,09	0,72 a 1,09	14,02	1,60	2,80	4,11
Leite processado (T)	18,5	29,4 a 48,4	226,2	59,7	80,0	63,4

Fonte: Minas Ambiente/CETEC (1998).

(1) Posto de recepção e refrigeração; (2) leite pasteurizado e manteiga (3); leite pasteurizado e iogurte; (4) leite esterilizado e iogurte; (5) leite condensado; e (6) leite em pó.

- os efluentes líquidos brutos (não-tratados) de laticínios apresentam valores de DBO<sub>5</sub>/DQO na faixa de 0,50 a 0,70. Quanto maior esse valor, maior é a fração biodegradável dos efluentes e mais indicada é o seu tratamento por processo biológico; e

- valores de DBO<sub>5</sub>/DQO fora da faixa de 0,50 a 0,70 são indicadores de efluentes incomuns, como aqueles contaminados por amônia ou glicol, oriundos das instalações de água fria, ou por outras substâncias tóxicas ao teste de DBO<sub>5</sub>.

Outro dado importante no que se refere às características físico-químicas de efluente de indústrias de laticínios é o que se remete a influência de detergentes, sanitizantes e lubrificantes. Componentes desses produtos geralmente estão em concentrações baixas para causar efeitos tóxicos nas

estações de tratamento. Isto não significa que não se deva ter controle desses produtos durante a execução dos serviços de limpeza ou manutenção, visto que sua utilização em excesso poderá causar danos ao tratamento dos efluentes, bem como um gasto maior de insumos (MACHADO *et al*, 2002).

Uma comparação bastante prática é a que se faz em relação à carga poluidora dos efluentes líquidos de uma indústria com a carga gerada por uma pessoa. Para se chegar ao denominado equivalente populacional basta dividir a carga específica de DBO dos efluentes dessa indústria (em kg de DBO por unidade de produto da indústria) pela carga de DBO gerada por uma pessoa por dia (em média  $0,054 \text{ kg.dia}^{-1}$ ). Esta avaliação feita em termos de DBO é bastante interessante, pois se tem a percepção do real potencial poluidor da indústria de laticínios (MINAS AMBIENTE/CETEC, 1998).

#### **2.5.4 Padrões de lançamento e de qualidade do corpo receptor**

Os padrões de qualidade da água variam para cada tipo de uso. Assim, os padrões de potabilidade (água destinada ao abastecimento humano) são diferentes dos de balneabilidade (água para fins de recreação de contato primário), os quais, por sua vez, não são iguais aos estabelecidos para a água de irrigação ou destinada ao uso industrial. Mesmo entre as indústrias, existem requisitos variáveis de qualidade, dependendo do tipo de processamento e dos produtos das mesmas (MOTA, 1997).

Uma forma de definir a qualidade das águas dos mananciais é enquadrá-las em classes, em função dos usos propostos para as mesmas, estabelecendo-se critérios ou condições a serem atendidos (Tabela 6).

## **2.6 Tecnologias limpas e ecoeficiência**

Pereira *et al* (1997) caracterizam as tecnologias limpas em dois tipos: as de controle e as de prevenção. Deste modo, o caso clássico de uma tecnologia limpa de controle são as estações de tratamento de efluentes (ETE).

Como tecnologias limpas, os autores citam todas as tecnologias utilizadas na produção de bens e serviços que não destroem o meio ambiente. Por exemplo: a) reciclagem de papel, latas, entre outros; b) uso de energias

Tabela 6 – Classificações das águas segundo seus usos preponderantes, de acordo com a Resolução nº 357, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 17 de março 2005

<b>Classes</b>	<b>Usos</b>
Classe Especial	a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe 1	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e e) à proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.
Classe 2	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e e) à aquicultura e à atividade de pesca.
Classe 3	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à pesca amadora; d) à recreação de contato secundário; e e) a dessedentação de animais.
Classe 4	a) à navegação; e b) à harmonia paisagística.

alternativas, como a eólica, solar, biomassa; c) produtos biodegradáveis; e d) tecnologias para redução e prevenção da poluição do ar, das águas, do solo ou a sonora, ou dos resíduos sólidos e a visual.

Menezes (1999) considera ainda que reduzir a poluição por meio do uso racional de matéria prima, água e energia significa mais uma opção ambiental e econômica definitiva. Diminuir os desperdícios implica em maior eficiência na produtividade e menores investimentos em soluções de problemas ambientais. Os produtos finais podem ficar mais baratos e conseqüentemente mais competitivos.

A aplicação da metodologia de implantação de técnicas de produção mais limpa a processos produtivos permitirá a obtenção de soluções que

contribuam mais para a solução definitiva dos problemas ambientais, já que a prioridade da metodologia está baseada na identificação de opções de não-geração dos resíduos produzidos nestes processos produtivos.

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 Unidade industrial avaliada**

O laticínio em estudo está situada na Zona da Mata Mineira e recebe, em média, 4000 litros de leite por dia, e produz queijo mussarela, manteiga, requeijão em pote, requeijão em barra, ricota, manteiga e iogurte.

### **3.2 Avaliação global da empresa**

Foi realizado um diagnóstico ambiental do laticínio. Para isto foram monitoradas todas as linhas de produção e observados aspectos como processo de fabricação, resíduos gerados, volume de água utilizado em cada linha de produção, quantificação do efluente gerado, procedimentos de higienização e avaliação dos desperdícios de matérias-primas.

Foram feitas visitas técnicas à unidade industrial em estudo durante três semanas em março de 2007, para realização do diagnóstico, aplicando-se um questionário e uma lista de verificação para auxiliar na avaliação. Na Tabela 7 é mostrado o questionário aplicado no laticínio como referencial de avaliação e a Tabela 8 mostra a lista de verificação utilizada para avaliação dos pontos críticos de geração de resíduos associados às linhas de produção.

Tabela 7 – Questionário aplicado no laticínio

<b>Aspectos Gerais</b>	
1)	Localização
2)	O laticínio é cadastrado na IMA? a) Sim b) Não c) Outros
3)	Qual volume médio de leite recebido? Qual capacidade instalada de leite por dia no laticínio?
4)	Quais produtos industrializados pelo laticínio? Qual frequência de produção dos produtos por semana?
5)	Qual destino dos produtos industrializados? a) No município b) Outros municípios do Estado de Minas Gerais c) Outros Estados d) Não sabem informar
6)	Como é feito o transporte do leite até ao laticínio?
7)	Qual o número de funcionários? Qual o período de trabalho?
8)	O laticínio faz controle de pragas? a) Não b) Sim.
9)	Presença de animais na área industrial? a) Não b) Sim. Obs.: _____
10)	Presença de telas nas portas e janelas? a) Não b) Sim Se a resposta da questão acima for sim (letra b), qual situação das telas das janelas e portas? a) Ótimo b) Bom c) Regular d) Péssimo Obs.: _____
11)	Aspecto geral do local de fabricação a) Ótimo b) Bom c) Regular d) Péssimo Obs.: _____
12)	Qual estado de conservação de: Paredes e pisos: a) Ótimo b) Bom c) Regular d) Péssimo Obs.: _____ Equipamentos: a) Ótimo b) Bom c) Regular d) Péssimo Obs.: _____ Utensílios e acessórios: a) Ótimo b) Bom c) Regular d) Péssimo Obs.: _____ Válvulas/torneiras/mangueiras: a) Ótimo b) Bom c) Regular d) Péssimo Obs.: _____
13)	Qual equipamento a unidade utiliza para geração de vapor? Qual a capacidade? E quais os combustíveis utilizados?
14)	O laticínio possui câmaras frias?
<b>Capacitação de Funcionários:</b>	
15)	Os funcionários recebem ou já receberam algum treinamento/cursos? a) Não b) Sim. Qual? _____
16)	Em relação ao treinamento, quais os principais fatores limitantes em sua execução? a) Dificuldade para liberar funcionários b) Custos dos treinamentos c) Falta de cursos especializados na região d) Falta de interesse dos funcionários e) Falta de informações sobre cursos f) Dificuldade na identificação de áreas de carência g) Não faz treinamentos h) Outros

Continua...



Tabela 7, Cont.

17)	Dos programas abaixo, qual você conhece? a) Boas práticas ambientais b) Boas práticas de fabricação c) PPHO d) APPCC e) SGA f) Boas práticas agropecuárias g) Outros: especificar
18)	Quais as principais fontes de informação utilizadas pelo laticínio para atualização? a) Jornais e revistas b) Rádio e televisão c) Internet d) Cooperativas e) Instituições de ensino f) Feiras e congressos g) Associações e sindicatos h) Emater i) Outros: especificar
19)	Quais as principais fontes de informação utilizada pelo laticínio? a) Jornais e revistas b) Rádio e televisão c) Internet d) Cooperativas e) Instituições de ensino f) Feiras e congressos g) Associações e sindicatos h) Emater i) Outros: Especificar
<b>Efluentes e Resíduos Sólidos:</b>	
20)	Quais resíduos gerados no laticínio?
21)	Qual destino do soro/leitelho?
22)	O laticínio faz tratamentos de seus resíduos gerados? a) Sim b) Não c) Não, projetos futuros
23)	Se a resposta da questão acima for não (letra b) o que é feito com os resíduos gerados Sólidos: Líquidos:
24)	Sabem das consequências de dispor de forma inadequada estes resíduos gerados?
25)	Acredita que pode causar menos impacto ambiental sem gastar muito?
<b>Água de Consumo (Obtenção da Matéria-Prima e Produção):</b>	
26)	Há tratamento da água? a) Sim b) Não
27)	Em caso afirmativo: a) Com produto a base de cloro b) Com outro produto Especificar _____
28)	Local de tratamento da água a) No reservatório b) Por equipamento de linha Obs.: _____
29)	A empresa tem controle do consumo de água na unidade industrial? a) Não b) Sim. Como é feito?

Continua...

Tabela 7, Cont.

30)	A propriedade tem implantado ou pretende implantar algum programa para redução do consumo de água no laticínio? a) Sim, tem implantado b) Sim, pretende implantar c) Não
31)	Quais as principais dificuldades para redução do consumo de água no laticínio? a) Necessidade de limpeza e higienização dos equipamentos b) O custo da água é muito baixo inviabilizando qualquer tipo de investimento c) Falta de treinamento dos funcionários d) Falta de ferramentas ou programas que auxiliam a redução do consumo

Tabela 8 – Lista utilizada para verificação dos pontos críticos de geração de resíduos associados às linhas de processamento

<b>Linha de Produção</b>	<b>Pontos Críticos</b>
Requeijão em pote	
logurte	
Requeijão em barra	
Manteiga	
Ricota	
Mussarela	

### 3.3 Coleta e transporte das amostras

Durante os meses de abril, junho e novembro de 2007 e maio de 2008 foram coletados um volume de 500 mL de amostras do efluente do laticínio e do corpo receptor a serem analisados. As amostras do efluente global do laticínio foram coletadas de hora em hora até encerramento das atividades. As amostras do corpo receptor foram coletadas três vezes ao dia nos horários de 7, 12 e 15 horas. As amostras do corpo receptor foram coletadas 10 m da jusante e montante.

A análise de temperatura do efluente e das amostras do corpo receptor foi feita no momento da coleta.

Após a coleta diária, as amostras foram mantidas sob refrigeração para sua preservação e posteriormente colocadas em gelo, acondicionadas em caixas isotérmicas e conduzidas ao Laboratório de Análises de Águas

Residuais Agroindustrial do Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFV. Para realização das análises foi feita amostragem composta das amostras coletadas durante o dia do efluente global e da montante e jusante do corpo receptor.

### **3.4 Quantificação do consumo de gua**

Para quantificação do volume de água utilizado em cada linha de produção, foi feita medição da vazão da mangueira utilizada na fábrica, e no momento do processamento foi determinado com cronômetro digital o tempo em que a mangueira permaneceu aberta. O volume de água medido representaria o volume necessário  fabricação de determinado produto, englobando a higienização antes e depois do processo

Para elaboração do hidrograma de vazão, e como a unidade em estudo não possui hidrômetro, em noites anteriores  medição, a bomba foi ligada e encheu-se a caixa de água por completo e no dia seguinte a bomba foi desligada antes do expediente, e não mais ligada até o encerramento das atividades. No intervalo de hora em hora, foi feita a leitura da altura de água na caixa, com auxílio de uma trena. Foi utilizada a mesma metodologia para a caixa de água do gerador de vapor. Após as medidas de todas as alturas e dimensões das caixas foi determinado o volume de água gasto por hora no laticínio ao longo de um dia de processamento. A medição foi repetida novamente em três ocasiões e o resultado impresso como média horária.

### **3.5 Determinaes analíticas**

Para caracterização físico-quimica dos efluentes líquidos foram determinados DQO, a DBO<sub>5</sub>, pH, sólidos totais, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos, óleos e gorduras de amostras do efluente global e montante e jusante corpo receptor.

### 3.5.1 Demanda química de oxigênio (DQO)

A DQO foi determinada conforme descrito em APHA (1995). Foi preparada solução catalítica de 2,6 g de  $\text{AgSO}_4$  em 260 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado e deixou-se em repouso em frasco âmbar por quatro dias para completa dissolução. Foi preparada solução digestora de dicromato de potássio. Foi pesado 5,108 g de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  após secagem em dessecador e colocado em 16,7 g de  $\text{HgSO}_4$  concentrado. Foi dissolvido em 300 mL de água e completou-se para 500 mL. Em tubos próprios foram adicionados 2,0 mL de solução catalítica de sulfato de prata/ácido sulfúrico, 1,5 mL de uma solução digestora de dicromato de potássio e sulfato de mercúrio em meio ácido e 2,5 mL da amostra. O branco foi obtido repetindo o mesmo procedimento, substituindo a amostra por água destilada. Os tubos contendo a amostra e o branco foram colocados em termorreator (TR 300, MARCONI) e mantidos por duas horas a 120 °C, para completa oxidação do resíduo. Com os tubos já resfriados, foi feita a leitura em absorbâncias a 600 nm em *Spectrophotômetro Novaspec II*. O valor da DQO da amostra foi calculado por meio de curva de calibração, empregando-se biftalato ácido de potássio como padrão. O biftalato foi seco em estufa a 105 °C e, posteriormente, dissolvido 850 mg de biftalato em 100 mL de água destilada (solução-mãe). Foram feitas soluções de diferentes concentrações a partir da solução-mãe. O valor teórico de DQO para solução-mãe é de aproximadamente 1000  $\mu\text{g O}_2\cdot\text{mL}^{-1}$ .

### 3.5.2 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>)

Foi determinada conforme descrito em APHA (1995). Os volumes de amostras utilizados na determinação da DBO foram calculados de acordo com o valor da DQO da amostra, a partir da Equação 1.

$$V_{\text{amostra}} (\text{mL}) = \frac{5000}{DQO_{\text{amostra}}} \quad \text{Equação 1}$$

Para preparo da água de diluição, foi colocada água destilada para oxigenar por 20 horas. Foi preparada água de diluição em excesso do

necessário, programado 300 mL de água de diluição para cada alíquota de amostra a ser diluída. A saturação da água com oxigênio foi feita com aerador de aquário. Posteriormente à saturação e após descanso de 30 minutos para cada litro de água saturada foi colocado 1 mL de solução-tampão fosfato, 1 mL de solução de sulfato de magnésio, 1 mL de solução cloreto de cálcio e 1 mL de solução cloreto férrico. Colocou-se o volume calculado da amostra e completou-se até 300 mL com água de diluição. Um frasco foi tampado para evitar bolhas no interior dos mesmos, codificado e incubado por 5 dias a 20 °C. No outro frasco, foi dosado imediatamente o oxigênio dissolvido, com duas repetições, obtendo, assim, a concentração média de oxigênio dissolvido. Após cinco dias foi determinado o oxigênio dissolvido do outro frasco que foi incubado. Este procedimento foi realizado para cada amostra.

Além das amostras foi preparado o branco com água de diluição. O teor de oxigênio dissolvido (OD) foi medido por meio do método titulométrico com tiosulfato de sódio, 0,025 N, e calculado conforme a equação 2.

$$OD = 2 \times V_{\text{tiosulfato}} \times f \quad \text{Equação 2}$$

Para estimativa da  $DBO_5$  foi utilizada a equação 3.

$$DBO_5 = (OD_i - OD_f) \times 1000 / V_a \times f \quad \text{Equação 3}$$

em que

$OD_i$  = oxigênio dissolvido inicial ( $\text{mg.L}^{-1}$ );

$OD_f$  = oxigênio dissolvido final ( $\text{mg.L}^{-1}$ ); e

$V_a$  = volume da amostra.

### 3.5.3 pH

Foi utilizado potenciômetro digital (*Hann Instruments*) com o eletrodo mergulhado diretamente na amostra sem diluição e sob constante agitação no momento da coleta das amostras.

#### **3.5.4 Sólidos totais (ST)**

Foi realizada segundo metodologia descrita por Silva (1997). Alíquotas de 20 mL da amostra foram colocadas em cadinhos de porcelana, previamente secos e tarados; em seguida, colocados em estufa a 105 °C, para secagem completa até peso constante. O teor de sólidos totais foi obtido pela diferença de peso entre o cadinho com o resíduo seco a 105 °C e o cadinho vazio dividido pelo volume da amostra.

#### **3.5.5 Sólidos suspensos (SS)**

Foi realizada segundo metodologia descrita por Eaton *et al* (1995). Alíquotas de 5,0 mL da amostra foram filtradas através de um filtro de fibra de vidro (MILLIPORE AP 20), previamente seco e tarado; em seguida, o filtro foi colocado em estufa a 105 °C, para secagem completa até peso constante. O teor de sólidos suspensos foi obtido pela diferença de peso entre peso do filtro com o resíduo seco a 105 °C e peso do filtro dividido pelo volume da amostra.

#### **3.5.6 Sólidos dissolvidos (SD)**

Foi obtido pela diferença entre o teor de sólidos totais e o teor de sólidos suspensos.

#### **3.5.7 Óleos e gorduras**

Foi utilizado um litro de amostra, que foi previamente acidificada até pH 2,0, com ácido clorídrico 1:1. Posteriormente, a amostra foi transferida para um funil de separação e adicionou 30 mL do extrator hexano. Em seguida, essa solução foi agitada por 2min, seguido de repouso até separação de fase. Foi descartada a fase aquosa e a fase orgânica contendo a gordura foi submetida à centrifugação (1257g). O material centrifugado foi transferido para um balão usado na destilação, passando através de um filtro com 10 g de sulfato de sódio (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Esse balão foi acoplado a um sistema de destilação onde foi realizada a separação do hexano da gordura (APHA, 1995).

### **3.5.8 Temperatura**

Foi analisada a temperatura das amostras no momento da coleta com termômetro (Incoterm) com escala de 0 a 100 °C. O termômetro foi inserido no frasco onde foi coletada a amostra. Esperou a estabilização e foi anotada a temperatura.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Avaliação global do laticínio

A indústria de laticínios em estudo, localizada na Zona da Mata mineira, tem capacidade de recepção de 8000 L.dia<sup>-1</sup>. Atualmente, recebe, em média, 4000 L.dia<sup>-1</sup>, sendo todo o transporte feito em latões. O laticínio produz queijo mussarela, requeijão em barra, requeijão em pote, iogurte, manteiga e ricota. É cadastrada no IMA desde 2000.

A unidade em estudo é uma atividade de preparação do leite e fabricação de produtos de laticínio, que está enquadrada no código D-01-06-6, segundo a DN nº 74 da COPAM, de 9 de setembro de 2004, que estabelece um potencial poluidor M e porte P, classificando o empreendimento como Classe 1, em função da capacidade instalada de 8.000 L.dia<sup>-1</sup> sendo esta atividade passível de autorização ambiental para seu funcionamento.

A Tabela 9 mostra a escala diária semanal para fabricação dos diferentes produtos no laticínio.

A comercialização dos seus produtos ocorre na Zona da Mata mineira, principalmente na região do Vale do Aço (Ipatinga, Coronel Fabriciano, João Molevade, Nova Era, Barão de Cocais e Santa Bárbara), Rio Doce, Ponte Nova, Alvinópolis e Dom Silvério. O regime de trabalho da empresa é de 8 horas por dia, sendo a carga semanal do setor produtivo de sete dias. A empresa possui oito funcionários.



Tabela 9 – Escala semanal de fabricação dos produtos lácteos no laticínio

Produtos	Dias da Semana						
	2 <sup>a</sup> -feira	3 <sup>a</sup> -feira	4 <sup>a</sup> -feira	5 <sup>a</sup> -feira	6 <sup>a</sup> -feira	Sábado	Domingo
Ricota	X	X	X	X	X	X	X
Requeijão em barra	X	X	X	X	X	X	
Requeijão em pote	X	X	X	X	X	X	
logurte	X	X	X	X	X	X	X
Mussarela	X	X	X	X	X	X	X
Manteiga				X			

A estrutura física da unidade é composta pela unidade industrial, unidade administrativa, e local para depósito. No local para depósito, encontram-se desde insumos para a produção, embalagens para os produtos lácteos até produto veterinário. A unidade administrativa é formada por sala de apoio, onde são desenvolvidas atividades administrativas de gerenciamento da organização, satisfazendo as necessidades da indústria. O laticínio possui duas câmaras frias, com capacidades de 13,8 e 55,2 m<sup>3</sup>. A câmara fria de menor capacidade é destinada aos produtos semi-acabados e a de maior capacidade aos produtos acabados e destinados à venda. As telas das janelas estão em péssimas condições. A unidade não possui programa de manutenção dos equipamentos. Os pisos no interior do laticínio estão quebrados. Segundo informações dadas pelo proprietário da empresa, está previsto troca de todos os pisos do laticínio. O laticínio não trabalha com água gelada para resfriamento dos produtos durante o processo de fabricação.

Os funcionários que atuam diretamente na produção usam aventais, toucas e botas brancas. Identificou-se a necessidade do uso de luvas e proteção de boca, já que os empregados têm contato direto com o leite e seus derivados.

Observou-se existência de diferentes funções atribuídas a um determinado funcionário, pois o mesmo encontra-se lotado na produção e também no abastecimento da caldeira, o que pode causar contaminação cruzada.

A água que abastece o laticínio é captada da nascente do córrego Marimbondo, que deságua na Bacia do Rio Doce. Como apenas a sub-bacia do Rio Paraopeba é enquadrada na Bacia Rio Doce, a referência para o

enquadramento passa a ser a Resolução nº 357, contida no Art. 42 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), de 17 de março de 2005. Enquanto não forem aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2; as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação de classe mais rigorosa correspondente (BRASIL, 2005). Dessa forma, o córrego Marimbondo é classificado como classe 2.

A água do córrego Marimbondo é captada pelo laticínio por gravidade, para uma caixa de concreto, de onde é enviada para uma segunda caixa por meio de uma bomba centrífuga. A segunda caixa possui duas camadas de areia cada uma, com 30 cm, sendo a primeira com granulometria menor e a segunda maior, além de outras duas camadas de cascalho com 30 cm cada uma. Uma parte da água recebe dosagem de cloro (3 ppm) por meio de um dosador, e vai para uma terceira caixa que serve como reservatório final para o abastecimento da fábrica. A parte que não é clorada vai para outra caixa, sendo destinada para produção de vapor. É feita análise microbiológica semestral desta água. Segundo informações fornecidas pelo proprietário, os resultados obtidos destas análises estão de acordo com valores recomendados pela legislação para o uso de água na indústria de alimentos. As legislações que dispõem sobre estabelecimentos processadores e industrializadores de alimentos (BRASIL, 1997; BRASIL, 2002), recomendam o atendimento a padrões de potabilidade além de condições adequadas de captação, condições de usos e armazenamento da água tendo em vista os riscos que representam para saúde humana. A portaria nº 518, de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) define água potável como água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde. O laticínio possui gerador de vapor que utiliza a madeira como combustível. O gerador de vapor tem capacidade de  $300 \text{ kg.h}^{-1}$ . Foi possível observar que a caldeira constitui grande risco de vida para os funcionários da empresa, uma vez que apresentam partes deterioradas, pontos de corrosão, válvulas danificadas e não é operado por funcionário habilitado. A NR nº13, do Ministério do Trabalho, de 8 de junho de 1978, estabelece todos os requisitos técnicos-legais relativos à instalação, operação e manutenção de geradores de

vapor e vasos de pressão, de modo a se prevenir a ocorrência de acidentes do trabalho. De acordo com esta norma, para operação de tais equipamentos é preciso ser habilitado e o gerador de vapor possuir manutenção periódica. Da mesma forma a norma obriga que sejam feitas inspeções periódicas em período inferior a 12 meses, para garantir segurança e proteção. Na Figura 2 é mostrada a caldeira do laticínio e depósito de cinzas.



Figura 2 – Caldeira do laticínio e depósito de cinzas.

As cinzas geradas na fornalha são armazenadas perto da mesma, durante uma semana, e depois espalhadas no solo da propriedade.

A madeira que é utilizada como combustível pelo laticínio para operar a caldeira, encontra-se armazenada a céu aberto, sem nenhum tipo de proteção, como pode ser visto na Figura 3.



Figura 3 – Local onde são armazenadas as lenhas.

O leite chega no período da manhã, entre 7 horas e 11 horas e 30 minutos. O caminhão responsável pelo transporte é terceirizado e o acondicionamento do leite é feito em latões. O leite é comprado de 52

produtores estabelecidos próximos à região, com produção média diária de leite de 4 a 300 L. O maior volume recebido de leite, 300 L, vem da produção do proprietário do laticínio. O estábulo da propriedade está localizado a 23 m do laticínio. Não foi observado mau cheiro na unidade em estudo. O Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), de 29 de março de 1952, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, no Art. 35 consta que estabelecimento de leite e derivados, comuns a todos os estabelecimentos, devem estar localizados em pontos distantes de fontes produtoras de mau cheiro (BRASIL, 1952).

A acidez do leite é verificada na plataforma de recepção pelo teste do alizarol. O teste é realizado somente para o leite destinado à fabricação de iogurte. Segundo relato dos funcionários, o leite destinado para elaboração dos outros produtos não há necessidade dessa avaliação. Posteriormente, o leite passa por filtração (Figura 4), realizada de maneira artesanal na própria plataforma de recepção.



Figura 4 – Processo de filtração do leite no laticínio.

Observou-se presença de gatos na plataforma de recepção. O RIISPOA, de 29 de março de 1952, em parágrafo único, menciona a proibição da permanência de cães e gatos e de outros animais estranhos no recinto dos estabelecimentos (BRASIL, 1952)

A higienização é uma operação importante para segurança e qualidade dos alimentos, sendo a mesma dividida em duas etapas: a limpeza e a sanitização. Na plataforma de recepção foi observado que é realizada somente

a etapa de limpeza. Os funcionários que trabalham na plataforma realizam várias atividades em conjunto, dentre elas receber e manusear os latões de leite. Os mesmos funcionários, alegando que o leite não filtra a baixas temperaturas, introduzem a mão no dispositivo de filtragem, a fim de facilitar a operação, não sendo realizado nenhum procedimento de higiene entre uma atividade e outra. Após a descarga, os latões são lavados para nova coleta.

Observou-se vazamento de grandes quantidades de leite nas tubulações da plataforma que conduz o leite para o interior da fábrica. O piso da plataforma encontra-se quebrado, o que dificulta a limpeza. Além disso, constitui grande risco de contaminação cruzada da matéria-prima e de acidentes (Figura 5)



Figura 5 – Aspecto da plataforma de recepção do laticínio.

O Fluxograma geral esquematizando o processo industrial é representado na Figura 6.



Figura 6 – Fluxograma do processo industrial do laticínio.

Devido às diferenças verificadas e os pontos críticos detectados, as linhas de processamento foram individualmente analisadas (Tabela 10).

Tabela 10 – Pontos críticos de geração de resíduos detectados nas diferentes linhas de processamento

<b>Linha de Processamento</b>	<b>Pontos Críticos Detectados</b>
Iogurte	Higienização ineficiente e falta de padronização Funcionários sem acessórios adequados Desperdício de água proveniente da camisa dupla Equipamentos de envase danificado Desperdício durante o envase
Mussarela	Higienização ineficiente e falta de padronização Funcionários sem acessórios adequados Falta de higiene pelos funcionários (massas caem no chão e retornam ao processo) Descarte de salmoura e soro de forma inadequada Desperdício de água proveniente da camisa dupla
Manteiga	Higienização ineficiente e falta de padronização Funcionários sem acessórios adequados Descarte inadequado do leitelho
Ricota	Higienização ineficiente e falta de padronização Funcionários sem acessórios adequados Desperdício de ricota
Requeijão em barra	Higienização ineficiente e falta de padronização Funcionários sem acessórios Falta de vapor
Requeijão em pote	Higienização ineficiente e falta de padronização Funcionários sem acessórios Falta de vapor

Verificou-se de forma contínua e reiterada deficiência nas etapas de higienização de todas as linhas de produção. Funcionários desprovidos de acessórios como máscara de proteção de boca e nariz. O RIISPOA, de 29 de março de 1952, no Art. 81, menciona que o pessoal que trabalha com produtos comestíveis, desde o recebimento até a embalagem, deve usar uniformes próprios e limpos, inclusive gorros, aprovados pelo Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA) (BRASIL, 1952).

Existe desperdício muito grande de água limpa proveniente dos tanques de camisa dupla, que é utilizada principalmente nos processamentos de iogurte e mussarela. O gasto ainda é maior pelo fato do laticínio não possuir água gelada para tais processos.

Foi observada perda de iogurte durante o envase nas embalagens de 140 g, denominada “chupetinha”. O problema ocorre devido à falta de manutenção no equipamento responsável pelo envase.

Há grande desperdício de ricota que cai no chão, principalmente pela rapidez na condução de atividades pelos funcionários.

É descartado um volume de 500 L de salmoura de três em três meses juntamente com o efluente global. Sabe-se que a salmoura é composta basicamente por água e cloreto de sódio; no entanto, durante a salga são realizadas trocas entre a solução e o queijo, que resultam na passagem de substâncias solúveis do queijo (proteínas, sais minerais, lactose, ácido láctico, etc.) para a salmoura. Também pode ocorrer a contaminação microbiológica, proveniente da microbiota natural do queijo ou de outras fontes (pessoal, materiais, água, etc.). O descarte de grandes quantidades de salmoura no efluente final resulta em aumento da carga orgânica e da condutividade, uma vez que essa solução é rica em sólidos suspensos, microrganismos, sais de cálcio, magnésio, lactose e ácido láctico, etc.

Aproximadamente 60 % do soro de leite são colocados no tanque para produção de ricota e os outros 40 % descartados juntamente com efluente da indústria, contribuindo, assim, para o aumento da carga orgânica.

O soro e o leiteiro provenientes da ricota e da manteiga, respectivamente, são eliminados juntamente com o efluente global. Na unidade estudada, o coeficiente de produção do leiteiro é de  $1,72 \text{ L.kg}^{-1}$  de manteiga processada, enquanto o de soro da ricota é de  $37,3 \text{ L.kg}^{-1}$  de ricota processada.

Na Tabela 11 são mostrados produtos químicos utilizados no laticínio para higienização diária.

Tabela 11 – Produtos químicos utilizados para limpeza no laticínio

<b>Produto</b>	<b>Princípio Ativo/Agente</b>	<b>Consumo</b>
Hipoclorito	Cloro 10,0 %	2 kg.dia <sup>-1</sup>
Detergente de limpeza geral	Ácido dodesil benzeno sulfônico, pH 7	1 L.dia <sup>-1</sup>
Detergente para as mãos	Cloreto de benzolcônico, pH 7	100 mL.dia <sup>-1</sup>
Detergente ácido	Ácido nítrico	170 mL. dia <sup>-1</sup>
Solução de cloreto de cálcio	Cloreto de cálcio, 40 %	6,8 L.dia <sup>-1</sup>
Soda cáustica	Hidróxido de sódio	1,20 kg.dia <sup>-1</sup>
Água	Cloro, 3 ppm	12,800 L.dia <sup>-1</sup>

Os resíduos líquidos gerados no laticínio são lançados diretamente em um corpo receptor, córrego Marimbondo. Este córrego localiza-se a 60 m do laticínio. A Figura 7 mostra o efluente antes do lançamento no corpo receptor.



Figura 7 – Efluente antes do lançamento no corpo receptor.

Os efluentes líquidos gerados no estábulo localizado nas dependências da unidade em estudo também são lançados no córrego Marimbondo (Figura 8). O ponto de lançamento deste efluente situa-se na montante do ponto de lançamento do efluente do laticínio.





Figura 8 – Estábulo nas dependências do laticínio.

O esgoto sanitário do laticínio é depositado em tanques sépticos, observando-se que não há mistura com os resíduos da fábrica. As Figuras 9, 10 e 11 mostram o aspecto do córrego no ponto de lançamento do efluente global, 10 m na montante e na jusante do córrego Marimbondo, respectivamente.



Figura 9 – Ponto de lançamento no corpo receptor.



Figura 10 – Corpo receptor 10 m na montante.



Figura 11 – Corpo receptor 10 m na jusante.

Os resíduos sólidos gerados no laticínio são compostos basicamente de embalagens plásticas, papeis do escritório, embalagens de produtos químicos, aparas de queijos, lixo dos banheiros e cinzas de caldeiras.

Os resíduos sólidos gerados no laticínio como papelão e plásticos são queimados no final do dia, em um determinado local, de forma não controlada. Na Figura 12 é mostrada a queima destes sólidos.

Durante a aplicação de questionário com os funcionários responsáveis pelo processo produtivo, incluindo o proprietário, foram obtidas informações extremamente úteis no que diz respeito aos assuntos relacionados à geração



Figura 12 – Queima descontrolada de resíduos sólidos.

de resíduos e impactos ambientais. Verificou-se que não existe preocupação com questões ambientais e nem o mínimo de esforço para minimizar a geração de resíduos e o uso racional de água.

Observou-se também falta de informações gerais; como os funcionários acreditam que os efluentes líquidos, juntamente com o soro, leite e pedaços de queijos não causam mal quando lançados no corpo receptor, pois ficam diluídos ou desaparecem.

#### **4.2 Aspectos e impactos ambientais observados**

Sabe-se que os principais impactos ambientais das indústrias de laticínios estão relacionados ao lançamento dos efluentes líquidos, à geração de resíduos sólidos e emissões atmosféricas, geralmente sem nenhum tipo de controle ou tratamento.

Um aspecto ambiental definido na norma BR ISO 14001 é “um elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente”, podendo envolver, por exemplo, descarga, emissão, consumo ou reutilização de um material, ou ainda ruído emitido por uma atividade. Um impacto ambiental é a alteração no meio ou em algum de seus componentes por determinada ação ou atividade. Desta forma, estas

alterações precisam ser quantificadas e, ou, qualificadas, pois apresentam variações relativas, podendo ser positivas ou negativas, grandes ou pequenas.

O laticínio lança os efluentes gerados sem nenhum tratamento prévio no córrego Marimbondo, que deságua no Rio Doce, aumentando a carga orgânica do corpo receptor e, assim, contribuindo para impacto ambiental hídrico. De acordo com a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, em seu Art. 34, estabelece que efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou Indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam as condições e os padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis (BRASIL, 2005)

Os maiores contribuintes para a carga orgânica no efluente do laticínio são o soro e o leite, quando lançados juntamente com o efluente, o que aumenta drasticamente sua carga orgânica.

Observou-se que os equipamentos não são periodicamente ajustados por pessoal treinado e responsável pelo seu funcionamento, não tendo, portanto, um programa de manutenção de equipamentos para melhoria do processo e minimização de resíduos. Com isto, tem-se aumento significativo em termos principalmente da presença de matéria orgânica no efluente final.

As cinzas geradas e seu destino atual, assim como a queima dos resíduos sólidos contribuem para poluição do solo. A Tabela 12 descreve quais aspectos ambientais e impactos ambientais foram observados na unidade em estudo.

### **4.3 Consumo de água**

O consumo de água é variável com o tipo de indústria, as técnicas, os processos e equipamentos utilizados nas etapas de processamento.

O coeficiente médio de consumo de água na unidade industrial em estudo foi de 3,2 L.L<sup>-1</sup> de leite processado. Resultados semelhantes foram encontrados por Machado *et al* (2002), avaliando indústrias com capacidade de recebimento e processamento de leite entre 10000 e 20000 L.dia<sup>-1</sup>, nas quais os coeficientes de consumo de água variaram entre 3,0 e 4,5 L.L<sup>-1</sup> de leite processado.

Tabela 12 – Aspectos ambientais e impactos ambientais gerados em cada atividade na unidade em estudo

<b>Atividade/Produto/Serviço</b>	<b>Aspectos Ambientais</b>	<b>Impactos Ambientais</b>
Transporte/Recepção	Descarga de efluentes líquidos e sólidos, sujidades vinda dos latões. Descarga de efluentes líquidos provenientes do processo de limpeza Movimentação de cargas e descargas de veículos, latões.	Contaminação da água, contaminação da águas e desconforto pelos funcionários.
Manteiga	Descarga de efluentes líquidos, provenientes do processo e lavagens. Resíduos sólidos contendo restos de manteiga, embalagens.	Contaminação da água, contaminação do solo e poluição atmosférica.
Queijo Mussarela	Descarga de efluentes líquidos, provenientes do processo e lavagens. Resíduos sólidos contendo massas de mussarela, embalagens.	Contaminação da água, contaminação do solo e poluição atmosférica.
Requeijão	Descarga de efluentes líquidos, provenientes do processo e lavagens. Resíduos sólidos contendo restos de requeijão, embalagens.	Contaminação da água, contaminação do solo e poluição atmosférica.
Iogurte	Descarga de efluentes líquidos, provenientes do processo e lavagens. Resíduos sólidos contendo embalagens.	Contaminação da água, contaminação do solo e poluição atmosférica.
Ricota	Descarga de efluentes líquidos, provenientes do processo e lavagens. Resíduos sólidos contendo farelo de ricota, embalagens.	Contaminação da água, contaminação do solo e poluição atmosférica.
Administração	Resíduos de papeis	Contaminação do solo e poluição atmosférica.
Madeira	Armazenamento inadequado	Poluição atmosférica
Gerador de Vapor/Fornalha	Queima de lenha, produção de cinzas e gases.	Poluição atmosférica, poluição do solo e poluição sonora.

Por outro lado, Silva (2006) encontrou coeficiente de consumo de água de 6,1 L.L<sup>-1</sup> de leite processado em uma indústria de laticínios de pequeno porte, localizado na Zona da Mata mineira. Entretanto, Castro (2007),

realizando estudo no mesmo laticínio, em épocas diferentes, encontrou coeficiente de consumo de água médio de  $5,7 \text{ L.L}^{-1}$  de leite processado.

Carawan e Stengel (1996) relatam que em programas efetivos de redução de poluição consegue-se minimizar em até 25 % o consumo de água e, conseqüentemente, a geração de resíduos.

Braile e Cavalcanti (1979) afirmam que as maiores fontes de despejos líquidos da indústria de laticínios estão geralmente contidas na área de elaboração e embalagem do produto final. Complementam que, de um modo geral, as águas de lavagens correspondem ao mesmo volume de leite processado, e, para fábricas que processam vários produtos, têm-se um coeficiente de geração de efluente de 1,1 a  $6,8 \text{ L.L}^{-1}$  de leite processado.

Strydon (1997), no Projeto Minas Ambiente, cita que o valor da relação entre a vazão de efluentes líquidos e vazão de água consumida pelos laticínios costuma situar-se entre 0,75 e 0,95. Na unidade avaliada, o valor encontrado da relação foi de 1,09.

A utilização de processos tecnológicos de produção de alimentos que reduzam a quantidade de água e, conseqüentemente, a produção de efluentes é de grande importância, e coerente com o modelo de desenvolvimento sustentável que preserve o meio ambiente onde está instalada a unidade industrial.

Menezes (1999) considera ainda que reduzir a poluição por meio do uso racional de matéria-prima, água e energia significa mais uma opção ambiental econômica e definitiva. Diminuir os desperdícios implica em maior eficiência na produtividade e menores investimentos em soluções de problemas ambientais. Os produtos finais podem ficar mais baratos e, conseqüentemente, mais competitivos.

Na Figura13 encontra-se o hidrograma de vazão do consumo de água utilizada no laticínio.

No gráfico observa-se o comportamento da média da vazão de água utilizada durante o dia. Pode-se observar que o pico máximo de consumo de água ocorreu no período da manhã, ou seja, entre 9 e 10 horas. Entre as 12 e 13 horas, este consumo decresce e volta a aumentar no final do expediente. Este comportamento é explicado principalmente em função da limpeza que ocorre no intervalo de maior pico e o menor consumo que acontece durante o horário de almoço, com a redução das atividades

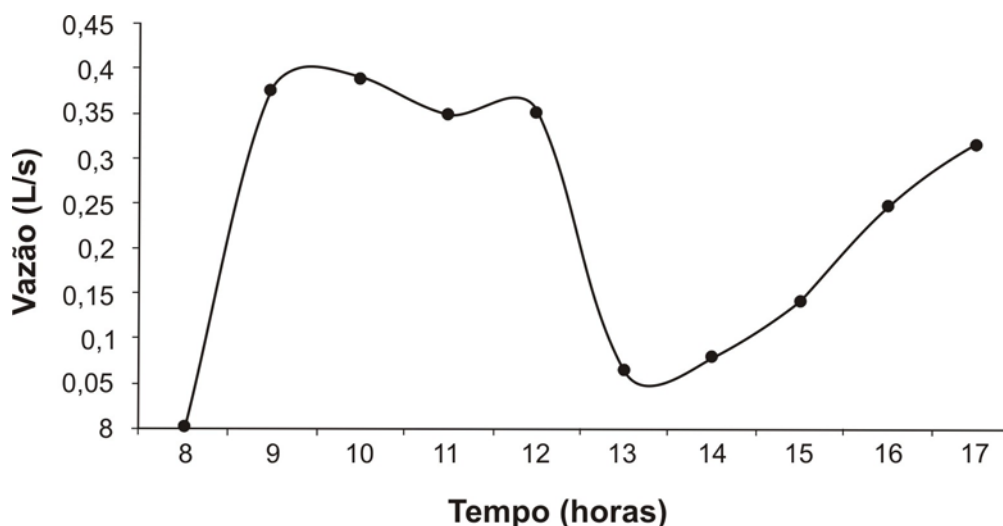


Figura 13 – Hidrograma de vazão de consumo de água no laticínio.

Na Tabela 13 é mostrado o coeficiente do consumo de água e o coeficiente de efluentes gerados por litro de leite processado no laticínio.

Tabela 13 – Volume de água utilizado e efluente gerado por litro de leite processado no laticínio

Atividade/Produto	Coeficiente do Consumo de Água (L. L <sup>-1</sup> )	Coeficiente de Efluente Gerado (L. L <sup>-1</sup> )
Recepção	0,243	0,243
Iogurte	10	10
Manteiga	1,0	1,1
Queijo mussarela	1,55	2,32
Ricota	0,2	1,1
Requeijão (barra)	1,4	1,4
Requeijão (pote)	1,39	1,4

Na Tabela 14 são mostrados alguns valores de coeficiente de consumo de água por litro de leite em outros países.

Comparando-se os valores de água consumida nas Tabelas 13 e 14, pode-se observar que o valor encontrado para a linha de processamento do queijo no laticínio foi inferior aos valores encontrados nos países citados (Tabela 14). Entretanto, o valor encontrado para o processamento de iogurte foi muito superior aos mostrados na Tabela 14. Tal fato se deve à etapa de



Tabela 14 – Água consumida por litro de leite processado de alguns produtos

Produtos	Coeficiente do Consumo de Água* (L.L <sup>-1</sup> )			
	Suécia	Dinamarca	Finlândia	Noruega
Leite e iogurte	0,96 a 2,8	0,60 a 0,97	1,2 a 2,9	4,1
Queijos	2,0 a 2,5	1,2 a 1,7	2,0 a 3,1	2,5 a 3,8
Leite em pó e, ou, produtos líquidos	1,7 a 4,0	0,69 a 1,9	1,4 a 4,6	4,6 a 6,3

\* Inclusive água de resfriamento.

Fonte: CETESB (2006).

resfriamento do iogurte, em que a água entra no tanque de camisa dupla à temperatura ambiente, portanto, requerendo um volume maior de água para o resfriamento do produto.

Na Tabela 15 são mostrados os valores máximos de efluentes gerados no processamento do leite para alguns produtos lácteos.

Tabela 15 – Coeficiente de efluentes gerados na indústria de laticínios por litro de leite processado em diferentes produtos lácteos

Tipo de Produto	Coeficiente de Efluente Gerado (L. L <sup>-1</sup> )
Produtos brancos (leite, cremes, iogurte)	3
Produtos amarelos (manteiga e queijo)	4
Produtos especiais (concentrado de leite ou soro e produtos lácteos desidratados)	5

Fonte: European Commission-Integrated Pollution Prevention and Control (Jan/2006).

Quando se comparam os coeficientes de geração de efluentes entre a Tabelas 13 e 15, nota-se que os valores de efluentes gerados nas linhas de produção no laticínio estudado foram inferiores, com exceção da linha de processamento de iogurte.

A carga orgânica da indústria em estudo foi de 29,7 kg de DBO<sub>5</sub>.m<sup>-3</sup> de leite processado. Machado *et al* (2002) relatam valores de 14,0 kg de DBO<sub>5</sub>.m<sup>-3</sup> de leite processado em laticínios nacionais com características bastante semelhantes ao laticínio estudado. Neste mesmo estudo, foram relatados valores de 6,0 kg de DBO<sub>5</sub>.m<sup>-3</sup> de leite processado em indústrias de laticínios dos EUA e da Nova Zelândia. O valor elevado para carga orgânica encontrada



na indústria estudada é principalmente devido ao descarte inadequado do soro e leiteiro, além do desperdício durante processamento e envase dos produtos.

O valor da carga orgânica com aproveitamento do soro diminui 61,4 %, de acordo com estatística da União Europeia (2006), o que implicaria em custo menor na estação de tratamento, considerando uma redução de aproximadamente 45 % de redução da DBO<sub>5</sub> no efluente final, caso haja aproveitamento do soro produzido (CETESB, 2006).

Com o valor de vazão obtido para efluentes do laticínio de 12,8 m<sup>3</sup>. dia<sup>-1</sup>, DBO<sub>5</sub> de 4632 mg.L<sup>-1</sup> e a carga unitária, ou seja, esgoto gerado por cada habitante/dia de 0,054 kg pode-se estimar o equivalente populacional para o laticínio sendo de 2196 habitantes.

O valor encontrado permite afirmar que a poluição ambiental causada pelo efluente do laticínio equivale à quantidade diária de esgoto produzido em uma cidade com população de 2.196 habitantes. Tal fato caracteriza o potencial poluidor do laticínio.

#### **4.4 Análises do efluente**

Os resultados das análises realizadas do efluente global da indústria em estudo e na montante e jusante do corpo receptor são apresentados na Tabela 16. Nesta tabela também são apresentados alguns valores encontrados para efluentes não-tratados da indústria de laticínios pela Comissão Europeia (CETESB, 2006) e Associação Brasileira de Indústria de Queijo (ABIQ, 2007).

Ao se observar os resultados apresentados na Tabela 16 verifica-se grande variação nas variáveis analisadas, que pode ser explicada em função das diferenças que ocorrem na produção ao longo do dia e no decorrer da semana, bem como pela falta de padronização dos processos de higienização

A determinação das faixas de variações diárias que ocorrem nas características dos efluentes é de fundamental importância para uma estação de tratamento de efluentes, principalmente por processos biológicos, o qual é dependente dessas variações.

Pode-se observar que houve grande variação nos valores de pH do efluente global. Esta variação do pH destes efluentes quando lançados sem tratamento prévio no corpo receptor poderá causar grandes prejuízos

Tabela 16 – Resultados das variáveis analisadas para o efluente global, 10 m na montante e na jusante do corpo receptor e alguns valores encontrados na literatura

Variável	Faixa de Variação				
	(1)*	(2)*	Unidade em Estudo (montante 10 m)	Unidade em Estudo (efluente global)	Unidade em Estudo (jusante 10 m)
pH	5,3 a 9,4	1 a 12	6,42 a 7,05	5,52 a 12,75	6 a 6,73
DBO <sub>5</sub> (mg. L <sup>-1</sup> )	450 a 4790	4000	20 a 3406,3	82,7 a 4632,71	75 a 2025,6
DQO (mg. L <sup>-1</sup> )	500 a 4500	6000	237,32 a 4082,9	917,97 a 6950,6	153,45 a 2082,9
Temperatura (°C)	12 a 40	20 a 30	19 a 21	19 a 47	19 a 23
Gordura (mg. L <sup>-1</sup> )	35 a 500	95 a 550	NR	735 a 1333,5	NR
Sólidos totais (mg. L <sup>-1</sup> )	-	-	80 a 1935,2	5298 a 5350	154,8 a 3935,5
Sólidos totais fixos (mg. L <sup>-1</sup> )	-	-	25 a 256,2	839 a 1318	65,5 a 350
Sólidos totais voláteis (mg. L <sup>-1</sup> )	-	-	50 a 1023	2900 a 4980	64 a 3816
Sólidos suspensos totais (mg. L <sup>-1</sup> )	24 a 5700	100 a 1000	88 a 1530	1812 a 2900	71 a 2055
Sólidos suspensos fixos (mg. L <sup>-1</sup> )	-	-	12 a 174	25 a 108	25 a 165
Sólidos suspensos voláteis (mg. L <sup>-1</sup> )	24 a 5700	100 a 1000	51 a 856	1704 a 2100	85 a 1895

Fonte: (1) European Commission – Integrated Pollution Prevention and Control (Jan./ 2006); e (2) ABIQ (2007).

NR = análises não-realizadas.

ambientais, inclusive com a morte de todas as formas de vidas. Valores baixos de pH foram encontrados durante os processamentos de mussarela e iogurte. O maior valor de pH foi encontrado no horário de limpeza, entre 16 e 17 horas, devido a utilização de soda cáustica. De acordo com a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, o pH de efluentes para serem lançados nos corpos receptores deverão estar entre 5 a 9 (BRASIL, 2005).

Ao se comparar as faixas de variação dos valores de pH do laticínio, verifica-se que os mesmos encontram-se dentro das faixas dos valores encontrados pela Comissão Europeia (CETESB, 2006) e pela ABIQ (2007).

Com relação ao ponto de coleta da montante, o maior valor de pH observado foi às 17 horas. Este fato pode ser explicado pela existência de descarte de efluente proveniente do estábulo sem nenhum tratamento acima do ponto coletado. O maior valor encontrado de pH da jusante foi no período da tarde, entre 13 e 17 horas, quando ocorre o processamento da ricota, requeijão, manteiga e limpeza.

A variação de  $DBO_5$  ocorre em função dos tipos de produtos que são processados, das etapas de higienização e das perdas durante o processo. Kirsh e Looby (1999) citam que até 2 % do leite processado pode ser perdido durante o processamento, contribuindo para carga orgânica no efluente. Entretanto, Wastewater (1999) relata que bons programas de gerenciamento de resíduos podem levar a 0,5 % de perdas de leite. De acordo com Carawan e Stengel (1996), programas efetivos de gerenciamento de resíduos podem reduzir a  $DBO_5$  em até 33 %.

De acordo com Von Sperling (1997), em ambientes naturais não poluídos a concentração de  $DBO_5$  deve ser baixa, na faixa de 1 a  $10 \text{ mg.L}^{-1}$ ; caso o corpo d'água receba poluição orgânica, os valores de  $DBO_5$  devem ser bem mais elevados. De acordo com a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005), as águas para estarem na condição classe 2, por exemplo, devem apresentar  $DBO$  menor que  $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$ . Observa-se na Tabela 17 um valor elevado de  $DBO_5$  para a montante e jusante do corpo receptor proveniente do descarte inadequado do efluente.

A variação da DQO no efluente global e nas amostras da montante e jusante do córrego Marimbondo é respectivamente 917,97 a  $6950,64 \text{ mg.L}^{-1}$ , 237,32 a  $4082,90 \text{ mg.L}^{-1}$  e 153,45 a  $2082,90 \text{ mg.L}^{-1}$ . As faixas de variação

estão dentro das variações encontradas por Afonso *et al.* (2002) e pela Comissão Europeia (2006) para efluentes brutos de laticínios não-tratados.

A Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 1, de 5 de maio de 2008, estabelece as condições de lançamento de efluentes nos corpos d'água um valor de DBO<sub>5</sub> e DQO, respectivamente, de até 60 mg.L<sup>-1</sup> e 180 mg.L<sup>-1</sup>. (MINAS GERAIS, 2008).

O coeficiente DBO<sub>5</sub>/DQO do efluente global do laticínio estudado foi de 0,58. Segundo Machado *et al.* (2002), os efluentes líquidos brutos (não-tratados) de laticínios apresentam valores de DBO<sub>5</sub>/DQO na faixa de 0,50 a 0,70. Quanto maior for esse valor, maior será a fração biodegradável dos efluentes e mais indicado é o seu tratamento por processos biológicos.

A faixa de variação de temperatura do efluente global foi de 19 a 47 °C. A temperatura é uma variável muito importante na qualidade da água, uma vez que a elevação da temperatura aumenta a taxa das reações químicas e bioquímicas, diminui a solubilidade dos gases como oxigênio dissolvido, causando danos aos organismos (MATOS, 2004). A maior temperatura foi encontrada no período entre 16 e 17 horas, quando ocorre filagem da mussarela e limpeza com água quente. Com relação às variações das amostras da montante e jusante não houve grande variação, conforme mostrado pelos valores da Tabela 16. De acordo com a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2006), a temperatura para lançamento de efluentes nos corpos receptores deverá ser inferior a 40 °C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3 °C na zona de mistura.

A faixa de variação de gordura para o efluente global foi de 735 a 1333,5 mg.L<sup>-1</sup>. O valor encontrado foi superior aos valores obtidos pela Comissão Europeia (2006) e ABIQ (2007) (Tabela 16). Este fato pode ser explicado pelo enorme desperdício que existe dentro do laticínio, principalmente no envase da manteiga e do requeijão, no descarte do leite e a falta de padronização da higienização.

A pequena solubilidade de óleos e graxas constitui fator negativo no que se refere à sua degradação em unidades de tratamento de despejos por processos biológicos. A presença de material graxo nos corpos d'água, além de acarretar problemas de origem estética, diminui a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico, impedindo, dessa maneira, a transferência

do oxigênio da atmosfera para a água. Os óleos e as graxas em seu processo de decomposição reduzem o oxigênio dissolvido, elevando a DBO<sub>5</sub> e a DQO, causando alteração no ecossistema aquático. Na legislação brasileira, Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005), a recomendação de concentração de óleos vegetais e gorduras animais é até 50 mg/L e ausência de materiais flutuantes.

O valor encontrado para sólidos totais da montante do corpo receptor mostra que este se encontra com uma quantidade bastante significativa de sólidos antes da descarga do efluente do laticínio. Este fato é explicado pelo lançamento de efluentes do estábulo, que contribui para o aumento de sólidos totais e a diminuição de oxigênio dissolvidos desta água.

A faixa de variação de sólidos do efluente de laticínio estudado foi de 5298 a 5350 mg.L<sup>-1</sup> para sólidos totais e de 1.812 a 2900 mg.L<sup>-1</sup> para totais suspensos, respectivamente, estando muito superiores aos valores encontrados por Kong *et al* (2000), que são de 1017 a 2261 mg.L<sup>-1</sup> para sólidos totais e 190 a 366 mg.L<sup>-1</sup> de sólidos suspensos. A diferença acontece principalmente pelo desperdício no laticínio e falta de padronização de processos e higienização, além da descarga dos efluentes líquidos do estábulo. Pode-se notar ainda nos parâmetros avaliados na indústria que há predominância de sólidos voláteis nas amostras o que confirma a presença de matéria orgânica no efluente.

#### **4.5 Medidas mitigadoras**

Na Tabela 17 são mostradas as medidas a serem adotadas no laticínio, no sentido de minimizar a geração de resíduos e reduzir os impactos ao meio ambiente.

De acordo com o diagnóstico realizado no laticínio, é possível detectar problemas ambientais decorrentes das linhas de produção. Para eliminar ou até mesmo reduzir estes impactos ambientais foram estabelecidas medidas mitigadoras que trarão como benefícios a redução do impacto ambiental, a redução de custos gerais para o laticínio, bem como a possibilidade de implantação de uma estação de tratamento para seus efluentes líquidos, reciclagem de resíduos sólidos e menor emissões de resíduos.

Tabela 17 – Medidas mitigadoras elaboradas para minimização dos impactos ambientais da unidade em estudo

<b>Atividades/Produto/Serviço</b>	<b>Medidas Mitigadoras</b>
Plataforma de recepção/produtores	Cursos e treinamentos para produtores/funcionários Roupas adequadas para os funcionários Reforma de plataforma Padronização da higienização Manutenção de equipamentos Uso racional da água Destino adequado dos resíduos gerados Funcionário responsável somente para a plataforma
Processamento de iogurte	Treinamentos e cursos para funcionários Padronização da higienização Aproveitamento da água da camisa dupla Equipamento para resfriamento de água Uso racional da água Manutenção de equipamentos Destino adequado dos resíduos gerados
Processamento de ricota	Treinamentos e cursos para funcionários Aproveitamento do soro Padronização da higienização Uso racional de água Manutenção de equipamentos Roupas adequadas para funcionários Destino adequado dos resíduos gerados
Processamento de mussarela	Aproveitamento do soro Manutenção de equipamentos Uso racional de água Padronização da higienização Aproveitamento da água da camisa dupla Roupas adequadas para funcionários Destino adequado dos resíduos gerados
Processamento de requeijão (barra e pote)	Roupas adequadas para funcionários Uso racional de água Padronização da higienização Manutenção de equipamentos Destino adequado dos resíduos gerados Mais controle no envase
Manteiga	Roupas adequadas para funcionários Uso racional de água Padronização da higienização Manutenção de equipamentos Destino adequado dos resíduos gerados Aproveitamento do leite
Gerador de vapor	Roupas adequadas para funcionários Acondicionamento adequado da lenha Funcionário responsável somente para este serviço Manutenção Destino correta das cinzas formadas Filtração adequada dos gases formados
Salmoura	Manutenção Padronização da higienização Aproveitamento Descarte adequado

A falta de padronização na higienização é um dos fatores importantes na geração de resíduo-efluentes. A limpeza manual, realizada de forma inadequada, resulta em consumo excessivo de água e de produtos de limpeza, gerando grande volume de efluentes. É necessária elaboração de procedimentos padrões de higiene operacional (PPHO), operacionais com treinamento do pessoal, assim como boas práticas de fabricação (BPF). Com implantação destes programas serão possíveis reduções do consumo de água, do volume e da carga do efluente e também do consumo de produtos de limpeza. Recomenda-se, ainda, optar por produtos de limpeza que agredam menos o meio ambiente, dando preferências aos detergentes biodegradáveis.

Na plataforma de recepção os pisos deverão ser reformados. Recomenda-se um programa efetivo de manutenção dos equipamentos e principalmente das tubulações que circulam o leite, pois perdas e derramamentos de matéria-prima além de representar um custo para o laticínio estão diretamente relacionados ao aumento da quantidade e da carga poluidora do efluente líquido. Isso representa aumento nos custos do tratamento do efluente

É preciso que seja designado um funcionário exclusivamente para plataforma de recepção e outro para operação da caldeira, a fim de garantir a qualidade e segurança dos funcionários e produtos. É preciso maior controle de animais na área industrial e assim atender os requisitos estabelecidos na RIISPOA.

É necessário tratamento adequado do efluente líquido industrial e daqueles provenientes do estábulo nas proximidades antes do lançamento nos corpos receptores, atendendo assim a legislação e contribuindo para preservação do meio ambiente.

Devido as características orgânicas do efluente industrial sugere-se tratamento biológico. O tipo escolhido dentre as variações deste tratamento dependerá de disponibilidade de área e recursos disponíveis para tal.

A implantação do programa de manutenção periódica da caldeira atendendo à NR nº 13 e garantindo segurança aos funcionários.

O gerador de vapor deve ser provido de equipamentos de controle de poluentes para redução das emissões de material particulado e gases de acordo com a melhor tecnologia disponível, a fim de atender à Deliberação Normativa COPAM nº 11, de 16 de dezembro de 1986 (MINAS GERAIS, 1987).

A utilização de madeira, de qualquer procedência, está também sujeita à autorização e registro no Instituto Estadual de Floresta (IEF), do consumidor de lenha, que deverá providenciar a Certidão de Registro de Consumidor de Lenha e do fornecedor de lenha, que deverá portar o Guia de Controle Ambiental (GCA). Segundo o proprietário, ele possui autorização e registro no IEF para queima da madeira, para evitar desmatamento ilegal.

As madeiras para combustível do gerador de vapor precisam ser acondicionadas em local adequado, coberto e longe de umidade, permitindo maior aproveitamento desta como combustível, e com menos produção de fuligem no momento da queima, causando menos impacto ao meio ambiente e redução de gastos com combustível. Sabe-se que as cinzas podem melhorar as características do solo, mas em quantidades excessivas podem causar o desequilíbrio mineral, causando perda de produtividade. Tal prática deve ser acompanhada por agrônomo ou especialista, além de serem feitas análises periódicas do solo.

Recomenda-se providenciar local próprio para produtos químicos e produtos veterinários.

Com relação aos resíduos sólidos, a alternativa seria a coleta seletiva, com venda posterior, e geração de benefícios para os funcionários. As embalagens de produtos químicos devem ser devolvidas às empresas produtoras, por meio de acordos entre ambas as partes. Resíduos sólidos que não-passíveis de reciclagem e, ou, reutilização, deverão ser enviados à coleta pública em parceria com a prefeitura do município.

Roupas adequadas para os funcionários são de fundamental importância para a qualidade dos produtos assim como para a saúde dos mesmos.

Sugere-se o aproveitamento das águas provenientes dos tanques de camisa dupla do processamento de iogurte e mussarela. Esta poderá ser coletada e enviada para a caldeira por uma bomba, ou ser reutilizada para o processo de limpeza. O aproveitamento desta água diminuirá o volume do efluente global, reduzindo custos de uma estação de tratamento, além de redução de custos com produto químico e com energia.

Para o uso racional de água, além da conscientização dos funcionários, devem ser colocados em todas as mangueiras sistemas de válvulas de



fechamento de forma a não permitir escoamentos e perdas da não-utilização das mesmas.

Aproveitar o leiteiro e o soro gerados do processamento da ricota, bem como o soro da mussarela para alimentação animal, doação para os produtores/fornecedores de leite e para elaboração de bebidas lácteas fermentadas.

É recomendável, sempre que possível, reaproveitar a salmoura no processo produtivo; porém, caso necessário seu descarte, proceder de maneira gradativa (lenta), de forma a permitir que seja diluída ao máximo antes de entrar no sistema de tratamento de efluentes. O descarte de grandes quantidades de salmoura no efluente final resulta em aumento de carga orgânica e da condutividade, uma vez que esta solução é rica em sólidos suspensos, microrganismos, sais de cálcio, magnésio, lactose e ácido láctico.

Ministrar treinamentos e cursos para os funcionários, conscientizando-os da importância de tanto minimizar a geração de resíduos e quanto à importância de reusar, reciclar e por último tratar.

## 5. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que a indústria de laticínio estudada, apesar de ser de pequeno porte, causa grande impacto ambiental devido o lançamento de seus resíduos no meio ambiente sem qualquer tratamento prévio.

Os maiores contribuintes nas linhas de produção tanto em termos de volume quanto de matéria orgânica no efluente final são o soro, leite e ricota.

Os funcionários do laticínio não possuem consciência de quanto o soro e leite são poluentes e da importância em minimizar os resíduos durante as etapas de processamento.

Observou-se que o efluente produzido na unidade estudada polui o equivalente ao que uma cidade de 2196 habitantes polui diariamente.

Concluiu-se que apesar da média do coeficiente do consumo de água da indústria ser de 3,2 litros de água para cada litro de leite processado, valor bastante próximo aos encontrados em dados da literatura, pequenas mudanças de comportamento e conscientização podem reduzir este valor, a fim de diminuir gastos energéticos e volume de efluente gerado, sem prejudicar a higienização ao longo do processo.

Concluiu-se que existem alguns fatores limitantes para redução de desperdícios, principalmente em pequenos laticínios. Dentre eles, podem ser citados a baixa capacitação, carências de informações operacionais relacionadas aos desperdícios e resíduos gerados, inclusive no controle de processos e

gastos de matérias-primas e insumos, carências de capacitação de mão-de-obra e metodologia para avaliar os resultados de ações de reduções de desperdícios implementadas.

A atual competitividade do setor laticinista mostra que somente as empresas com processos produtivos eficientes, bases sólidas e programas ambientais se sobressairão, visto que essas empresas têm que se encaixar nas novas exigências do mercado consumidor do mercado, independentemente de seu tamanho.

O foco principal é minimizar a geração destes resíduos. Na maioria das vezes não é preciso altos investimentos, apenas mudanças de comportamento, atitude e nas etapas de processamento. Vários tipos de ações podem, portanto, contribuir de forma preventiva para o setor laticínista, com aplicação de instalações simples até a inserção de tecnologias mais modernas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIQ – Associação Brasileira das Indústrias de Queijo. **Dados de produção 2000-2006**. ABIQ, 2007. Disponível em: <<http://www.abiq.com>>. Acesso em: 10 jun. 2008

AFONSO, M. L. C.; PAWLOWSKY, U.; PATZA, M. G. Tratabilidade de despejos de laticínios por lodos ativados. **Brasil Alimentos**, n. 8, p. 34-38, maio/junho, 2002.

APHA. **Standard methods for the examination of waste e wastewater**. 19. ed. Washington, DC: American Public Association, 1995.

BEM-HASSAN.; GHALY, A.E. Continuous propagation of *Kluyveromyces fragilis* in cheese whey for pollution potential reduction. **Sapplied Biochemistry and Biotechnology**, v. 47, p. 89-105, 1994.

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de tratamento de águas residuárias**. São Paulo: CETESB, 1979. 764 p.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre 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**. Brasília-DF: Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Legislação, 204: Norma de qualidade da água para consumo humano. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 10 jun. 2008

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Legislação, 2002. Resolução-RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002: Regulamento técnico de procedimentos operacionais padronizados aplicados aos estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 10 jun. 2008

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Aprova o novo Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal, de 29.3.1952. **Diário Oficial da União**, Brasília, 7 jul. 1952. Seção I, p. 10.785.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 51, de 18.9.2002. **Diário Oficial da União**, Brasília, 20 set. 2002. Seção I, p. 13-22.

CAMPOS, J. R. . Tratamento de Efluentes Líquidos Industriais - UFMG - ABES - Belo Horizonte-MG. 1991. (Curso de curta duração ministrado/Extensão).

CARAWAN, E.; STENGEL, M. J. **Water and wastewater management in a dairy processing plant**. North Caroline: North Caroline Agricultural Extension Service. 1996. Disponível em: <<http://www.bae.ncsu.edu/programs/extension/publicat/wqwm/cd28.html>>. Acesso em: 9 Jun. 2007.

CASTRO, V. C. **Diagnóstico do consumo de água da geração de efluentes e de resíduos sólidos em um laticínios de pequeno porte**. 2007. 52 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Guia técnico ambiental da indústria de produtos lácteos (Série P + L)**. São Paulo: CETESB, 2006. 89 p. (CDROM)

Embrapa Gado de Leite. **Evolução da produção de leite no Brasil, 1991-2007**. Disponível em: <<http://www.cnpqgl.embrapa.br/>>. Acesso em: 3 dez. 2008.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. FEAM. **Iniciação ao desenvolvimento sustentável**. Belo Horizonte: FEAM, 2003. p. 349.

INDI, 2002. **A industria de laticínios brasileira e mineira em números**. Disponível em: <<http://www.indi.mg.gov.br/publicacoes/Laticinios>>. Acesso em: 20 jun. 2007.

INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION (IDF). **Dairy effluents**: legislation on water conservation – water to milk ratios – BOD, COD and TOC relationships; Document 138 (Bulletin). Brussels: IDF, 1981. 16 p.

KIRSH, F. W.; LOOBY, G. P. **Waste minimization assessment for a dairy**. Washington: U.S. Environment Protect Agency, 1999. Disponível em:

<<http://www.es.epa.gov/techinfo/reserch/reduce/rrel420.html>>. Acesso em: 10 jun. 2008.

KONG, A.; LIMA, L. M. M.; CEBALLOS, B. S. O. Comportamento de águas residuárias brutas e tratadas provenientes de uma indústria de laticínios durante um dia de funcionamento. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., Fortaleza, 2000. **Anais...** Fortaleza, 2000. v. III.

MACHADO, R. M. G.; FREIRE, V. H.; SILVA, P. C.; FIGUEREDO, D. V.; FERREIRA, P. E. **Controle ambiental em pequenas e médias indústrias de laticínios**. Belo Horizonte-MG: Projeto Minas Ambiente, 2002. 224 p.

MATOS, A. T. **Manejo e tratamento de resíduos agroindustriais**. Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais. Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, Viçosa-MG, 2004. 120 p. (Série Caderno Didático, 31).

MATOS, A. T. **Qualidade do meio físico ambiental**. Viçosa-MG: Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais. Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, 2004. p. 45-69 (Série Caderno Didático, 33).

MENEZES, R. P. B. **Desenvolvimento e avaliação de modelos de aplicação de** metodologia de produção limpa a partir de balanços globais em processos unitários. 1999. 123 f. Tese (Doutorado em Tecnologias de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

MICKE, P.; BEEH, K. M.; BUHL, R. Effects of long-term supplementation with whey proteins on plasma glutathione levels of HIV-infected patients. **European Journal of Nutrition**, v. 41, p. 12-18, 2002.

MINAS AMBIENTE/CETEC. **Pesquisa tecnológica para controle ambiental em pequenos e médios laticínios de Minas Gerais: estado da arte**. Belo Horizonte: Minas Ambiente/CETEC, 1998. v. 1. Efluentes líquidos, resíduos sólidos e emissões atmosférica.

MINAS AMBIENTE/CETEC. **Pesquisa tecnológica para controle ambiental em pequenos e médios laticínios de Minas Gerais: estado da arte**. Belo Horizonte: Minas Ambiente/CETEC, 1998. 112 p. v. 2. Processo.

MINAS AMBIENTE/CETEC. **Pesquisa tecnológica para controle ambiental em pequenos e médios laticínios de Minas Gerais: estado da arte**. Belo Horizonte: Minas Ambiente/CETEC, 1998. v. 3. Diagnóstico: Síntese.

MINAS GERAIS. Comissão de Política Ambiental. Deliberação Normativa nº 11, de 16 de dezembro de 1986. **Estabelece normas e padrões para emissões de na atmosfera e da outras providências**. Diário do Executivo, Belo Horizonte, 10 de jan. 1987.

MINAS GERAIS. Comissão de Política Ambiental. Deliberação Normativa e Conselho Estadual de Recursos Hídricos nº 01, de 5 de maio de 2008. 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. **Diário do Executivo**, Belo Horizonte, 13 de maio. 2008.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação Normativa nº 74, de 9 de setembro de 2004. **Diário do Executivo**, Minas Gerais. 2 outubro. 2004.

MISTRY, V. V.; METZGER, L. E.; MAUBOIS, J. L. Use of ultrafiltered sweet buttermilk in the manufacture of reduced fat Cheddar cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 79, p. 1137-1145, 1996.

MOINHOS, R. **Copam tenta enquadrar laticínios mineiros**. Diário do Comércio, publicado em 25 de Junho de 2008.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2. ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 1, 1997. 416 p.

PAOLUCCI, A. A. P. **Formulação de um meio de cultura á base de soro de queijo para a produção de *Lactococcus lactis ssp. Lactis***. 1991. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1991.

PEREIRA, M. F.; CUNHA, M. S.; PEREIRA, L. F. **Tecnologias limpas**: uma postura empresarial. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17., São Paulo-SP, 1997. **Anais...** São Paulo: ENEP, 1997. (CDROM)

PONSANO, E. H. G.; PINTO, M. F.; CASTRO-GOMEZ, R. J. H. Soro de leite: obtenção, características e aproveitamento: revisão semina. **Ci. Agr.**, Londrina, v. 13, n. 1, p. 92-96, mar. 1992.

PREVENTION OF POLLUTION IN THE DAIRY INDUSTRY. Barcelona-Espanha: Regional Activity Centre for Cleaner Production (RAC/CP). Mediterranean Action Plan. May 2006. Disponível em: <<http://www.cema-sa.org>>. Acesso em: 10 jun. 2008.

QUEZADA, R.; PIERRE, C. V. **Gestão ambiental empresarial**. Rio de Janeiro: Sebrae-RJ, Cidade Universitária, UFRJ, nov. 1998 (4 módulos).

ROSANELI, C. F.; BIGHETTI, A. E.; ANTÔNIO, M. A.; CARVALHO, J. E.; SGARBIERI, V. C. Efficacy of a whey protein concentrate on the inhibition of stomach ulcerative lesions caused by ethanol ingestion. **Journal of Medicinal Food**, v. 5, p. 221-228, 2002.

SEBRAE. **Curso básico de gestão ambiental**. Brasília: Sebrae, 2004. 111 p.

SEBRAE/SILEMG/FAEMG. **Diagnóstico da indústria de laticínios do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte-MG: Sebrae-MG, 1997. 270 p.

SGARBIERI, V. C.; PACHECO, M. T. B. Alimentos funcionais fisiológicos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 2, p. 7-19, 1999.

SILVA, C. A. B.; ANDRADE, N. J.; SPROESSER, R. L. Aplicação de técnicas de inteligência artificial na indústria de laticínios: um protótipo de sistema especialista para recomendação de procedimento de limpeza e sanitização. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 45, n. 289, p. 10-13, ago.1997.

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

SISO, M. I. G. The biological utilization of cheese whey: a review. **Bioresource Technology**, v. 57, p. 1-11, 1996.

STRYDOM, J. P.; MOSTERT, J. F.; BRITZ, T. J. Two-phase anaerobic digestion of different dairy effluents using a hybrid bioreactor. **Water SA**, v. 23, n. 2, p. 151-155, 1997.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. v.1, Belo Horizonte-MG: UFMG, 1996, 243 p.

WASTEWATER. Vienna: UNIDO, 1999. Disponível em: <<http://www.org/ssites/env/sectors/sectors23ab.html>>. Acesso em: 19 jun. 2007.

WIT, J. N. Nutritional and functional characteristics of whey proteins in food products. **Journal of Dairy Science**, v. 81, p. 597-608, 1998.

ZACARCHENCO, P. B.; VAN, D. A. G.; SPADOTI, L. M.; MORENO, I. Soro de leite: de problema ambiental a solução para tratamento de doenças. **Revista Leite e Derivados**, n. 106, p. 138, 2008.