

DANILO JOSÉ PEREIRA DA SILVA

SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL PARA A INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

Tese 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 *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011

DANILO JOSÉ PEREIRA DA SILVA

SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL PARA A INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

Tese 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 *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 6 de maio de 2011.

Prof. Cláudio Mudado Silva

Prof. Cláudio Furtado Soares

Prof^a. Vanessa Riani Olmi Silva

Prof. Nélio José de Andrade
(Co-orientador)

Prof. Frederico José Vieira Passos
(Orientador)

A Deus.

À minha filha Júlia.

À minha esposa Rosária.

Aos meus pais Elias e Maria do Carmo.

Aos meus irmãos Sinval e Eni.

À minha avó Geraldina.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que sempre ilumina o meu caminho e me concede saúde, paz, serenidade e força para realizar meus projetos de vida.

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Tecnologia de Alimentos, pela excelente formação e oportunidades concedidas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento do projeto de pesquisa.

Ao professor Frederico José Vieira Passos, pela oportunidade, amizade, dedicação, ensinamentos durante os cinco anos de orientação, ótima convivência e valiosa colaboração na realização desse trabalho.

Ao professor Nélio José de Andrade, pela amizade, convivência e valiosos ensinamentos e sugestões.

Ao professor Cláudio Mudado Silva, pela contribuição e valiosas sugestões na realização desse trabalho.

Ao Professor Ismael Maciel de Mancilha, pelas sugestões, conselhos e colaboração na realização desse trabalho.

Ao professor José Luís Braga, pelas sugestões e contribuição na realização desse trabalho.

À professora Vanessa Riani Olmi Silva, pela colaboração na realização desse trabalho.

A todos os professores do Departamento de Tecnologia de Alimentos, pelos ensinamentos e amizade.

Aos professores do Departamento de Engenharia Agrícola, Antônio Teixeira Matos e Alison Borges, pela amizade e ensinamentos.

Aos amigos, Arthur, Breno, Gustavo, Marcel, Pedro e Saulo, pela convivência e valiosa contribuição na realização deste trabalho.

À equipe de desenvolvedores da CEAD: Edson, Eduardo, João, Lucas, Márcio, Roberto, Tiago, Timóteo, Ueverson, pela amizade e valiosa colaboração na execução desse trabalho.

Aos estagiários do laboratório e da CEAD, Ana Paula, Amanda, Betânia, Caio, Daniela, Deyse, Eridan, Mara, Rafaela, Robson, Tiago, Vinícius, Viviane, e Wesley, pela valiosa contribuição na realização desse trabalho.

Aos companheiros da pós, Silvane, Orlando, Thais, pela amizade, sugestões e incentivo.

A todos os funcionários do Laticínio Funarbe e em especial ao Adalto, Adilson, Aristides, Ernesto, Geraldo, José Carlos, José Silvério, Luiz, Maria Helena, Nélio e Setenta, pela valiosa colaboração.

Aos proprietários e colaboradores dos laticínios onde foram realizados os estudos: Ademir, Antônio Valente, Antônio Ventura, Carlos, Geraldo Maciel, Gerardo, João Bosco, Mauro, Rafael, Ricardo e Warley, que cederam o espaço e seu valioso tempo, sendo fundamentais para a realização desse trabalho.

Aos Laticínios Casa do Queijo, Chapada, Cocatrel, Funarbe, Godiva, Mais Vida, Minas Colonial e Sabor de Minas, por conceder o espaço para o levantamento das informações.

Aos avaliadores do programa, pelas sugestões e pela valiosa contribuição na realização deste trabalho.

A todos os funcionários do Departamento de Tecnologia de Alimentos, em especial a Geralda, Vaninha, Adão e Juarez.

À equipe da Gestão Láctea: Breno, Érica, Juliano, Karina, Letícia, Raquela e Sival.

À amiga Luciana e ao amigo Rodrigo, pela amizade e pelos incentivos nessa longa caminhada que partiu da graduação.

À minha filha Júlia, que me renova a cada dia o prazer de viver e me dá força para lutar por dias melhores.

À minha esposa Rosária, pelo carinho, amor, convivência e compreensão incondicional, compartilhando os momentos agradáveis e difíceis.

Aos meus pais, Elias e Maria do Carmo, pelo amor, oportunidade, estímulo e formação, que foram fundamentais em minha vida acadêmica e social.

Aos meus irmãos Sival e Eni pela amizade, estímulos e apoio constantes.

À minha avó, Geraldina, pelo incentivo, apoio e ensinamentos.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o êxito deste trabalho.

Biografia

Danilo José Pereira da Silva, filho de Elias Pereira da Silva e Maria do Carmo Sant' Ana Silva, nasceu em Ervália, Minas Gerais, no dia 1º de dezembro de 1978.

Em janeiro de 2004, graduou-se como Engenheiro de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

Em março de 2004, iniciou o curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Biotecnologia e Fermentações Industriais, obtendo o título de mestre em maio de 2006.

Iniciou, em maio do mesmo ano, o curso de Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Biotecnologia e Fermentações Industriais.

CONTEÚDO

LISTA DE FIGURAS	X
RESUMO.....	XIII
ABSTRACT.....	XV
1- INTRODUÇÃO	1
2- REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1- CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS.....	4
2.2- CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS GERADOS NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS	5
<i>2.2.1- Efluentes Líquidos</i>	<i>6</i>
<i>2.2.2- Resíduos sólidos</i>	<i>14</i>
2.3- RECUPERAÇÃO E PROCESSAMENTO DE SUBPRODUTOS.....	15
2.4- GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS.....	17
2.5- REDUÇÃO DO CONSUMO E REUSO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS	18
2.6- USO DAS NOVAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (NTIC).....	21
CAPÍTULO 1: RECIRCULAÇÃO E REUSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS, COM E SEM REGENERAÇÃO, NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS.....	26
1- INTRODUÇÃO	26
2- OBJETIVOS.....	27
2.1- OBJETIVO GERAL	27
2.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	27
3- METODOLOGIA	27
3.1- CARACTERÍSTICAS DAS LINHAS.....	28
<i>3.1.1- Linha de pasteurização de leite.....</i>	<i>28</i>
<i>3.1.2- Linha de envase de leite pasteurizado</i>	<i>29</i>
3.2- PROCEDIMENTO DE PREPARO E CORREÇÃO DA SOLUÇÃO ÁCIDA.....	32
3.3- AVALIAÇÃO DAS SOLUÇÕES DE ENXÁGUE	33
3.4- AVALIAÇÃO DAS SUPERFÍCIES DOS EQUIPAMENTOS	33
3.5- MÉTODOS ANALÍTICOS.....	33
<i>3.5.1- Análises físico-químicas para qualidade de água</i>	<i>33</i>
<i>3.5.2- Análises microbiológicas</i>	<i>34</i>

4- RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
4.1- PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	35
4.1.1- <i>Variação da alcalinidade e acidez das soluções CIP's e de seus respectivos enxágues.....</i>	<i>35</i>
4.1.2- <i>Variação da condutividade elétrica das soluções CIP e de seus respectivos enxágues.....</i>	<i>43</i>
4.1.3- <i>Variação do pH das soluções CIP e de seus respectivos enxágues</i>	<i>45</i>
4.1.4- <i>Valor de DQO das soluções CIP e de seus respectivos enxágues ..</i>	<i>48</i>
4.1.5- <i>Valor de sólidos totais das soluções CIP e de seus respectivos enxágues</i>	<i>52</i>
4.1.6- <i>Valor de turbidez das soluções CIP e de seus respectivos enxágues</i>	<i>56</i>
4.1.7- <i>Valor de dureza das soluções CIP e de seus respectivos enxágues</i>	<i>60</i>
4.1.8- <i>Valor de cloreto das soluções CIP e de seus respectivos enxágues</i>	<i>64</i>
4.2- PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS.....	69
4.2.1- <i>Avaliação das superfícies de equipamentos e tubulações</i>	<i>69</i>
4.2.2- <i>Avaliação microbiológica das soluções</i>	<i>70</i>
5- CONCLUSÃO	74
6.0- SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	75
CAPÍTULO 2: ELABORAÇÃO DE BALANÇO DE MASSA DO CONSUMO DE ÁGUA, VAPOR E GERAÇÃO DE RESÍDUOS DOS PROCESSOS DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS	76
1- INTRODUÇÃO	76
2- OBJETIVOS.....	77
2.1- OBJETIVO GERAL	77
2.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	77
3- METODOLOGIA	77
3.1- DIAGNÓSTICO AMBIENTAL NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS E BALANÇO DE MASSA.	78
3.2- TESTES EXPERIMENTAIS EM UM LATICÍNIOS E NO LABORATÓRIO.....	78
4.0- RESULTADOS E DISCUSSÃO	79

4.1- LINHA DE RECEPÇÃO E PASTEURIZAÇÃO DE LEITE.....	79
4.2- LINHA DE PRODUÇÃO DE IOGURTE E BEBIDA LÁCTEA	84
4.3- LINHA DE PRODUÇÃO DE MANTEIGA.....	89
4.4- LINHA DE PRODUÇÃO DE QUEIJO MUSSARELA	92
4.5- LINHAS DE PRODUÇÃO DE QUEIJO MINAS FRESAL, PRATO E PADRÃO.....	96
4.6- LINHA DE PRODUÇÃO DE RICOTA.....	103
4.7- LINHA DE PRODUÇÃO DE REQUEIJÃO.....	107
4.8- LINHA DE PRODUÇÃO DE DOCE DE LEITE	111
4.9- PROCESSO DE HIGIENIZAÇÃO.....	113
5- CONCLUSÃO	115

CAPÍTULO 3: DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS DE APOIO A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

1- INTRODUÇÃO	116
2- OBJETIVOS.....	118
2.1- OBJETIVO GERAL	118
2.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	118
3- MATERIAL E MÉTODOS	118
3.1- AQUISIÇÃO DE INFORMAÇÕES	118
3.2- ELABORAÇÃO DOS MÓDULOS INSTRUCIONAIS	119
3.3- RECURSOS DE MÍDIA E INFORMÁTICA UTILIZADOS NA ELABORAÇÃO DOS MÓDULOS E DA WEB SITE.....	120
3.4- AVALIAÇÃO DO SISTEMA MULTIMÍDIA E DO SOFTWARE DE DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E SIMULAÇÃO	121
4.0- RESULTADOS E DISCUSSÃO	122
4.1- APRESENTAÇÃO DA INTERFACE DE ACESSO E ORGANIZAÇÃO DOS CONTEÚDOS.....	122
4.2- MÓDULO EDUCAÇÃO AMBIENTAL.....	125
4.3- MÓDULO SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL - SGA	127
4.4- MÓDULO RESÍDUOS	128
4.5- MÓDULO PROGRAMA DE TREINAMENTO SOBRE BPA	129

4.6- MÓDULO APROVEITAMENTO DE SUBPRODUTOS	131
4.7- FERRAMENTA DE EDITOR DE MENSAGEM.....	132
4.8- CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS RECURSOS DE MÍDIA UTILIZADOS PARA ELABORAÇÃO E DISPONIBILIZAÇÃO DOS MÓDULOS INSTRUCIONAIS.	132
4.9- SOFTWARE DE DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E SIMULAÇÃO.....	134
4.10- AVALIAÇÃO DO SISTEMA MULTIMÍDIA	137
<i>4.10.1- Aspectos gerais do ambiente multimídia, apresentação e organização dos módulos</i>	<i>137</i>
<i>4.10.2- Aspectos específicos sobre apresentação e organização de cada módulo no ambiente multimídia.....</i>	<i>141</i>
4.11- AVALIAÇÃO DO SOFTWARE DE DIAGNÓSTICO E SIMULAÇÃO	150
4.12- QUESTÕES COMPLEMENTARES SOBRE AVALIAÇÃO DO AMBIENTE MULTIMÍDIA E DO SOFTWARE DE DIAGNÓSTICO E SIMULAÇÃO	156
5- CONCLUSÕES.....	163
CONCLUSÃO GERAL.....	164
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	167
ANEXO I: Modelo da ficha de avaliação do sistema multimídia e do software	172

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Etapas de processamento com os principais pontos de geração de resíduos em uma planta de laticínios (SILVA, 2006).....	13
Figura 2 – Linha de pasteurização onde foram feitos os testes de reuso das soluções CIP's.....	29
Figura 3 – Linha de envase de leite pasteurizado onde foram feitos os testes de reuso das soluções CIP's.....	30
Figura 4 – Variação da concentração de soda ao longo de sucessivos usos e correções para a linha de envase de leite e a linha de pasteurização.	37
Figura 5 – Variação da concentração do ácido ao longo de sucessivos usos e correções para a linha de envase de leite e a linha de pasteurização.	40
Figura 6 - Variação da concentração de alcalinidade das soluções de enxágue da soda e mistura dos enxágues da soda e da solução ácida ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e linha de envase.	42
Figura 7 - Variação da concentração de acidez das soluções de enxágue ácido ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e linha de envase..	42
Figura 8 - Comportamento do parâmetro condutividade elétrica obtido para a solução de soda e solução ácida ao longo dos sucessivos usos e correções para as linhas de pasteurização e envase.	44
Figura 9 - Comportamento do parâmetro condutividade elétrica obtido para as soluções de enxágue e suas respectivas misturas ao longo dos sucessivos usos das soluções CIP's para as linhas de pasteurização e envase.	45
Figura 10 – Variação do valor de pH obtido para a solução de soda e solução ácida ao longo dos sucessivos usos e correções para as linhas de pasteurização e envase.....	46
Figura 11 – Valores de pH para as soluções de enxágue da soda, enxágue ácido e mistura dos enxágues ao longo de sucessivos usos para a linhas de pasteurização e envase.....	48
Figura 12 – Variação da concentração de DQO da solução de soda ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.....	49
Figura 13 – Variação da concentração de DQO da solução ácida ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.....	50
Figura 14 – Variação da concentração de DQO das soluções de enxágue e suas respectivas misturas ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.....	51
Figura 15 – Variação da concentração de sólidos totais da solução de soda ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.	53
Figura 16 – Variação da concentração de sólidos totais da solução ácida ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.....	54
Figura 17 – Variação da concentração de sólidos totais das soluções de enxágue e suas respectivas misturas ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.....	55
Figura 18 – Variação da turbidez da solução de soda ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.....	57
Figura 19 – Variação da turbidez da solução ácida ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.....	58
Figura 20 – Variação da turbidez das soluções de enxágue e suas respectivas misturas ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.	59

Figura 21 – Variação da dureza da solução de soda ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.....	61
Figura 22 – Variação da dureza da solução ácida ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.....	62
Figura 23 – Variação da dureza das soluções de enxágue e suas respectivas misturas ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.....	64
Figura 24 – Variação do teor de cloretos da solução de soda ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.....	66
Figura 25 – Variação do teor de cloretos da solução ácida ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.....	67
Figura 26 – Variação do teor de cloretos das soluções de enxágue e suas respectivas misturas ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.....	69
Figura 27 – Fluxograma da linha de recepção e pasteurização de leite com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos.....	82
Figura 28 – Fluxograma das etapas de produção de iogurte, com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos.....	85
Figura 29 – Fluxograma das etapas de produção de bebida láctea com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos.....	86
Figura 30 – Fluxograma das etapas de produção de manteiga, com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos.....	90
Figura 31 – Fluxograma das etapas de produção de queijo mussarela com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos.....	94
Figura 32 – Fluxograma das etapas de produção de queijo Minas Frescal com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos.....	97
Figura 33 – Fluxograma das etapas de produção de queijo Prato com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos.....	98
Figura 34 – Fluxograma das etapas de produção de queijo Minas Padrão com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos.....	99
Figura 35 – Fluxograma das etapas de produção de ricota enformada com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos.....	103
Figura 36 – Fluxograma das etapas de produção de ricota em pote com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos.....	104
Figura 37 – Fluxograma das etapas de produção de requeijão a partir da coagulação ácida da massa com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos.....	108
Figura 38 – Fluxograma das etapas de produção de requeijão a partir da coagulação enzimática da massa com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos.....	109
Figura 39 – Fluxograma das etapas de produção de doce de leite com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos.....	112
Figura 40 – Diagrama do processo de higienização, representando as principais entradas e saídas que contribuem para os aspectos ambientais relevantes dessa operação.....	114
Figura 41 – Tela inicial do site direcionado ao público alvo.	123
Figura 42 – Tela de apresentação do módulo SGA (comum a todos os módulos) contendo o resumo dos objetivos, público alvo e conteúdo disponível.	125
Figura 43 – Interface de acesso aos vídeos no Módulo “Programa de Treinamento sobre BPA”.....	130

Figura 44 – Ilustração da forma de apresentação dos conteúdos de cada tópico utilizando os recursos do Flash.....	133
Figura 45 – Página inicial de acesso ao programa de diagnóstico ambiental e simulação.....	135
Figura 46 – Interface de simulação dos impactos na redução da carga de poluição após aplicação das ações corretivas por linha de processamento.....	136
Figura 47– Frequência de respostas de todos os avaliadores (grupo 1 e 2) para os escores 9, 8, 7 e menores ou igual a 6, em relação à avaliação dos diferentes atributos relacionados aos aspectos gerais do ambiente multimídia, apresentação e organização dos módulos.....	141
Figura 48 – Resultado da avaliação geral (todos os avaliadores) dos cinco módulos instrucionais em relação aos atributos: quantidade de informação disponível, recursos multimídia utilizados e organização dos tópicos para o entendimento do assunto.....	143
Figura 49 – Resultado da avaliação, pelo público alvo, dos cinco módulos instrucionais em relação aos atributos: quantidade de informação disponível, recursos multimídia utilizados e organização dos tópicos para o entendimento do assunto.....	144
Figura 50 – Resultado da avaliação dos cinco módulos instrucionais, por todos os avaliadores (grupo 1 e 2), em relação ao atributo adequação do conteúdo ao público alvo.....	146
Figura 51 – Resultado da avaliação dos cinco módulos instrucionais, pelo público alvo, em relação ao atributo “adequação do conteúdo ao público alvo”.....	146
Figura 52 – Resultado geral da avaliação (todos os avaliadores) em relação à avaliação geral dos módulos instrucionais.....	148
Figura 53 – Resultado da avaliação, pelo público alvo, em relação à avaliação geral dos módulos instrucionais.....	148
Figura 54 – Frequência de resposta para as principais sugestões de alterações no ambiente multimídia, de acordo com os diferentes grupos de avaliadores. .	150
Figura 55 – Resultado da avaliação geral (todos os avaliadores) em relação aos atributos específicos do software.....	152
Figura 56 – Resultado da avaliação pelo público alvo em relação aos atributos específicos do software.....	152
Figura 57 – Resultado da avaliação geral de cada uma das interfaces do software pelos diferentes grupos de avaliadores.....	154
Figura 58 – Resultado da avaliação geral de cada uma das interfaces do software pelo público alvo.....	155
Figura 59 – Resultado da avaliação pelos diferentes grupos de avaliadores em relação ao questionamento: “Quais benefícios esse material pode proporcionar como suporte para a gestão ambiental na indústria de laticínios?”.....	157
Figura 60 – Resultado da avaliação pelos diferentes grupos de avaliadores em relação ao questionamento: “Assinale os possíveis obstáculos que você espera na utilização deste material pelo público alvo (proprietários, gerentes, técnicos e colaboradores da indústria de laticínios)”.....	159

RESUMO

SILVA, Danilo José Pereira da, Universidade Federal de Viçosa, maio de 2011.
Sistema de gestão ambiental para a indústria de laticínios. Orientador:
Frederico José Vieira Passos. Co-orientadores: Nélio José de Andrade e
Ismael Maciel Mancilha.

O aumento do rigor da legislação ambiental aliado às exigências do mercado tem impulsionado a aplicação de práticas preventivas, como o uso eficiente dos recursos naturais, o reuso de água e a adequação dos sistemas de tratamento e disposição final dos resíduos. No entanto, a aplicação de práticas preventivas para uso racional da água e controle ambiental na indústria de laticínios ainda é incipiente em relação a outros setores. Nesse contexto, o objetivo geral desse trabalho foi avaliar processos e procedimentos e desenvolver ferramentas de apoio a implantação de um sistema de gestão ambiental para a indústria de laticínios. Para tal, o estudo foi dividido em três fases. Na primeira fase objetivou-se caracterizar e avaliar procedimentos de reuso das soluções CIP's e seus respectivos enxágues, sendo os testes realizados em uma linha de envase de leite pasteurizado e uma linha de pasteurização. Foram testados quatro reusos para a solução alcalina e dois reusos para a solução ácida. Avaliaram-se parâmetros físico-químicos e microbiológicos das soluções ao longo dos reusos, além de parâmetros microbiológicos da superfície dos equipamentos. A segunda fase teve como objetivo elaborar um balanço de massa de água, vapor e resíduos de onze linhas de processamento da indústria de laticínios, e avaliar a influência da tecnologia em relação aos aspectos ambientais. Os estudos foram realizados a partir do diagnóstico ambiental dos processos em oito laticínios. Foram realizados testes laboratoriais para caracterização de alguns resíduos específicos do processo. Na terceira fase, a partir das informações coletadas nas fases anteriores, desenvolveram-se duas ferramentas de apoio a implantação de um sistema de gestão ambiental na indústria de laticínios. Uma refere-se a um sistema multimídia, que tem como principal objetivo oferecer um material de apoio para o treinamento e conscientização dos proprietários, gerentes, técnicos e demais colaboradores da indústria, em relação à aplicação de um sistema de gestão ambiental. A outra ferramenta refere-se a um software para diagnóstico ambiental e simulação de alterações no processo, com avaliação dos impactos ambientais e dimensionamento de diferentes sistemas de tratamento de efluentes

com análise de custo. Em relação à avaliação dos procedimentos de regeneração e reuso das soluções CIP's concluiu-se que a aplicação da técnica mostrou-se adequada e suficiente para garantir a higienização dos equipamentos e tubulações, visto que apesar das alterações nos parâmetros físico-químicos das soluções, não ocorreram alterações microbiológicas nas soluções e nas superfícies dos equipamentos. A técnica também mostrou-se economicamente viável pela redução do consumo de produtos químicos além dos benefícios ambientais que pode proporcionar. No que se refere aos resultados do balanço de massa e influência da tecnologia nos aspectos ambientais da indústria de laticínios, concluiu-se que: I) A tecnologia adotada nos processos produtivos exerce grande influência nos aspectos ambientais da indústria de laticínios, sendo o nível de conscientização dos colaboradores um fator decisivo para as indústrias de menor porte; II) As indústrias de pequeno porte e com menor nível de automação tendem a apresentar, relativamente, maiores impactos ambientais, principalmente, pela falta de adaptação do layout e conscientização dos colaboradores; III) Nas linhas de produção de queijos, requeijão e ricota, a tecnologia adotada na separação do soro exerce grande influência nos aspectos ambientais da indústria; e IV) Independente do tamanho da indústria e da tecnologia adotada, é possível, com medidas simples e viáveis, reduzir o consumo de água e o volume e carga de poluição dos efluentes gerados. Na organização do sistema multimídia optou-se por cinco módulos instrucionais: I) Educação ambiental; II) Sistema de gestão ambiental; III) Resíduos; IV) Programa de treinamento sobre Boas Práticas Ambientais; e V) Aproveitamento de Subprodutos, contendo ainda o módulo "Itens de Apoio" com Saiba Mais, Legislação e Glossário. O software para diagnóstico ambiental e simulação na indústria é constituído por quatro interfaces que incluem: empresa, produto, relatório e dimensionamento, além da página inicial para cadastro do usuário e do módulo tutorial que auxilia no uso do programa. De acordo com o resultado da avaliação observou-se uma ótima aceitação pelas duas ferramentas desenvolvidas (sistema multimídia e software), sendo identificado um grande potencial para aplicá-las como suporte para a implantação de um sistema de gestão ambiental na indústria de laticínios. A forma de disponibilização das ferramentas e a orientação para seu uso adequado podem ser fundamentais para potencializar o alcance dos objetivos pretendidos.

ABSTRACT

SILVA, Danilo José Pereira da, D.S., Universidade Federal de Viçosa, May, 2011.
Environmental management system for dairy industry. Adviser: Frederico José Vieira Passos. Co-advisers: Nélio José de Andrade and Ismael Maciel Mancilha.

The higher severity of environmental legislation coupled with market demands have driven the implementation of preventive practices, such as the efficient use of natural resources, water reuse and adequacy of treatment and final disposal of the leavings. However, the application of preventive practices for water conservation and environmental control in the dairy industry is still incipient in relation to other sectors. In this context, the meaning of this study was to evaluate processes and procedures and develop tools to support the implementation of an environmental management system for the dairy industry. To this purpose, the work was divided into three phases. The first one aimed to characterize and evaluate procedures for reuse of CIP's solutions and their respective rinses, to get this results tests were performed on a filling line of pasteurized milk and pasteurization line. We tested four reuses for the alkaline solution and two reuses for the acid solution. Were assessed physicochemical parameters as well as microbiological of the solutions over the defendants, and also, the microbiological parameters of the surface equipment. The second phase aimed to develop a mass balance of water, steam and leavings of eleven processing lines of the dairy industry, and evaluate the influence of the technology in environmental aspects. The studies were conducted from the environmental analyses of the processes of eight dairy industries. Laboratory tests were performed to characterize some specific process's leavings. In the third phase, from the information collected on the first and second ones, were developed two tools to support the implementation of an environmental management system in the dairy industry. One refers to a multimedia system, which has as main objective to provide material to awareness, and at the same time prepare, the owners, managers, technicians and other employees of the industry about an implementation of an environmental management system. The other tool refers to a software for environment diagnosis and simulation of changes in the process capable of evaluating the environmental impact assessment and scaling various wastewater treatment systems with cost

analysis. Regarding the evaluation of procedures for regeneration and reuse of solutions CIP's, it's possible to conclude that the technique was adequate and sufficient to ensure the sanitation of equipment and piping. Despite changes in physicochemical parameters of solutions, there were no microbiological alterations in the solutions and equipment surfaces. The technique also proved to be economically viable by reducing the consumption of chemicals beyond the environmental benefits it can provide. With regard to the results of mass balance and influence of the technology on environmental aspects of the dairy industry we concluded that: I) The technology used in the production process has great influence on the environmental aspects of the dairy industry, and the level of awareness of the employees cast a decisive factor on the smaller industries, II) the small scale industries and with lower levels of automation tend to have relatively higher environmental impacts, mainly due to the lack of adaptation of the layout and awareness of employees; III) In the production lines of cheese, cream cheese and ricotta, the technology adopted in the separation of the whey has a profound influence on the environmental aspects of the industry, and IV) Regardless of the size of industry and technology that can be adopted, it's possible, with simple and viable measures, to reduce the water consumption and it's volume as well as the pollution load of the generated wastewater. In organizing the multimedia system we chose five instructional modules: I) Environmental education; II) Environmental management system; III) Leavings; IV) Training program on Good Environmental Practices, and V) Utilization of by-products, still containing the module "Items of Support" linked to Learn More, Legislation and Glossary. The environmental assessment software and industry simulation consists of four interfaces that include: company, product, report and dimensioning, yet the home page for user registration and module tutorial that helps the utilization of the software. According to the assessment result, it could be observed that there was a great acceptance of the two developed tools (multimedia system and software). There was identified a great potential to apply them as a support to the implementation of an environmental management system in the dairy industry. The tools and guidance for their proper use can be critical to enhance the achievement of intended goals.

1- INTRODUÇÃO

Em todo o mundo, a preocupação com o consumo de água e a geração de efluentes no ambiente industrial tem sido cada vez mais constante. A regularização da cobrança pelo uso da água no Brasil irradia um cenário de aumento nos custos de produção. Sendo assim, a aplicação de práticas preventivas como o uso eficiente dos recursos naturais, o reuso de água e a adequação dos sistemas de controle ambiental são cada vez mais necessários.

Grandes e pequenas empresas estão se adequando a esse novo cenário, marcado por uma rígida legislação ambiental, pelo alto custo da produção e pela acirrada competição. No ramo da agroindústria não é diferente. A preocupação com o meio ambiente e o aumento da produtividade passou a orientar a busca por novas tecnologias, que, incorporadas aos processos tradicionais, otimizam a capacidade competitiva de forma sustentável.

Esses fatos conduzem a uma mudança no comportamento das empresas, que cada vez mais priorizam a implantação de um sistema de gestão ambiental integrado.

Um sistema de gestão ambiental integrado tem como foco principal o controle preventivo dos aspectos ambientais dos processos produtivos, o que pode ser sinônimo de investimento e aumento da competitividade e dos lucros. Para perceber essa realidade basta considerar que quase todo o resíduo que a empresa descarta foi comprado a preço de matéria prima – embalagens ou insumos, como água, energia, produtos químicos, trabalho, entre outros. Dessa forma, um programa de controle preventivo que tenha como princípio agir nas fontes geradoras para minimizar a geração dos resíduos, reaproveitá-los e, apenas em último caso, tratá-los e dispô-los de maneira segura, trará grandes benefícios para a empresa.

Diante desse cenário, o foco do controle ambiental tem se deslocado do controle final de linha para o controle do processo, ou seja, tem evoluído seguindo a mesma tendência do controle de qualidade. As empresas estão adotando técnicas preventivas para evitar a geração de resíduos na fonte, racionalizando o uso de matérias primas e insumos, sendo incorporada também a preocupação com os impactos que o uso e descarte desse produto podem causar ao meio

ambiente. Aliado a isso, as empresas têm desenvolvido produtos que podem ser facilmente reciclados após o uso, retornando-os ao ciclo econômico.

No entanto, a aplicação de práticas preventivas para uso racional da água e tratamento dos efluentes na indústria de laticínios ainda é incipiente em relação a outros setores, sendo que a maioria das indústrias não consegue cumprir a legislação ambiental vigente. De acordo com os resultados do diagnóstico da indústria de laticínios no Estado de Minas Gerais (SEBRAE/SILEMG/UFV, 2006) 84% dos mais de mil laticínios formalmente constituídos descartam seus efluentes nos corpos receptores sem qualquer tipo de tratamento. Atualmente a questão ambiental tem sido um dos principais fatores de competitividade dessas indústrias em função dos elevados custos para tratamento e disposição adequada dos resíduos gerados nos processos produtivos, além de se constituir em uma barreira para o acesso ao crédito e a novos mercados. Como fator agravante, essas indústrias são caracterizadas pela falta de padronização dos processos produtivos, falta de controle do consumo de água, somadas a uma mão de obra pouco qualificada e ausência de especialistas na área de gerenciamento e tratamento de resíduos em sua equipe técnica, o que dificulta a aplicação de alternativas para uso racional da água, reuso e tratamento de efluentes.

Nesse contexto, a elaboração de um programa de gestão ambiental adaptado à realidade das micro, pequenas e médias indústrias de laticínios pode-se constituir em uma ferramenta importante para auxiliá-las na implantação de um sistema de controle ambiental menos oneroso, garantindo assim sua competitividade e um desenvolvimento sustentável.

Esse trabalho teve como principal objetivo avaliar processos e procedimentos e desenvolver ferramentas de apoio à implantação de um sistema de gestão ambiental para a indústria de laticínios, visando à redução do consumo de água e da geração de resíduos. Para isso, o estudo foi dividido em três fases. Na primeira, objetivou-se caracterizar águas residuárias geradas em etapas específicas de processamento da indústria de laticínios (análises físico-químicas e microbiológicas) e avaliar alternativas de reuso ou recirculação, com e sem regeneração, visando à minimização do consumo de água e da geração de resíduos.

A segunda fase teve como objetivo elaborar balanço de massa de água, vapor e resíduos de 11 linhas de processamento da indústria de laticínios,

considerando aspectos de tecnologia, de forma a propor alternativas de ajustes nos processos para aumentar a eficiência produtiva e reduzir a geração de resíduos.

Na terceira fase, a partir das informações coletadas nos procedimentos anteriores, desenvolveu-se um Sistema de Gestão Ambiental para a indústria de laticínios, constituído de duas ferramentas. Uma se refere a um sistema multimídia, que tem como principal objetivo oferecer um material de apoio para o treinamento e a conscientização dos proprietários, gerentes, técnicos e demais colaboradores da indústria de laticínios, quanto à aplicação de um sistema de gestão ambiental.

A outra ferramenta é um software para diagnóstico ambiental e simulação de alterações no processo, considerando 11 linhas de processamento. As simulações permitem avaliar os impactos ambientais das alterações nos procedimentos operacionais e mudanças na tecnologia, além de fornecer uma análise de custo para implantação das principais alternativas de tratamento de efluentes da indústria de laticínios, considerando cenários distintos.

2- REVISÃO DE LITERATURA

2.1- Caracterização da indústria de laticínios

O Brasil é o quinto produtor mundial de leite. Sua produção, estimada em 2010, foi da ordem de 30,5 bilhões de litros, volume que representa cerca de 5% da produção mundial (EMBRAPA, 2011; IBGE, 2010).

Entre os maiores produtores de leite do mundo, o Brasil apresentou uma taxa de crescimento acumulada nos últimos cinco anos em torno de 24% - a segunda maior, atrás apenas da Índia, que apresentou uma taxa acumulada em torno de 27,1%. A taxa brasileira foi 300% maior que a dos EUA, enquanto que as produções da Rússia, da Alemanha e da França apresentaram taxas de decréscimo (USDA, 2009).

No período de 2005 a 2010, a produção brasileira aumentou, em média, 4,42% ao ano. As regiões Sudeste e Sul responderam, em 2009, por 66,63% da produção nacional. Na região Sudeste está concentrada a maior produção, os maiores centros de consumo e as maiores indústrias laticinistas. Quanto à produtividade, foram também essas duas regiões que apresentaram os mais elevados índices. O estado de Minas Gerais ocupa o primeiro lugar na produção de leite, sendo responsável por 76% da produção da região Sudeste e 27% da produção nacional. No entanto, no ano de 2009 foram as regiões Nordeste e Sul que apresentaram o maior crescimento, correspondente a 14,5% e 8,6%, respectivamente, seguido da região Sudeste, com 2,8% (IBGE, 2010).

No estado de Minas Gerais, a liderança da agroindústria do leite é histórica. O Estado foi sede da primeira indústria de laticínios do Brasil e da América do Sul. Além disso, a representatividade do setor na economia mineira é mais expressiva que no cenário nacional. Este é um setor de grande significado econômico, político e social para Minas Gerais, principalmente porque está disseminado por todo o estado, colaborando de forma significativa para a interiorização do desenvolvimento, limitando o êxodo rural e diminuindo as desigualdades regionais (INDI, 2003).

Nos estados que lideram a produção nacional de leite e derivados prevalecem as micro e pequenas empresas. Em Minas Gerais, por exemplo,

72,5% delas processam até 5 mil litros de leite por dia; 24,0% processam de 5 a 50 mil litros e somente 3,5% processam mais de 50 mil litros diários (SEBRAE/SILEMG/UFV, 2006).

Estima-se que, em 2010, cerca de 30% do leite produzido no Brasil foram consumidos e/ou processados sem a fiscalização dos Serviços de Inspeção. Essa informação indica a existência de muitas indústrias que operam na ilegalidade. Esse índice já foi muito maior, mas para um país que deseja competir no mercado internacional, ainda é muito grande. Em Minas Gerais, possivelmente, a situação seja até pior, devido à sua tradição na produção dos chamados queijos artesanais, feitos sem inspeção do Ministério da Agricultura ou do Instituto Mineiro de Agropecuária-IMA (EMBRAPA, 2011).

Minas Gerais, por liderar a produção nacional de leite e derivados, abriga um parque industrial com as maiores e mais modernas empresas do país, tais como Nestlé, Embaré, Danone, Itambé, Porto Alegre, Perdigão, Barbosa & Marques, Vigor, entre outras. Também estão instaladas no estado inúmeras empresas de pequeno porte, desprovidas de condições básicas necessárias exigidas pelas fiscalizações federal e estadual, colocando no mercado produtos de qualidade duvidosa e sem padronização, o que dificulta sua sobrevivência comercial (INDI, 2003).

No entanto, com a abertura da economia brasileira, a indústria de laticínios nacional vem passando por um processo de modernização, diversificação, aumento da escala de produção e melhoria da qualidade de seus produtos, principalmente aquelas ligadas aos produtos mais sofisticados. As indústrias que operam nos setores produtivos menos sofisticados, tais como queijos tradicionais, manteiga e doce de leite, também precisam despertar para a modernização. Somente com profundas transformações em todos os elos da cadeia agroindustrial do leite será possível conseguir escala de produção, qualidade e preços baixos, elementos indispensáveis para maior competitividade (INDI, 2003).

2. 2- Características dos resíduos gerados na indústria de laticínios

A indústria de laticínios gera efluentes líquidos, resíduos sólidos e emissões atmosféricas passíveis de contaminação ao meio ambiente. Os efluentes líquidos industriais são despejos líquidos oriundos de diversas

atividades desenvolvidas na indústria, que contém leite e produtos derivados do leite, detergentes, desinfetantes, areia, lubrificantes, açúcar, pedaços de frutas, essências e condimentos diversos, os quais são diluídos nas águas de lavagem de equipamentos, tubulações, pisos e demais instalações da indústria (MACHADO et al., 2002).

2.2.1- Efluentes líquidos

Os efluentes líquidos das indústrias de laticínios abrangem os efluentes industriais gerados no setor de produção e unidades de apoio e os esgotos sanitários gerados nos sanitários, vestiários e refeitórios. O efluente líquido é considerado um dos principais responsáveis pela poluição causada pela indústria de laticínios (MACHADO et al., 2002). De acordo com a Lei 9.605 (BRASIL, 1998) constitui crime ambiental descartar o soro, direta ou indiretamente, nos cursos d'água. Entretanto, em muitos laticínios o soro de leite ainda é descartado junto aos efluentes líquidos, sendo considerado um forte agravante devido ao seu elevado potencial poluidor (DBO entre 30.000 a 50.000 mg O₂/L). Uma fábrica com produção média de 300 mil litros de soro por dia polui o equivalente a uma cidade com 150 mil habitantes (MACHADO et al., 2002).

O soro de leite é o subproduto da indústria de laticínios, resultante da precipitação e remoção da caseína do leite durante a produção de queijo (KOSIKOWSKI, 1979). Nos últimos anos observou-se um crescente aumento da produção mundial de soro de leite, impulsionado pela expansão da indústria de laticínios, superando 150 bilhões de litros ao ano (FAO, 2008; EMBRAPA, 2011).

O soro de leite representa de 80% a 90% do volume de leite destinado à produção de queijo e retém 55% dos nutrientes do leite apresentando em torno de 6,5% de sólidos totais. Entre os sólidos totais destacam-se a lactose (4,5-5% m/v), proteínas solúveis (0,6-0,9% m/v), lipídios (0,3-0,5% m/v), sais minerais (0,6%) e ácido láctico (0,1%), além de outros nutrientes presentes em menores concentrações, como vitaminas (SANTOS& FERREIRA, 2001). Em média, para a fabricação de um quilo de queijo, necessitam-se 10 L de leite e são gerados 9 L de soro.

Atualmente o soro de leite vem sendo amplamente utilizado como ingrediente pela indústria alimentícia em uma gama enorme de produtos, com

resultados bastante satisfatórios tanto para o consumidor como para as empresas em geral. O soro é encontrado em produtos de panificação, confeitos, chocolates, molhos, sopas, produtos desidratados, barras de cereais, bebidas lácteas, isotônicos e produtos cárneos. Além disso, ele pode ser usado como substituto da gordura em produtos *light*. Em relação ao aspecto nutricional, previne uma série de doenças cardiovasculares, osteoporose, hipertensão, estimula o sistema imunológico, reduz o câncer de cólon e reto, entre outras utilidades (MARCHIORI, 2006).

Infelizmente, no Brasil, grande parte do soro de leite ainda é descartada como resíduo ou destinada para alternativas de aproveitamento sem nenhum valor agregado. Segundo o diagnóstico da Indústria de Laticínios Mineira (SEBRAE/SILEMG/UFV, 2006), no ano de 2005 cerca de 80% do soro era destinado para alimentação animal ou descartado como resíduo após a produção de ricota. Com a instalação de novas unidades de concentração e secagem do soro, essa realidade já é bem diferente hoje, mas ainda está muito distante de um cenário positivo em relação à agregação de valor ao soro. Além de constituir um grande problema ambiental, o não aproveitamento do soro no Brasil coloca o produto como o segundo derivado lácteo mais importado, perdendo apenas pelo leite em pó. Em 2010 o Brasil importou cerca de 30 mil toneladas de soro em pó, correspondendo um valor acima de 38 milhões de dólares (MDIC, 2010).

O Estado de Minas Gerais, por exemplo, possui cerca de mil indústrias de laticínios formalmente constituídas, sendo que, em 2005, mais de 80% não possuíam qualquer tipo de tratamento de seus efluentes líquidos, lançando-os diretamente nos corpos receptores (SEBRAE/SILEMG/UFV, 2006). Esse dado permite concluir que a poluição provocada pelos efluentes líquidos de laticínios assume proporções que exigem uma conscientização da gerência e dos funcionários das indústrias, além da implantação de ações concretas para minimizar esse impacto ambiental.

A vazão e a qualidade do efluente gerado por agroindústrias são dependentes, dentre outros fatores, do tipo e porte da indústria, dos processos empregados, do grau de reciclagem e da existência de pré-tratamento. Dessa forma, mesmo que duas empresas produzam essencialmente o mesmo produto, o potencial poluidor pode ser bastante diferente entre si (VON SPERLING, 1996a).

No caso específico da indústria de laticínios, a composição detalhada do efluente é influenciada por fatores tais como: processos industriais em curso; volume de leite processado; condições e tipos de equipamentos utilizados; práticas de redução da carga poluidora e do volume de efluentes; atitudes de gerenciamento da direção da indústria em relação às práticas de gestão ambiental; quantidade de água utilizada nas operações de limpeza e no sistema de refrigeração (MACHADO et al., 2002).

Segundo SILVA (2006), o desperdício de água e a falta de padronização dos procedimentos de higienização são pontos críticos em todas as linhas de processamento das micro e pequenas indústrias de laticínios. Isso é um reflexo direto da falta de conscientização e comprometimento da administração e do poder público, e da falta de treinamento dos funcionários no que se refere às boas práticas ambientais. A aplicação de ações simples de caráter preventivo, como medidas de gerenciamento ou de engenharia, que apresentam um baixo custo de implantação, são suficientes para resolver ou minimizar tais problemas.

No Quadro 1 estão apresentados os valores das principais características físico-químicas dos efluentes industriais de fábricas de laticínios localizadas em Minas Gerais.

As faixas de variações de algumas características físico-químicas apresentadas no Quadro 1 são muito amplas, e podem ser justificadas pela falta de aplicação de medidas preventivas para reduzir a geração de resíduos e pela variação na escala de produção em relação a diferentes dias de processamento.

Para efeito de comparação com os dados apresentados no Quadro 1 são apresentados, no Quadro 2, valores das características dos efluentes de laticínios no estado de São Paulo segundo CETESB (1990).

Quadro 1– Características físico-químicas de efluentes industriais de fábricas de laticínios do estado de Minas Gerais

Características físico-químicas	Tipos de Indústria (*)			
	1	2	3	4
DBO ₅ (mg O ₂ /L)	2051 – 5269	3637 – 17624	5127 - 5949	18485 - 19755
DQO (mg O ₂ /L)	3005 – 7865	4307 – 20649	5496 - 7709	21277 - 23920
DBO/DQO	0,67 - 0,78	0,59 – 0,85	0,77 - 0,93	0,83 - 0,87
Sólidos suspensos (mg/L)	484 – 1133	560 – 2080	440 - 1105	1540 – 1870
Sólidos totais (mg/L)	1010 – 2107	1567 – 10744	3508 - 4498	8838 – 10052
Sólidos sedimentáveis (mL/L)	0,4 – 60	0,5 – 15	0,4 - 0,6	1,4 - 2,3
Nitrogênio orgânico (mg/L)	32,5 – 79,6	74,2 - 297,6	52,7 - 142,7	190,7 - 292,0
Fósforo total (mg/L)	6,5 – 31,0	2,9 - 131,4	12,4 - 29,2	92,4 - 175,5
Óleos e graxas (mg/L)	227 – 474	90 – 184	37 - 359	75 – 439
Coeficiente geração efluente (L efluente/L leite recebido)	2,7 - 3,1	3,7 – 4,0	2,6 - 3,4	1,0
Coeficiente consumo água (L água/L leite recebido)	3,9 - 4,4	-	3,3 - 3,9	1,4 - 1,5
Leite recebido (m ³ /dia)	16,3 – 18,1	-	15,1 - 21,7	22,0 - 22,2
Leite processado (m ³ /dia)	17,0	7,0	18,5	21,5

Fonte: Adaptado de MINAS AMBIENTE/CETEC, 2000. (*) Tipos de indústria: (1) Produção de leite pasteurizado, manteiga, requeijão, doce de leite e queijos; (2) Produção de queijos diversos; (3) Produção de leite pasteurizado, requeijão, ricota, manteiga e queijos; (4) Produção de queijos diversos.

Quadro 2 - Valores médios das características dos efluentes líquidos industriais de diferentes tipos de indústrias de laticínios do estado de São Paulo

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

Fonte: adaptado de CETESB (1990). (*) Tipos de indústria: (1) Posto de recepção e refrigeração de leite; (2) Leite pasteurizado e manteiga; (3) Leite pasteurizado e iogurte; (4) Leite esterilizado e iogurte; (5) Leite condensado; (6) Leite em pó; Observação: a densidade média do leite integral varia de 1,028 a 1,032 kg/L

Nos Quadros 3, 4 e 5 são apresentados dados do consumo de água, além de geração e características de efluentes da indústria de laticínios em alguns países europeus.

Quadro 3 - Consumo de água em alguns laticínios de países europeus

Produtos processados	Coef. de consumo de água (L de água/L de leite processado)			
	Suécia	Dinamarca	Finlândia	Noruega
Leite e iogurte	0,96 a 2,8	0,6 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

Fonte: CETESB (2006)

Quadro 4 - Volume médio de efluente gerado em laticínios de países europeus

Tipo de produtos processados	Volume de efluentes líquidos (L/kg de leite processado)
Leite, creme e iogurtes	3
Manteiga e Queijos	4
Leite e soro concentrados e produtos desidratados	5

Fonte: CETESB (2006)

Quadro 5 - Características de efluentes brutos gerados em laticínios europeus e brasileiros

Parâmetros	Faixa de Variação	
	Laticínios Europeus	Laticínios Brasileiros
Sólidos Suspensos (mg/L)	135 – 8500	100 – 2000
DQO (mg/L)	500 – 4500	6000
DBO ₅ (mg/L)	450 – 4790	4000
Gordura/Óleos e graxas (mg/L)	35 – 500	95 – 550
Nitrogênio (mg/L)	15 – 180	116
Fósforo (mg/L)	20 – 250	0,1 – 46
pH	5,3 a 9,4	1,0 a 12,0

Fonte: European Commission – Integrated Pollution Prevention and Control (2006); CETESB (2006)

Na indústria de laticínios, diversos processos, operações e ocorrências contribuem para a geração de efluentes líquidos, os quais são apresentados no Quadro 6.

Para o controle do volume e da carga poluente dos resíduos gerados durante o processamento, é necessária uma compreensão do fluxograma de processamento e dos fatores que influenciam a sua geração. Na indústria de laticínios é difícil identificar uma planta típica e, assim, definir seus resíduos associados. Na Figura 1 é possível observar, resumidamente, as etapas de processamento e os principais pontos de geração de resíduos em uma indústria de laticínios.

Quadro 6 – Operações e processos que geram efluentes líquidos na indústria de laticínios

Operação ou processo	Descrição
Procedimentos de higienização	<ul style="list-style-type: none"> - Enxágue para remoção de resíduos de leite ou de seus componentes, assim como de outras impurezas, que ficam aderidos 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; - Lavagem de pisos e paredes; - Arraste de lubrificantes de equipamentos da linha de produção, durante as operações de limpeza.
Descartes e descargas	<ul style="list-style-type: none"> - 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; - Descarte de soro, leite e leite ácido nas tubulações de esgotamento de águas residuárias; - Descargas de sólidos de leite retidos em clarificadores; - Descarte de finos oriundos da fabricação de queijos; - Descarga de produtos e materiais de embalagem perdidos nas operações de empacotamento, inclusive aqueles gerados em colapsos de equipamentos e na quebra de embalagens; - Produtos retornados à indústria.
Vazamentos e Derramamentos	<p>Vazamentos de leite em tubulações e equipamentos correlatos devido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Operação e manutenção inadequadas de equipamentos e tubulações; - Transbordamento de tanques, equipamentos e utensílios diversos; - 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.

Fonte: MACHADO et al. (2002).

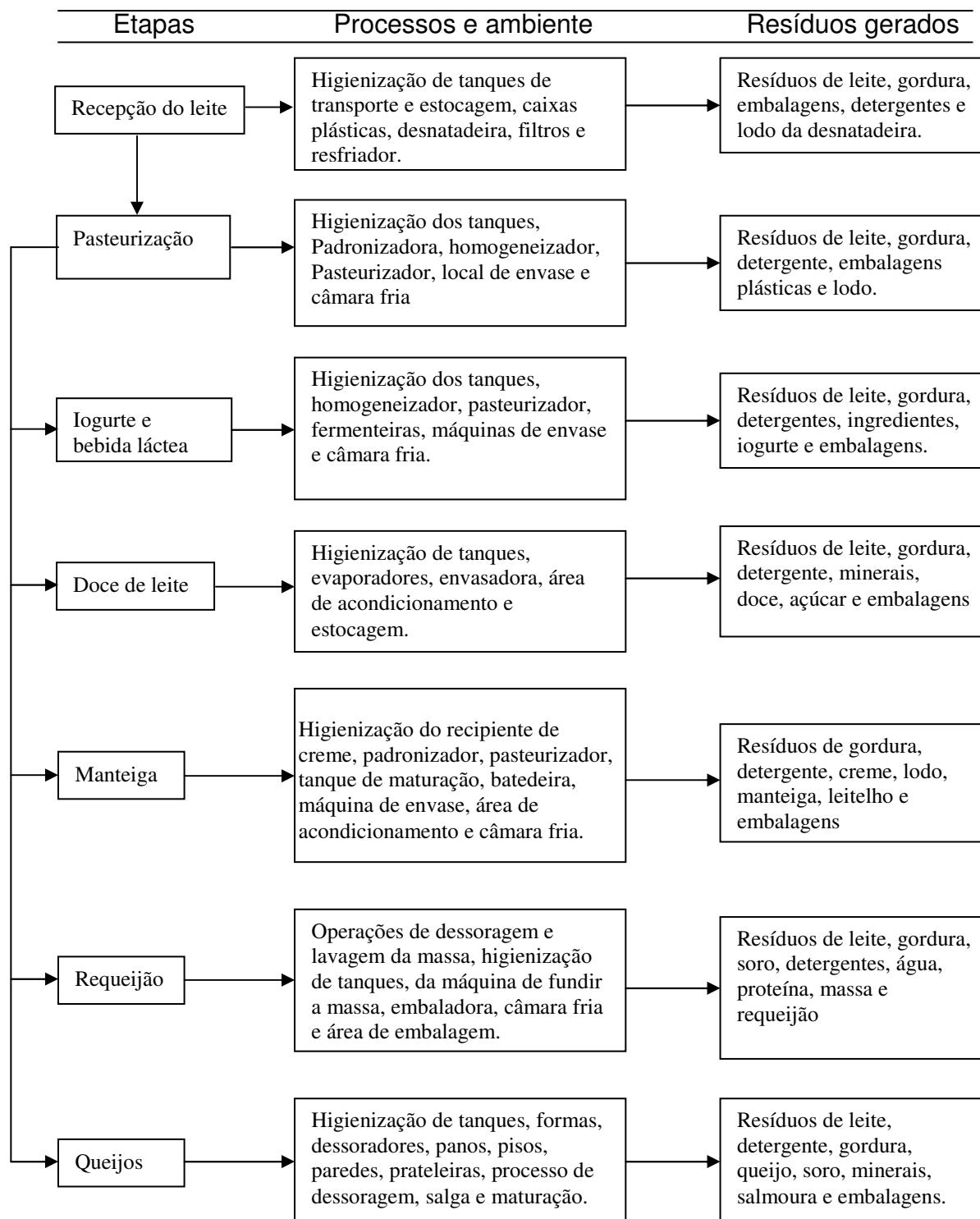


Figura 1- Etapas de processamento com os principais pontos de geração de resíduos em uma planta de laticínios (SILVA, 2006).

2.2.2- Resíduos sólidos

Segundo MACHADO et al. (2002), os resíduos sólidos gerados na indústria de laticínios podem ser subdivididos em dois grupos principais, no que se refere à sua origem. No primeiro grupo estão os resíduos gerados nos escritórios, nas instalações sanitárias e nos refeitórios da indústria. Correspondem ao que se costuma denominar lixo comercial e abrange papéis, plásticos e embalagens diversas gerados nos escritórios, resíduos de asseio dos funcionários, como papel toalha e papel higiênico, além de resíduos de refeitório ou cantina, restos de alimentos, produtos deteriorados, embalagens diversas, papel filtro, etc.

O segundo grupo refere-se aos resíduos sólidos industriais provenientes das diversas operações e atividades relacionadas diretamente à produção industrial. Nas indústrias de laticínios são basicamente sobras de embalagens, embalagens defeituosas, papelão, plásticos, produtos devolvidos (com prazos vencidos), cinzas de caldeiras, gorduras e lodos provenientes da ETE.

Quanto ao tipo dos resíduos de embalagens, predomina o material plástico, principalmente sob as formas de sacos (polietileno de baixa densidade – PEB) usados para a embalagem de leite pasteurizado, iogurte e bebidas lácteas, bem como de filmes plásticos diversos usados na embalagem de queijos. Pode haver, ainda, no caso da manteiga, filmes de papel, usados na embalagem de tabletes.

Nas indústrias que produzem doce de leite e requeijão também há resíduos de lata, vidro ou de embalagens de plástico semi-flexível.

No Quadro7 está apresentada a quantidade estimada dos principais resíduos sólidos que são gerados e comercializados pelas indústrias de laticínios em Minas Gerais, em função da capacidade de processamento de leite.

Quadro7 –Estimativa da quantidade de resíduo de embalagens gerado pelas indústrias de laticínios, considerando de forma individualizada cada volume de leite para cada tipo de embalagem.

Volume de leite processado (L/dia)	Quantidade estimada de resíduo produzido (kg/dia)			
	Plástico	Embalagem multifoliar	Folha de Flandres	Alumínio
10.000	3	5	40	8
20.000	6	9	80	16
30.000	9	14	120	24
40.000	12	18	160	32
50.000	14	23	200	40
60.000	17	27	240	48
70.000	20	32	280	56
80.000	23	36	320	64
90.000	26	41	360	72
100.000	29	45	400	80

Fonte: MINAS AMBIENTE/CETEC, 2000

2.3- Recuperação e processamento de subprodutos

Subprodutos correspondem a todos os produtos que não são diretamente destinados ao consumo e uso humanos (BRAILE e CAVALCANTI, 1979), ou segundo definição do dicionário MICHAELIS, subproduto corresponde ao produto extraído ou fabricado de matéria prima da qual já se obteve um produto mais importante.

Processos industriais secundários são operações de manipulação, recuperação e processamento de subprodutos (CARAWAN e PILKINGTON, 1986).A recuperação de subprodutos é prática econômica indiscutível e evita que materiais sejam liberados ao ambiente como rejeitos. Nesta etapa, ocorre acentuada diferenciação tecnológica entre as pequenas e as grandes empresas (SILVEIRA, 1999).

A elaboração de subprodutos a partir de resíduos de certos tipos de estabelecimentos pressupõe a existência de quantidades mínimas de resíduos que possam ser recuperados individualmente de forma econômica. O

armazenamento dos resíduos para a formação de lotes economicamente viáveis pode se tornar altamente oneroso e inconveniente, devido à sua rápida deterioração. Além disso, deve-se considerar a ociosidade dos equipamentos no caso de pequenos estabelecimentos. Esses fatores dificultam a coleta, processamento e elaboração dos subprodutos a partir de resíduos específicos (BRAILE e CAVALCANTI, 1979).

Nos últimos 50 anos, algumas alternativas para o aproveitamento do soro de leite foram desenvolvidas, tais como: destiná-lo para ração animal, concentração e secagem, separação das proteínas (α -lactoalbumina, β -lactoglobulina), produção de lactose, fosfolipoproteínas, peptídeos, proteases, produção de ácidos orgânicos, produção de biogás, produção de combustível, produção de glicerol e aproveitamento direto em diversas formulações (SANTOS& FERREIRA, 2001; SILVEIRA 2004). Mesmo com todas essas alternativas, ainda existem grandes limitações para processamento e agregação de valor ao soro.

A etapa inicial da maioria dos procedimentos adotados para o aproveitamento industrial do soro corresponde à concentração dos sólidos totais do soro ou separação das proteínas. O processo de separação das proteínas do soro gera um permeado e um concentrado protéico, composto, principalmente, por β -lactoglobulina, α -lactoalbumina e lactoferrina (SANTOS& FERREIRA, 2001). Tais proteínas são compostas por aminoácidos essenciais, facilmente digeríveis e considerados nutricionalmente completos.

A recuperação das proteínas do soro não resolve o problema ambiental, pois o permeado gerado contém toda lactose presente originalmente no soro (SILVEIRA, 2004). Uma alternativa que está sendo considerada há décadas é o aproveitamento do permeado para a fermentação de leveduras, para a produção de etanol. No entanto, devido ao caráter diluído da lactose do soro de queijo, a produção de etanol ainda é economicamente inviável.

Uma alternativa mais acessível, que está ganhando espaço no Brasil, é a utilização do soro para elaboração de novos produtos, como as bebidas lácteas, leites fermentados, mistura em sucos e ricota (SANTOS& FERREIRA, 2001). Essa tendência pode ser comprovada pela pesquisa realizada pelo SEBRAE/SILEMG/UFV (2006), em que se constatou que cerca de 35% do soro era destinado para um desses produtos.

2.4- Gerenciamento de resíduos na indústria de laticínios

No passado, as indústrias concentravam suas preocupações exclusivamente com a produção e os lucros. Ações para proteger o meio ambiente eram insignificantes e essa despreocupação foi responsável pela ocorrência de comprometimentos ambientais irreversíveis (PEREIRA e TOCCHETO, 2005).

O surgimento de uma legislação ambiental constituiu um importante instrumento de controle e fiscalização das atividades industriais, contribuindo para a melhoria da gestão das empresas, inclusive para a implantação de medidas que resultaram na redução do impacto ambiental. No entanto, os custos de disposição de resíduos ainda eram vistos como uma despesa operacional (TOCCHETO & PEREIRA, 2005a).

Com a globalização da economia a competitividade aumentou e as margens de lucros diminuíram. Produzir muito pode significar gerar um grande volume de resíduos e, conseqüentemente, aumentar os custos com tratamento. Nesse contexto, o comportamento reativo das empresas é substituído pelo proativo. As operações industriais, neste período, experimentaram mudanças radicais com implicações significativas, principalmente com a introdução das normas de gestão pela qualidade ambiental, a exemplo da série ISO 14000 (TOCCHETO & PEREIRA, 2005b).

As empresas adquiriram uma visão estratégica em relação ao meio ambiente, passando a percebê-lo como uma oportunidade de desenvolvimento e crescimento. As ações de controle ambiental têm se deslocado para o controle das fontes geradoras, de forma a minimizar a geração dos resíduos, reaproveitar o resíduo e, apenas em último caso, tratá-lo e dispô-lo de maneira segura (CICHOCKI, 2005).

A prevenção e o controle da poluição nos processos industriais estruturaram-se nos conceitos de redução, reutilização e reciclagem de materiais, o que leva a benefícios como: diminuição dos desperdícios de produtos e de matéria prima; economia de insumos (água, energia elétrica, combustíveis e outros); otimização no uso de produtos químicos; redução do volume de despejos; menores riscos de infrações e multas; aumento de produtividade; dentre outros. Todos esses ganhos fazem com que a empresa reduza, principalmente, os custos de implantação da

estação de tratamento de efluentes (ETE), além da melhoria da imagem da empresa com conseqüente aumento da competitividade (MACHADO et al., 2002 e TOCCHETO & PEREIRA, 2005b).

A indústria de laticínios tem buscado novas tecnologias, principalmente visando ao aproveitamento de resíduos e implementando sistemas de reuso de água. A aplicação de técnicas de gestão aliada às ferramentas e filosofias atuais, como a "emissão zero" (PAULI, 1996), a "tecnologia limpa" (CNTL, 1998) e sua versão "tecnologia mais limpa" (AMUNDSEN, 1999), "APPCC/HACCP - Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle" (SENAI, 1998) e "Boas Práticas de Fabricação" (JORDANO, 1997), têm propiciado consideráveis melhorias na redução da emissão de resíduos nas indústrias de alimentos. Tal redução está limitada, em parte, às necessidades de higienização na indústria (ANDRADE & MACEDO, 1996). Apesar das tecnologias disponíveis, ainda é elevado o despejo de resíduos, principalmente utilizando a água como veículo, em função do elevado consumo nas diferentes etapas de higienização.

Esse problema pode ser melhor equacionado pelo pleno conhecimento do processo tecnológico adotado e das diferentes formas e tecnologias de tratamento dos efluentes (SILVEIRA, 1999).

Segundo SILVA (2006), apesar da maioria das empresas já aplicar algum programa de reciclagem/reuso ou recuperação de subprodutos e preocuparem em reduzir o consumo de água, o conhecimento e a aplicação dos princípios e ferramentas do sistema de gestão ambiental ainda são pouco explorados. Isso pode ser um reflexo da falta de transferência de conhecimentos dos centros de pesquisa para o mercado e da dificuldade de conscientização e treinamento de uma mão de obra pouco qualificada, além da falta de divulgação dos benefícios que o controle preventivo da geração de resíduos pode trazer para a empresa e à sociedade de um modo geral.

2.5- Redução do consumo e reuso da água na indústria de alimentos

A limitação de reservas de água doce no planeta, o aumento da demanda de água para atender, principalmente, o consumo humano, agrícola e industrial, a prioridade de utilização dos recursos hídricos disponíveis para abastecimento público e as restrições que vêm sendo impostas em relação à captação de água e

lançamento de efluentes, incluindo a definição dos critérios de cobrança, têm aumentado a pressão pelo uso eficiente da água. Nesse contexto, torna-se inevitável a adoção de estratégias que visem à racionalização da utilização dos recursos hídricos e à redução dos impactos negativos relativos à geração de efluentes pelas indústrias (FIESP/CIESP, 2006).

A pressão sobre o uso da água só tende a aumentar, o que vai lhe conferir valor econômico, como já implantado em algumas regiões, e aumento das restrições com relação ao lançamento de efluentes (POHLMANN, 2004).

Práticas preventivas, como o uso eficiente e o reuso d'água, constituem uma maneira inteligente de se poder ampliar o número de usuários de um sistema de abastecimento, sem a necessidade de grandes investimentos na ampliação ou na instalação de novos sistemas de abastecimento de água (FIESP/CIESP, 2006).

O foco das modernas práticas de gerenciamento consiste no controle preventivo da geração de resíduos, visando à minimização da carga poluidora e à redução do consumo de água na linha de processamento (JOHNS, 1995).

Na indústria de alimentos e em especial no setor lácteo, as técnicas e procedimentos usados durante a limpeza podem influenciar muito o consumo de água e a carga poluente total dos resíduos gerados. A padronização dos procedimentos de higienização, a conscientização dos funcionários e uma limpeza a seco dos equipamentos e piso para remoção dos resíduos grosseiros, antes da lavagem, reduzem significativamente o consumo de água e a carga poluente do efluente (MACHADO et al., 2002).

Uma avaliação constante do processo de produção ajuda a reduzir as perdas de água e a identificar onde é possível fazer reciclagem. Essas ações devem sempre ser consideradas em empresas que buscam a excelência na área ambiental (POHLMANN, 2004).

De modo geral existem dois tipos de ações para redução e controle do consumo de água: ações de gerenciamento e ações de engenharia de processo. As ações de gerenciamento são iniciativas que, normalmente, não implicam custos adicionais significativos. Por outro lado, as ações de engenharia de processo dizem respeito à aplicação de técnicas de engenharia voltadas aos processos industriais, que podem exigir investimentos maiores, como automação e troca de equipamentos (MACHADO et al., 2002).

Estudos realizados por CARAWAN e PILKINGTON (1986), em uma planta de processamento de carne, mostraram que medidas simples, como treinamento de funcionários, substituição de equipamentos de limpeza, uso de sprays e válvulas automáticas e mudanças nos processos, reduziram significativamente o consumo de água e a carga poluidora, sendo obtida uma redução de aproximadamente 30% no consumo de água.

Outro aspecto que tem despertado interesse é o reuso da água. Essa é uma das alternativas que também merece destaque e está sendo cada vez mais empregada pelas indústrias. Para análise da implantação do reuso de efluentes na indústria, há duas alternativas a serem consideradas. A primeira refere-se ao reuso de água proveniente de efluentes tratados em estações administradas por concessionárias ou outras indústrias. A segunda, mais comum, é o reuso de efluentes tratados ou não, provenientes de atividades realizadas na própria indústria. Dentro da segunda alternativa, uma prática que tem apresentado bons resultados é o reuso de efluentes em cascata. Nesse caso, o efluente originado em um processo industrial é diretamente utilizado em um processo subsequente (FIESP/CIESP, 2006).

O desafio é identificar as possibilidades de reuso de acordo com a realidade de cada indústria, e encontrar o tipo de tratamento necessário para transformar um efluente antes descartado em água de reuso. Segundo POHLMANN (2004), existem algumas características desejáveis da água de reuso para qualquer finalidade e que podem ser obtidos com alternativas e custos variáveis. Essas características são: baixa carga orgânica, baixo teor de sólidos totais, baixa contagem de micro-organismos e ausência de odores.

Nas últimas décadas, muitos projetos foram implantados em abatedouros na Austrália, com a finalidade de reuso da água em áreas que não necessitam de água potável. A maioria envolve um tratamento prévio da água antes do seu reuso (JOHNS, 1995).

Outra alternativa que algumas indústrias têm implantado é o reuso após o efluente passar por todas as etapas de tratamento nas estações de tratamento de efluentes (ETE's). A indústria que deseja fazer esse procedimento deve planejar o sistema de tratamento de forma a reduzir a necessidade de um tratamento complementar (POHLMANN 2004).

2.6- Uso das Novas Tecnologias da Informação e Comunicação (nTIC)

O uso das novas tecnologias da informação e comunicação (nTIC) é uma realidade presente nos diversos seguimentos. O processo educacional vive um tempo revolucionário, manifestando-se claramente com a utilização, cada vez mais intensa, de novas tecnologias da informação e comunicação. Os especialistas avaliam e criticam, e os professores precisam se adaptar a exigências antes desconhecidas. O mercado oferece produtos, serviços, marcas, experiências e ilusões em um mercado educacional cada vez mais amplo e dinâmico (BRUNNER, 2004).

Wankat (2002) afirma que “E-mail e a WorldWideWeb (www) revolucionaram a maneira de se comunicar e obter informação”, afetando diretamente a educação. O que se observa é que novas formas de comunicação estão trazendo mudanças a alguns conceitos já estabelecidos, embora ainda se encontre a utilização de um meio relativamente novo, como a Web, sendo trabalhado de maneira tradicional, sem utilizar as particularidades e potencialidades das tecnologias digitais (BIAZUS, 2003).

As empresas estão confiando cada vez mais nas novas tecnologias de informação e comunicação, que têm oferecido uma diversidade de métodos para o auto-treinamento. Várias organizações estão descobrindo que os computadores podem ser um professor paciente e disponível de acordo com a disponibilidade de horário e local dos profissionais (GUERRA, 2000).

Segundo GUERRA (2000) a ideia é transformar o ambiente de trabalho em uma sala de aula permanente. Sistemas especialistas, sistemas multimídia e hipermídia, cursos via rede internet ou intranet, bem como a utilização de CD-ROMs são algumas das alternativas que estão sendo utilizadas.

Segundo TAROUÇO et al. (2008) deve-se evitar a sobrecarga cognitiva no uso da multimídia, sendo necessário que algumas metas sejam almejadas. Entre elas, podemos citar a efetividade, a eficiência e a atratividade. A efetividade diz respeito à melhor forma de aprendizagem do sujeito, permitindo que ele tenha precisão ao relembrar e capacidade para reter e transferir o que está aprendendo e que consiga generalizar suas habilidades e esforços cognitivos. Eficiência corresponde à quantidade de aprendizagem do sujeito por curto período de

tempo, e atratividade refere-se a dedicar tempo e energia à atividade de aprendizagem, revendo e revisando conceitos.

Para que seja alcançado um balanço perfeito na utilização dos recursos tecnológicos é necessário atentar-se para os diferentes estilos do público alvo. Segundo TAVARES et al. (2001), uma ferramenta poderosa na transferência de informação é o uso de sistemas multimídia, uma vez que permite o uso das mais diferentes mídias (desde um simples texto até complexas animações representando batimentos cardíacos ou rotações de moléculas), além do fato de que duas ou mais mídias podem ser combinadas para se alcançar um efeito educacional mais apurado do que se pretende transmitir.

Todo conhecimento é mais facilmente adquirido e retido quando a pessoa se envolve mais ativamente no processo de aprendizagem. Portanto, graças à característica reticular e não-linear da multimídia interativa, a atitude exploratória é bastante favorecida, sendo assim um instrumento importante para disseminação de informações, realização de simulações e suporte na tomada de decisões (LÉVY, 1993).

Um dos aspectos geralmente enfatizados em discussões sobre sistemas de apoio à processos decisórios é a necessidade de facilitar seu uso. As chamadas “interfaces amigáveis” têm sua construção facilitada por desenvolvimentos recentes na tecnologia computacional. Entre eles destacam-se os Sistemas Multimídia (FONSECA FILHO, 1998).

Sistema multimídia é qualquer combinação de texto, arte gráfica, som, animação e vídeo transmitidos pelo computador. Se você permite que o usuário controle quando e quais elementos serão transmitidos, isso se chama multimídia interativa. Se você fornece uma estrutura de elementos vinculados pela qual o usuário pode se mover, a multimídia interativa torna-se hipermídia (VAUGHAN, 1994). De modo geral, a noção de multimídia está ligada a uma maneira de apresentar e recuperar informações de forma não linear, segundo um modelo de redes compostas de nós interconectados. Esses nós podem conter tanto informações de textos e gráficos, como informações de outro tipo, tais como imagens e sons digitalizados, sequências de animação e vídeo interativo (FONSECA FILHO, 1998).

O que se vê na tela do computador de multimídia a qualquer momento é um conjunto desses elementos. Algumas partes destas imagens podem se

deslocar ou mover, para que a tela nunca pareça estar parada, atraindo os olhos do visualizador. A tela é o lugar onde ocorre a ação e contém muito mais que a mensagem a ser transmitida. Ela é a principal conexão do usuário com o conteúdo do sistema de informação. Os mapas de *bits* são utilizados para imagens de fotos reais e para desenhos complexos que requeiram detalhes. A aparência desses tipos de imagens depende da resolução da tela e das capacidades gráficas de *hardware* e do monitor do computador. O julgamento do usuário a respeito deste tipo de veículo de comunicação é fortemente influenciado pelo seu impacto visual. Além disso, as fotos e os filmes auxiliam no entendimento do assunto, tornando a leitura agradável e estimulando a busca pelas informações (VAUGHAN, 1994).

Os elementos multimídia normalmente são colocados juntos, utilizando-se programas de autoriação. Tais ferramentas de *softwares* são projetadas para controlar os elementos de multimídia e propiciar interação ao usuário. Além de fornecer um método para interação dos usuários, a maioria dos programas de autoriação oferece facilidades para criação e edição de texto e imagens, com extensões para gerenciar controladores de videodisco, videoteipe e outros importantes periféricos de *hardware*. Sons e filmes são criados por ferramentas de edições dirigidas a estas mídias e, portanto, são importantes para o sistema de reprodução. A soma do que se consegue reproduzir é a interface humana que determina as regras do que acontece com a interação do usuário ao que está na tela. O *hardware* e o *software* que controlam os limites do que pode acontecer são as plataformas ou os ambientes do multimídia (VAUGHAN, 1994).

A multimídia realça as interfaces tradicionais e produz benefícios mensuráveis, ganhando e mantendo a atenção e o interesse, o que inevitavelmente promove a retenção melhorada de informações (VAUGHAN, 1994). Os sistemas de multimídia claramente devem fornecer não somente uma combinação de vários tipos de informação, como também acesso conveniente a essa informação.

O hipertexto é uma forma de apresentação ou organização de informações escritas, no qual blocos de texto estão articulados por remissões, de modo que, em lugar de seguir um encadeamento linear e único, o leitor pode formar diversas sequências associativas conforme seu interesse (FONSECA FILHO, 1998).

A característica da multimídia, semelhante aos nossos esquemas mentais, na busca intuitiva de informações, tem levado os projetistas de software a pesquisarem e desenvolverem interfaces de software, baseados neste paradigma (FONSECA FILHO, 1998).

Um sistema multimídia para apoio à decisão pode ser utilizado como uma ferramenta de treinamento, proporcionando mais aprendizagem e disseminando informações, pois contém o conhecimento de especialistas de determinada área. Esse conhecimento é difundido por um programa de computador para outros não-especialistas, em locais onde, até então, não era possível a solução de alguns problemas. Ao utilizar esses conhecimentos para facilitar o processo de tomada de decisão, enriquece as conclusões sobre tal decisão e pode concentrar-se em outros pontos de determinado problema. O computador pode ser utilizado para transferência de tecnologias (ANTUNES, 2003).

Nos últimos anos, alguns sistemas especialistas e multimídia, específicos para a indústria de alimentos, foram desenvolvidos no Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFV. Alguns desses sistemas são descritos a seguir:

- **SISTSAN** (SPROESSER, 1991)

Trata-se de um sistema especialista que tem por objetivo recomendar procedimentos de higiene e sanificação para técnicos de empresas laticinistas.

- **ACQUA_SIST** (MACEDO, 1995)

Sistema especialista, aplicado ao controle e tratamento de água na indústria de alimentos. O sistema permite a consulta e a emissão de laudos técnicos para condições de potabilização de mananciais e também para aplicações específicas dentro da indústria de alimentos, tais como a avaliação da qualidade da água para geração de vapor em caldeiras de baixa, média e alta pressões. Abrange também a avaliação da água de resfriamento de latas após a esterilização comercial, de equipamentos, de processos e de sistemas de refrigeração, bem como para a higienização de paredes, pisos, superfícies de alimentos, tubulações e equipamentos. Pode ainda efetuar consultas sobre a legislação vigente no que se refere às condições de potabilização de mananciais e padrões de potabilidade de água.

- **BAC-SIST** (FREITAS, 1995)

Consiste em um sistema especialista que tem por objetivo a diagnose de toxinfecções de origem bacteriana. É destinado, principalmente, aos administradores de serviços de alimentação. O software é constituído de três módulos: o primeiro avalia os aspectos epidemiológicos de surtos, definindo se o problema é uma intoxicação ou infecção, fornecendo, também, indícios sobre os prováveis microrganismos envolvidos. O segundo módulo avalia informações de análises laboratoriais dos alimentos envolvidos no surto, enquanto o terceiro componente do sistema avalia informações de exames laboratoriais de material recolhido da população envolvida no surto. A partir dessas análises, um laudo final é emitido.

- **CleanUp** (ANTUNES, 2003)

Corresponde a um sistema multimídia de apoio à decisão em procedimentos de higiene, para unidades de alimentação e nutrição (UAN). Esse sistema tem como objetivo subsidiar a melhoria de procedimentos de higienização nas UAN, sendo constituído de cinco módulos principais: Métodos de higienização, Limites críticos, Monitoramento dos limites críticos, Ações corretivas e Entendendo a higiene, além dos itens de apoio como glossário, saiba mais e legislação.

- **Coalho Quality** (CAVALCANTE, 2005)

Refere-se a um sistema multimídia de apoio à decisão na fabricação de queijo coalho com qualidade. O objetivo do sistema multimídia é disponibilizar informações relacionadas à produção de leite e queijo coalho com segurança alimentar, sendo destinado aos proprietários e colaboradores das pequenas queijarias artesanais da Região Nordeste do Brasil.

Existem também outros sistemas multimídias desenvolvidos por outras instituições, já disponíveis, como o PAS - Programa Alimentos Seguros - Ferramentas para Implantação do Sistema APPCC e das Boas Práticas (SENAI, 1998), entre outros.

CAPÍTULO 1: RECIRCULAÇÃO E REUSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS, COM E SEM REGENERAÇÃO, NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

1- INTRODUÇÃO

A limitação das reservas de água doce no planeta aliada ao aumento da demanda de água e às restrições ambientais têm aumentado a pressão pelo uso eficiente da água. Sendo assim, as grandes e pequenas empresas têm sido obrigadas, via restrições ao comércio, a adotarem, além dos padrões de qualidade de processos e produtos, os padrões de qualidade ambiental.

Durante algum tempo as empresas preocuparam apenas em atender a legislação ambiental, utilizando a chamada tecnologia de fim de tubo, acreditando que a proteção ambiental representava aumento nos custos de produção. No entanto, a gestão ambiental baseada na prevenção, minimização e reaproveitamento dos resíduos mostra-se como uma alternativa mais viável, uma vez que direciona as empresas para o desenvolvimento econômico sustentável e competitivo, além de refletir no aumento de seus lucros.

No entanto, a aplicação de práticas preventivas para uso racional da água e tratamento dos efluentes na indústria de laticínios ainda é incipiente em relação a outros setores, sendo que a maioria das indústrias não consegue atender a legislação ambiental vigente.

Por outro lado, a indústria de laticínios apresenta um grande potencial para aplicação de alternativas de reuso, uma vez que existe uma demanda por diferentes qualidades da água em função do seu uso. Como exemplos, podem ser citadas as operações de resfriamento, produção de vapor, higienização de equipamentos e ambiente de processamento e as operações relacionadas às unidades de apoio, sendo que cada uma delas exige uma qualidade de água específica.

Apesar do grande consumo de água e do potencial de reuso, essa prática ainda é pouco utilizada na indústria de laticínios. Isso se deve à ausência da aplicação de procedimentos para caracterização das correntes de água em cada operação e, principalmente, pela falta de aplicação de uma ferramenta de integração de processo que permita uma análise sistêmica, fornecendo soluções para o máximo reuso, incluindo alternativas de regeneração com recirculação ou reuso.

Atualmente, algumas empresas até fazem o reuso ou recirculação de algumas correntes específicas de águas residuárias como, por exemplo, as soluções CIP's. No entanto, essa prática é feita de forma empírica, sem uma análise mais aprofundada de como regenerar essas soluções, qual o limite máximo do número de reuso dessas soluções, como monitorar a qualidade dessas soluções e como avaliar a eficiência dos procedimentos de higienização. Sendo assim, devem-se definir parâmetros adequados para o reuso de correntes específicas de águas residuárias de laticínios, para que essa prática seja aplicada de forma segura e eficiente, o que proporcionará uma redução na geração de resíduos, facilitando a adequação da indústria à legislação ambiental, além da redução dos custos de produção.

2- OBJETIVOS

2.1- Objetivo geral

Avaliar parâmetros físico-químicos e microbiológicos e definir alternativas de reuso ou recirculação, com e sem regeneração, de águas residuárias originárias de algumas operações específicas da indústria de laticínios.

2.2- Objetivos específicos:

- Avaliar alterações físico-químicas e microbiológicas das soluções de limpeza CIP após o uso e definir parâmetros para reuso e regeneração com recirculação;
- Caracterizar as águas residuárias proveniente do enxágue das soluções de limpeza CIP e definir alternativas para reuso e/ou regeneração com reuso;
- Avaliar a eficiência dos procedimentos de higienização realizados nos processos de reuso das soluções de limpeza CIP.

3- METODOLOGIA

Todos os testes foram realizados em uma situação real da indústria de laticínios, utilizando duas linhas de processamento que incluem a linha de pasteurização de leite (Figura 2) e a linha de envase do leite pasteurizado (Figura 3).

3.1- Características das linhas

3.1.1- Linha de pasteurização de leite

Componentes: pasteurizador a placas, homogeneizador, retardador, tanque de equilíbrio, duas bombas centrífugas, tubulações de aço inoxidável e filtro de linha.

Pasteurizador:

- Capacidade: $1,5\text{m}^3/\text{h}$
- Número de placas: 85 (71,0 cm x 13,0 cm cada)
- Área Superficial: $7,85\text{ m}^2$

Homogeneizador:

- Capacidade: $1,5\text{m}^3/\text{h}$

Tubulação de aço inoxidável (circulação do leite cru e pasteurizado):

- Comprimento: 77,33 m
- Diâmetro interno: 0,0381 m (1,5 pol)
- Área superficial: $9,26\text{ m}^2$
- Número de curvas de 90° : 54
- Número de curvas de 180° : 1
- Número de Tê e válvulas: 1 Tê e 8 válvulas
- Filtro de linha: 1 com 0,43 m

Tubulação de aço inoxidável (Retardador $72\text{ }^\circ\text{C}/15\text{ seg}$):

- Comprimento: 11,63 m
- Diâmetro interno: 0,0508 m (2,0 pol)
- Área superficial: $1,86\text{ m}^2$
- Número de curvas de 180° : 5

Tanque de Equilíbrio:

- Volume: $0,082\text{ m}^3$
- Área superficial: $0,90\text{ m}^2$

Bombas centrífugas

- Vazão de soda: $8,3 \times 10^{-4}\text{ m}^3/\text{s}$ ($3,0\text{ m}^3/\text{h}$)
- Velocidade média de escoamento da soda: 0,73 m/s
- Vazão de água de enxágue da soda: $7,1 \times 10^{-4}\text{ m}^3/\text{s}$ ($2,57\text{ m}^3/\text{h}$)
- Velocidade média de escoamento da água de enxágue da soda: 0,627 m/s
- Vazão de água de enxágue do leite: $6,4 \times 10^{-4}\text{ m}^3/\text{s}$ ($2,32\text{ m}^3/\text{h}$)
- Velocidade média de escoamento da água de enxágue do leite: 0,566 m/s

Área superficial total (exceto homogeneizador): $19,71\text{ m}^2$

- Durante os testes foram processados em média 5,6 m³/dia de leite;



Figura 2 – Linha de pasteurização onde foram feitos os testes de reuso das soluções CIP's

3.1.2- Linha de envase de leite pasteurizado

A linha onde os testes foram realizados é constituída de:

- Tanque de estocagem do leite pasteurizado: Volume = 1,6 m³;
- Área superficial = 7,72 m²
- Bomba centrífuga: Vazão = $1,1 \times 10^{-3}$ m³/s (3,952 m³/h)
- Velocidade média de escoamento na tubulação: 0,963 m/s

Tanque de equilíbrio: Volume = 0,082 m³

- Área superficial = 0,90 m²;
- Tubulação: Comprimento = 5,45 m; Diâmetro (interno) = 0,0381m (1,5 pol); Área superficial = 0,654 m².
- **Área Superficial total da linha: 9,27 m²**
- Durante os testes foram processados em média 6,3m³/dia de leite;



Figura 3 – Linha de envase de leite pasteurizado onde foram feitos os testes de reuso das soluções CIP's

Para ambos os testes avaliaram-se as soluções de limpeza CIP em relação à alternativa de regeneração com recirculação, ou seja, após cada uso, a solução era coletada, corrigida em relação à concentração do princípio ativo e utilizada novamente no processo de higienização seguinte na mesma linha com o mesmo objetivo.

Para realização dos testes o procedimento de higienização das tubulações e equipamentos foi padronizado, sendo constituídos das seguintes etapas:

- 1- Remoção dos resíduos de leite utilizando água industrial a 22 °C (temperatura ambiente) durante $3,0 \pm 1,0$ min.
- 2- Circulação da solução de hidróxido de sódio (NaOH) na concentração de 1,5% de alcalinidade cáustica na temperatura variando de 77,0 °C a 80,0 °C durante 30 minutos.
- 3- Circulação de água a 22 °C (temperatura ambiente) até a completa remoção dos resíduos da solução alcalina verificado pelo teste da fenolftaleína (viragem de

rosa para incolor). As etapas 1, 2 e 3 foram realizadas diariamente, logo após o fim do processo produtivo.

4- Circulação da solução de Ácido Nítrico (HNO_3) na concentração de 1,0% de acidez na temperatura variando de 55,0 °C a 60,0 °C durante 30 min. Esse procedimento foi realizado em dias alternados, logo após o enxágue da solução alcalina.

5- Circulação de água a 22 °C (temperatura ambiente) até completa remoção dos resíduos da solução ácida verificado pelo teste de vermelho de metila (viragem de vermelho para incolor).

6- Circulação de água a temperatura de 85 °C a 90 °C durante 2 min. logo após concluir a etapa 3 ou 5 com a finalidade de sanitização.

7- Circulação de água a temperatura de 85 °C a 90 °C durante 3 min. imediatamente antes de iniciar a produção no dia seguinte.

3.1- Procedimento de preparo e correção da solução alcalina

Para a realização dos testes foi utilizada solução alcalina a 1,5% m/v de alcalinidade cáustica preparada com NaOH a partir do produto comercial com 98% m/v de pureza fornecida pela empresa ABC, com sede no município de Itaperuna-RJ. Para a linha do pasteurizador a solução de soda original (solução alcalina) foi preparada adicionando 2,25 kg do produto comercial em 150 litros de água industrial, distribuídos em três latões de aço inoxidável. Na sequência a solução foi adicionada ao tanque de equilíbrio, sendo bombeada para o pasteurizador, onde ocorreu seu aquecimento para 80 °C, seguido da circulação na linha por 30 min. Para a linha de envase de leite pasteurizado a solução de soda original foi preparada adicionando 1,225 kg do produto comercial em 80 litros de água industrial, já aquecida pela injeção de vapor direto no tanque de equilíbrio da máquina de envase.

Após o primeiro uso realizado de acordo com procedimento de higienização descrito acima, a solução de soda foi coletada em latões de aço inoxidável limpos e sanitizados com vapor, onde permaneceu até o dia seguinte aguardando seu reuso. Para a linha do pasteurizador, antes do reuso no dia seguinte, logo após o fim da produção, a solução de soda acondicionada nos latões foi corrigida para a concentração de 1,5% de alcalinidade cáustica e transferida para o tanque de equilíbrio, iniciando assim o procedimento de

higienização com seu aquecimento no pasteurizador até 80 °C. O mesmo procedimento foi adotado para a linha de envase de leite pasteurizado, com exceção do aquecimento que ocorreu pela injeção de vapor direto, após a adição da solução no tanque de equilíbrio, seguida da correção da concentração de alcalinidade cáustica para 1,5%.

Para avaliar as alterações que ocorreram na solução alcalina logo após cada uso foram realizadas análises de alcalinidade cáustica, pH, turbidez, condutividade elétrica, dureza, cloretos, sólidos totais e DQO. No dia seguinte, antes de iniciar o novo uso da solução, foram coletadas amostras para análises microbiológicas, incluindo contagem global de mesófilos (heterotróficos) e coliformes a 35°C.

3.2- Procedimento de preparo e correção da solução ácida

Para realização dos testes foi utilizada solução ácida a 1,0% m/v de acidez titulável preparada com HNO₃ a partir do produto comercial, com 50% m/v de pureza fornecida pela empresa ABC. Para a linha do pasteurizador, a solução ácida original foi preparada adicionando 2,264 litros do produto comercial em 150 litros de água industrial, distribuídos em três latões de aço inoxidável. Na sequência, a solução foi adicionada ao tanque de equilíbrio, sendo bombeada para o pasteurizador, onde ocorreu seu aquecimento para 60 °C, seguido da circulação na linha por 30 minutos. Para a linha de envase de leite pasteurizado a solução ácida original foi preparada adicionando 1,21 litros do produto comercial em 80 litros de água industrial já aquecida pela injeção de vapor direto no tanque de equilíbrio da máquina de envase.

Após o primeiro uso, realizado de acordo com o procedimento de higienização descrito acima, a solução ácida foi coletada para reuso em dias alternados, sendo corrigida para 1% de acidez, seguindo os mesmos procedimentos de aquecimento e correção já descritos para a solução de soda, antes de cada reuso, para ambas as linhas.

Para avaliar as alterações que ocorreram na solução ácida logo após cada uso foram realizadas análises de acidez, pH, turbidez, condutividade elétrica, dureza, cloretos, sólidos totais e DQO. No dia seguinte, antes de iniciar o novo uso da solução, foram coletadas amostras para análises microbiológicas, incluindo contagem global de mesófilos (heterotróficos) e coliformes a 35°C.

3.3- Avaliação das soluções de enxágue

As soluções de enxágue das soluções alcalinas e ácidas foram coletadas em latões de aço inoxidável limpos e sanitizados com vapor, sendo avaliadas logo após a coleta em relação ao pH, turbidez, condutividade elétrica, dureza, cloretos, sólidos totais, DQO e acidez ou alcalinidade (em função do pH apresentado). Também foi avaliada, em relação aos mesmos parâmetros descritos acima, a solução proveniente da mistura de volumes proporcionais de cada uma das soluções de enxágue. Além disso, após 24 horas do uso, essas soluções foram avaliadas em relação a parâmetros microbiológicos, incluindo contagem global de mesófilos (heterotróficos) e coliformes a 35°C.

3.4- Avaliação das superfícies dos equipamentos

Antes de iniciar o processo produtivo, logo após a circulação da água quente nos equipamentos e tubulação (etapa 7) as superfícies foram avaliadas pelo método de ATP bioluminescência e swab para contagem global de mesófilos. Para avaliação das superfícies da linha do pasteurizador foram definidos três pontos considerados de difícil higienização, sendo eles: tubulação de entrada do leite cru no pasteurizador, início da tubulação do retardador e saída do leite pasteurizado do pasteurizador. Para avaliação das superfícies da linha de envase de leite pasteurizado foram definidos dois pontos dentro do tanque de alimentação da máquina de envase (tampa e fundo) e dois pontos na tubulação (saída da bomba e curva superior).

Os testes experimentais foram realizados em três repetições, com duração média de uma semana para cada repetição. Para a solução de soda foram realizados 5 usos (4 reusos) e 6 usos (5 reusos) para a linha do pasteurizador e envase de leite pasteurizado, respectivamente, e 3 usos (2 reusos) para solução ácida, para ambas as linhas. Todas as análises foram realizadas em duplicata.

3.5- Métodos analíticos

3.5.1- Análises físico-químicas para qualidade de água

As análises de alcalinidade, acidez, DQO, sólidos totais, dureza e cloretos foram realizadas de acordo com metodologia descrita em APHA (2005). As análises de turbidez foram realizadas no laboratório da Estação de Tratamento de Água-ETA/UFV utilizando turbidímetro da marca HACH, Modelo 2.100 P. As

análises de condutividade elétrica foram realizadas no Laboratório de Celulose e Papel da UFV, usando condutivímetro da marca Digimed, modelo DM-3P com Célula de condutividade K=1.

3.5.2- Análises microbiológicas

As análises microbiológicas foram realizadas de acordo com a metodologia das placas 3M Petrifilm, conforme preconizado pelo fabricante (3M/EUA) e aprovação da AOAC: Placa AC (mesófilos): AOAC 990.12 e Placa CC (Coliformes): AOAC 991.14.

Foi necessária a neutralização das amostras a fim de obter valores de pH nos quais os micro-organismos pudessem se desenvolver.

Para neutralizar as soluções de soda foi utilizado o fosfato de potássio monobásico (KH_2PO_4) 0,1582 M. A proporção utilizada foi: 1mL de solução de soda para 4mL de solução fosfato. Com isso obteve-se um fator de diluição igual a 5.

Para neutralizar as soluções ácidas foi utilizado o fosfato de potássio dibásico (K_2HPO_4) 0,12 M. A proporção utilizada foi: 1mL de solução ácida para 2 mL de solução fosfato. Com isso obteve-se um fator de diluição igual a 3.

Para neutralizar as soluções de enxágue, tanto da soda, quanto do ácido ou da mistura, foi utilizado solução salina fosfatada tamponada pH 7,2, segundo metodologia disponível na Instrução Normativa Nº 62 (BRASIL, 2004). As proporções utilizadas foram: 1 mL de solução de enxágue da soda para 2 mL de solução tampão; 1 mL de solução de enxágue do ácido para 2mL de solução tampão (linha pasteurizador), 1 mL de solução de enxágue do ácido para 1 mL de solução tampão (linha envase de leite) e 1 mL de solução de mistura dos enxágues de soda e ácido para 1 mL de solução tampão, obtendo-se, respectivamente, uma diluição igual a 3; 3; 2 e 2.

4- RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1- Parâmetros físico-químicos

Para facilitar a análise dos resultados apresentou-se e discutiu-se os dados obtidos para cada uma das soluções avaliadas, em relação a cada parâmetro, separadamente, comparando o comportamento observado para a linha de pasteurização e a linha de envase de leite.

4.1.1- Variação da alcalinidade e acidez das soluções CIP's e de seus respectivos enxágues

- **Variação da alcalinidade na solução de soda**

Conforme apresentado no Quadro 8 e ilustrado na Figura 4, pode-se observar que, para a linha de envase de leite pasteurizado, a variação na concentração de soda (teor de alcalinidade cáustica) no decorrer de vários usos seguidos de correções permaneceu em uma faixa constante e inferior a 0,21%. Ao final dos testes pôde-se observar que, durante cada uso da solução, a perda média da massa de soda foi de 0,152 kg de um total de 1,225 kg do produto comercial a 98% de pureza adicionado em 80 L da solução utilizada nos testes, o que representa uma perda média igual a 12,4% durante cada uso. No entanto, é importante ressaltar que a massa de soda necessária para corrigir a concentração da solução para 1,5% após cada uso foi em média igual a 0,281 kg, resultando em uma perda total em torno de 23,0%. A necessidade de adição de uma massa de soda superior à perda durante cada uso (0,152 kg) se deve à diluição ocorrida proveniente do condensado incorporado na solução na etapa de aquecimento da mesma antes de cada uso. Em média foram incorporados cerca de 8,4 L de condensado durante cada aquecimento.

Para a linha de pasteurização o comportamento foi semelhante ao ocorrido na linha de envase, conforme dados apresentados no Quadro 1 e Figura 4. Entretanto, a variação no teor de alcalinidade cáustica durante cada uso foi bem inferior ao observado para a linha de envase, sendo obtido um valor médio igual a 0,03%. Essa variação corresponde a uma perda média de massa de soda igual a 0,046 kg de um total de 2,3 kg do produto comercial a 98% adicionado em 150 L da solução, ou seja, uma perda média igual a 2,0% durante cada uso. É importante ressaltar que, na linha de pasteurização, também ocorreu um evento que contribuiu para diluição da solução após seu uso, exigindo uma massa de soda

a fim de corrigi-la para 1,5% após cada uso, em média igual a 0,140 kg, o que corresponde a uma perda total de 6,0%. Essa diluição ocorreu durante a etapa de remoção da solução da linha, realizada pela introdução de água industrial para enxágue da linha. Em média foram incorporados cerca de 6,1 L de água de enxágue na solução durante a sua remoção da linha.

Quadro 8 - Valor médio das concentrações de alcalinidade das soluções original e corrigidas e das soluções logo após cada uso e variação média durante cada uso, para a linha de envase de leite pasteurizado e a linha de pasteurização.

Soluções	Teor de alcalinidade (%)	Variação média por uso (%)
Linha de envase de leite pasteurizado		
Soda Original	1,548 ± 0,067	0,192
Soda 1º Uso	1,357 ± 0,090	
Soda 1º Uso Corrigida	1,525 ± 0,066	0,188
Soda 2º Uso	1,320 ± 0,105	
Soda 2º Uso Corrigida	1,467 ± 0,097	0,170
Soda 3º Uso	1,297 ± 0,029	
Soda 3º Uso Corrigida	1,491 ± 0,091	0,204
Soda 4º Uso	1,287 ± 0,040	
Soda 4º Uso Corrigida	1,508 ± 0,094	0,163
Soda 5º Uso	1,345 ± 0,023	
Soda 5º Uso Corrigida	1,458 ± 0,097	0,207
Soda 6º Uso	1,251 ± 0,037	
Variação média da alcalinidade ocorrida durante cada uso da solução (%)		0,187
Perda média de massa de soda durante cada uso da solução(kg)		0,152
Quantidade média de soda adicionada na solução após cada uso para correção (kg)		0,281
Linha de pasteurização		
Soda Original	1,508 ± 0,013	0,025
Soda 1º uso	1,483 ± 0,051	
Soda 1º uso corrigida	1,516 ± 0,023	0,019
Soda 2º uso	1,497 ± 0,031	
Soda 2º uso corrigida	1,506 ± 0,019	0,016
Soda 3º uso	1,490 ± 0,018	
Soda 3º uso corrigida	1,522 ± 0,011	0,027
Soda 4º uso	1,495 ± 0,022	
Soda 4º uso corrigida	1,528 ± 0,016	0,063
Soda 5º uso	1,465 ± 0,055	
Variação média da alcalinidade ocorrida durante cada uso da solução (%)		0,030
Perda média de massa de soda durante cada uso da solução (kg)		0,046
Quantidade média de soda adicionada na solução após cada uso para correção (kg)		0,140

Considerando a linha de pasteurização bem mais extensa, com uma área superficial bem maior que a linha de envase de leite e com condições operacionais mais drásticas (presença de tratamento térmico), era esperada uma perda maior de soda na linha de pasteurização durante cada uso. No entanto, ocorreu o inverso. Esse comportamento pode ser justificado pelo efeito de diluição da solução ocorrido na linha de envase, provocado pela introdução de pequena quantidade de vapor direto na solução, durante o período de limpeza, de forma a manter a sua temperatura em torno de 80 °C. Na linha de pasteurização esse efeito de diluição não ocorreu, uma vez que a temperatura da solução foi mantida pelo aquecimento indireto ocorrido no pasteurizador.

Considerando os dados obtidos para as duas linhas, nas condições dos testes, pode-se afirmar que a aplicação da técnica de reuso da solução de soda representaria uma economia em torno de 77% e 94% da quantidade de soda usada diariamente nas linhas de envase e pasteurização, respectivamente. Considerando que a indústria onde os testes foram realizados utiliza, em média, 300 kg de soda por mês e que o custo médio da soda é R\$ 3,00/kg, conclui-se que a economia mensal pode chegar a R\$ 792,00, apenas em relação ao produto químico, sem considerar os benefícios ambientais.

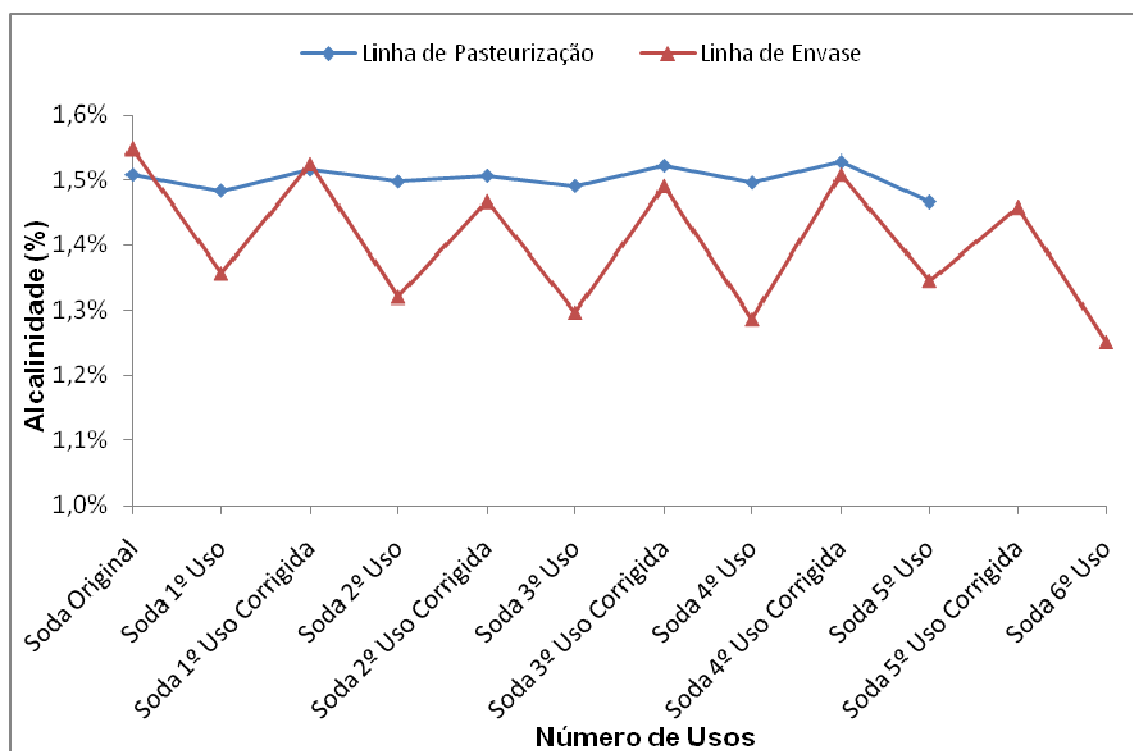


Figura 4 – Variação da concentração de soda ao longo de sucessivos usos e correções para a linha de envase de leite e a linha de pasteurização.

- **Variação da acidez na solução ácida**

Conforme apresentado no Quadro 9 e ilustrado na Figura 5, pode-se observar, para a linha de envase, que a variação na concentração de ácido (teor de acidez) no decorrer de vários usos seguidos de correções permaneceu em uma faixa constante e inferior a 0,11%. Ao final dos testes pode-se observar que, durante cada uso da solução, a perda média da massa de ácido foi de 0,130 kg do total de 1,6 kg do produto comercial a 0,50% adicionados em 80 L da solução utilizada nos testes, ou seja, uma perda em torno de 8,1% durante cada uso. Entretanto, vale ressaltar que, devido ao fator de diluição proveniente da introdução média de 4,75 L de condensado, ocorrido durante aquecimento da solução no início e durante o período de circulação, como já discutido em relação à solução de soda, ocorreu um maior consumo de ácido necessário para corrigir a concentração da solução para 1,0 % após cada uso. Esse valor foi em média igual a 0,225 kg do produto comercial, o que corresponde a cerca de 14,0% do total de ácido presente na solução.

Para a linha de pasteurização, o comportamento da solução ácida repetiu o observado para a solução de soda, sendo semelhante ao ocorrido na linha de envase, mas com uma variação no teor de acidez, bem inferior ao observado para a linha de envase, sendo obtido um valor médio igual a 0,029%. Essa variação corresponde a uma perda média de massa de ácido igual a 0,087 kg de um total de 3,0 kg do produto comercial a 50% adicionado em 150 L de solução, ou seja, uma perda média igual a 2,9% durante cada uso. É importante ressaltar que, semelhante ao ocorrido para a solução de soda, a solução ácida também sofreu uma diluição durante sua remoção da linha, realizada pela introdução de água industrial para enxágue da linha. Essa diluição fez aumentar a massa de ácido necessária para corrigir a solução para 1,0%, após cada uso, sendo consumido em média 0,218 kg, o que resultou numa perda total de ácido em torno de 7,3%. Em média foram incorporados cerca de 6,55 L de água de enxágue na solução durante a sua remoção da linha.

Considerando os dados obtidos para as duas linhas, nas condições dos testes, pode-se afirmar que a aplicação da técnica de reuso da solução ácida representaria uma economia em torno de 86,0% e 92,7% da quantidade de ácido usada para limpeza das linhas de envase e pasteurização, respectivamente. Considerando que a indústria onde os testes foram realizados utiliza em média

260 L de ácido por mês e que o custo médio do ácido é R\$ 1,50/L, conclui-se que a economia mensal pode chegar a R\$ 352,82, apenas em relação ao produto químico, sem considerar os benefícios ambientais. Em relação aos benefícios ambientais é importante ressaltar que as descargas pontuais das soluções CIP's são responsáveis por grandes variações no pH do efluente. Essas variações no pH do efluente proporcionam um desequilíbrio nos sistemas de tratamento, reduz a sua eficiência, produz mau cheiro e aumenta os custos operacionais pela necessidade de dosagem de produtos químicos como a própria soda ou ácido para a correção do pH. Além disso, aumenta os riscos de multas aplicadas pelos órgãos fiscalizadores. A combinação de um sistema de reuso das soluções CIP's, com um descarte programado e gradual após serem misturadas para neutralização, vai produzir um efluente com melhor biodegradabilidade e tratabilidade.

Quadro 9 - Valor médio das concentrações de acidez das soluções original e corrigidas e das soluções logo após cada uso e variação média durante cada uso, para a linha de envase de leite pasteurizado e a linha de pasteurização.

Soluções	Acidez titulável (%)	Variação média por uso (%)
Linha de envase de leite pasteurizado		
Sol. Ácida original	1,040 ± 0,068	0,061
Sol. Ácida 1º uso	0,979 ± 0,081	
Sol. Ácida 1º uso Corrigido	0,996 ± 0,073	0,076
Sol. Ácida 2º uso	0,920 ± 0,104	
Sol. Ácida 2º uso corrigido	1,004 ± 0,066	0,105
Sol. Ácida 3º uso	0,899 ± 0,017	
Variação média da acidez ocorrida durante cada uso da solução (%)		0,081
Perda média de massa de ácido durante cada uso da solução (kg)		0,130
Quantidade média de ácido adicionado na solução após cada uso para correção (kg)		0,225
Linha de pasteurização		
Sol. ácida original	1,021 ± 0,029	0,029
Sol. ácida 1º uso	0,992 ± 0,015	
Sol. ácida 1º uso corrigida	0,998 ± 0,003	0,026
Sol. ácida 2º uso	0,972 ± 0,010	
Sol. ácida 2º uso corrigida	1,008 ± 0,019	0,031
Sol. ácida 3º uso	0,977 ± 0,023	
Variação média da acidez ocorrida durante cada uso da solução (%)		0,029
Perda média de massa de ácida durante cada uso da solução (kg)		0,087
Quantidade média de ácido adicionada na solução após cada uso para correção (kg)		0,218

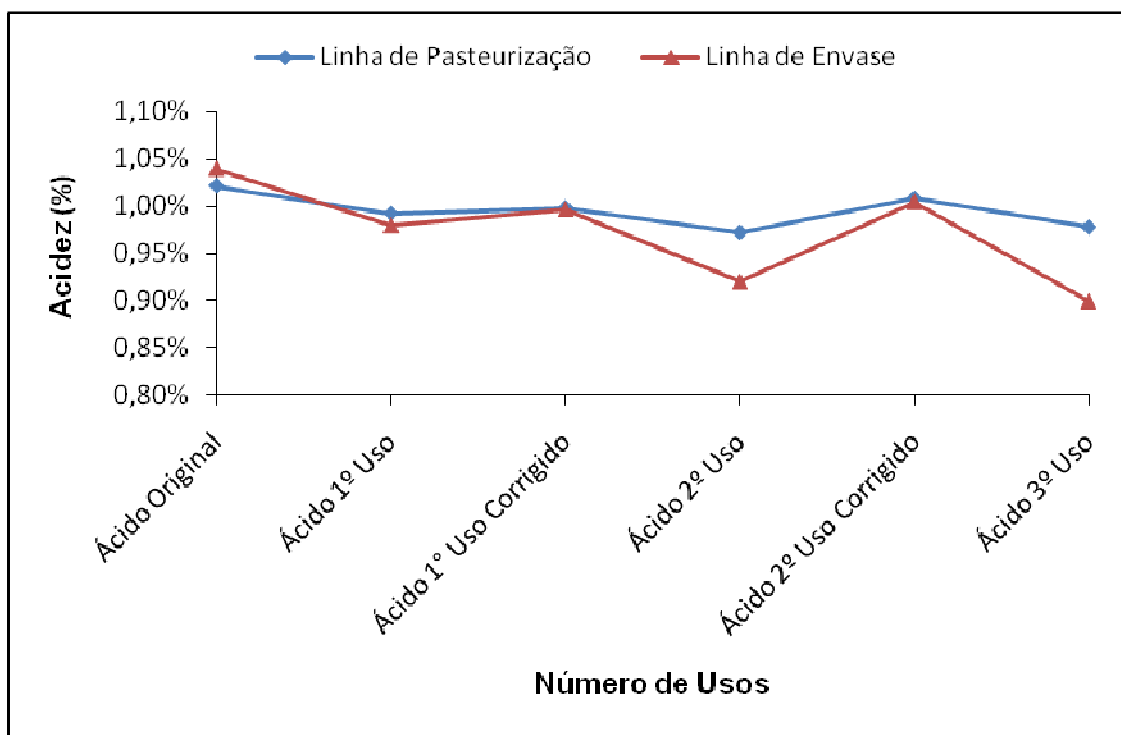


Figura 5 – Variação da concentração do ácido ao longo de sucessivos usos e correções para a linha de envase de leite e a linha de pasteurização.

- **Soluções de enxágue e misturas**

Com a finalidade de buscar alternativas mais viáveis e mais simples em relação aos aspectos operacionais para a aplicação da técnica de reuso, as soluções de enxágue da soda e do ácido foram analisadas, em relação aos diferentes parâmetros, separadamente, e misturadas proporcionalmente aos respectivos volumes gerados.

Como pode ser observado pela análise dos dados apresentados no Quadro 10 e ilustrado nas Figuras 6 e 7, as soluções de enxágue da soda e a mistura entre os enxágues da solução de soda e enxágues da solução ácida apresentaram características alcalinas para as duas linhas avaliadas. Para a linha de envase, os volumes consumidos e coletados durante os enxágues da solução de soda e solução ácida foram 96 L e 100 L, respectivamente, ou seja, semelhantes. Para a linha de pasteurização o mesmo comportamento não foi observado em relação ao volume das soluções de enxágue, sendo consumido um volume médio de 152 L para o enxágue da solução de soda e 97 L para o enxágue da solução ácida, ou seja, uma variação em torno de 57%. Para a linha de envase, o caráter alcalino apresentado pela solução obtida da mistura entre as

duas soluções de enxágue pode ser explicado pelo fato da solução de soda ter sido circulada com 1,5 % de alcalinidade e a solução ácida com 1,0 % de acidez, o que implicou, conseqüentemente, em uma maior concentração de alcalinidade na solução de enxágue da soda, se comparada à concentração de acidez presente na solução de enxágue ácido. Para a linha de pasteurização o comportamento alcalino da solução obtida pela mistura dos enxágues pode ser explicado não apenas pelo fato da solução de soda ter sido circulada com uma concentração maior que a solução ácida, mas também pela mistura proporcional ao volume gerado de cada enxágue. Além disso, é importante ressaltar que na reação estequiométrica entre a soda (NaOH) e o ácido Nítrico (HNO₃) são consumidos 1,575 g do ácido para cada g da soda, ou seja, a solução alcalina é capaz de neutralizar uma solução ácida 57,5 % m/v mais concentrada que ela.

Observou-se também que, de modo geral, a alcalinidade e acidez das soluções de enxágue para a linha de pasteurização foram inferiores aos valores obtidos para a linha de envase. Em relação à alcalinidade, esse comportamento pode ser justificado em parte pelo maior volume de água consumido para enxágue da linha de pasteurização, correspondente a 152 L, comparados com 96 L consumidos na linha de envase. Para as soluções de enxágue da solução ácida, mesmo a linha de pasteurização sendo bem mais extensa, o volume médio de água de enxágue consumido foi igual a 97 L, inferior ao volume observado para a linha de envase, que foi de 100 L. Esse comportamento pode estar relacionado às características dos equipamentos de cada linha e à velocidade de escoamento das soluções, afetando de forma mais intensa a solução ácida.

Para a linha de envase observou-se uma tendência de aumento da alcalinidade e acidez ao longo dos sucessivos usos.

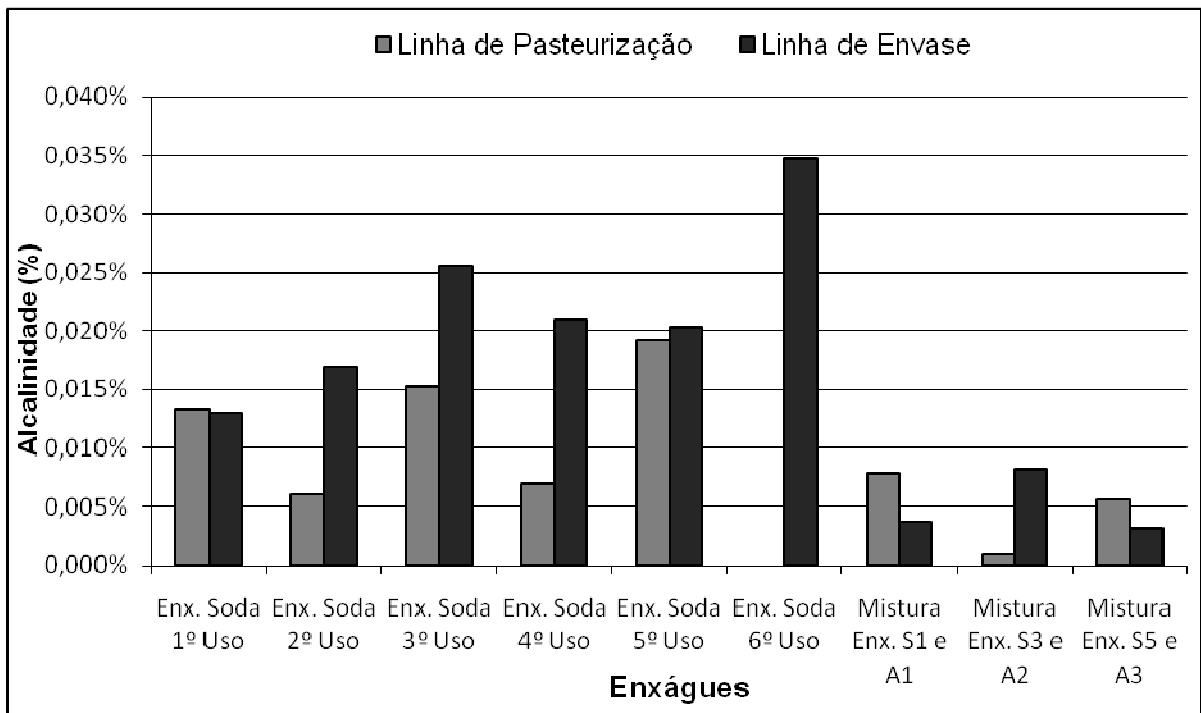


Figura 6 - Variação da concentração de alcalinidade das soluções de enxágue da soda e mistura dos enxágues da soda e da solução ácida ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e linha de envase.

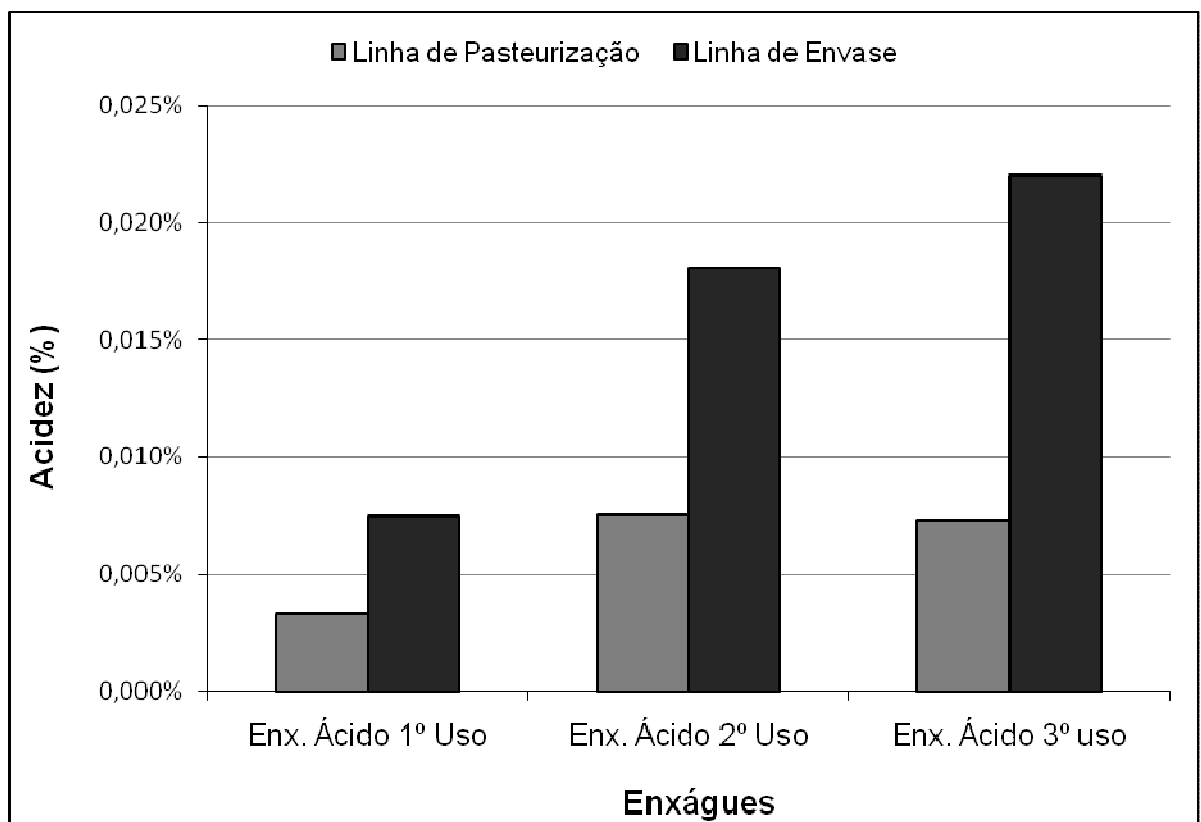


Figura 7- Variação da concentração de acidez das soluções de enxágue ácido ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e linha de envase

Quadro 10 - Valores médios de alcalinidade, acidez, pH e condutividade elétrica das soluções de enxágue da soda, enxágue ácido e mistura obtidos ao longo de sucessivos usos.

Soluções	Alcalinidade (%)	Acidez (%)	Média pH	Cond. elétrica (mS/cm)
Linha de envase de leite				
Enx. Soda 1º Uso	0,013 ± 0,005	-	11,89 ± 0,21	1,26 ± 0,32
Enx. Soda 2º Uso	0,017 ± 0,007	-	11,69 ± 0,30	1,26 ± 0,32
Enx. Soda 3º Uso	0,026 ± 0,009	-	11,67 ± 0,19	1,77 ± 0,30
Enx. Soda 4º Uso	0,021 ± 0,003	-	11,47 ± 0,18	1,25 ± 0,32
Enx. Soda 5º Uso	0,020 ± 0,008	-	11,51 ± 0,27	1,21 ± 0,48
Enx. Soda 6º Uso	0,035 ± 0,0002	-	11,66 ± 0,01	2,01 ± 0,19
Mistura Enx. S1+A1	0,004 ± 0,004	-	10,91 ± 0,30	0,46 ± 0,13
Mistura Enx. S3+A2	0,008 ± 0,001	-	10,97 ± 0,24	0,69 ± 0,07
Mistura Enx. S5+A3	0,003 ± 0,004	-	10,00 ± 0,58	0,55 ± 0,10
Enx. Ácido 1º Uso	-	0,008 ± 0,001	2,64 ± 0,23	1,14 ± 0,02
Enx. Ácido 2º Uso	-	0,018 ± 0,005	2,66 ± 0,24	1,37 ± 0,58
Enx. Ácido 3º Uso	-	0,022 ± 0,015	2,50 ± 0,31	2,16 ± 0,78
Volume médio da solução de enxágue da soda coletado (L)				96
Volume médio da solução de enxágue ácido coletado (L)				100
Linha de Pasteurização				
Enx. Soda 1º uso	0,013 ± 0,009	-	11,35 ± 0,30	1,032 ± 0,649
Enx. Soda 2º uso	0,006 ± 0,004	-	10,84 ± 0,74	0,474 ± 0,326
Enx. Soda 3º uso	0,015 ± 0,013	-	11,28 ± 0,83	1,202 ± 1,007
Enx. Soda 4º uso	0,007 ± 0,003	-	11,05 ± 0,36	0,520 ± 0,218
Enx. Soda 5º uso	0,019 ± 0,015	-	11,43 ± 0,83	0,785 ± 1,016
Mistura Enx. S1 A1	0,008 ± 0,007	-	10,82 ± 0,48	0,602 ± 0,353
Mistura Enx. S3 A2	0,001 ± 0,098	-	10,64 ± 1,46	0,602 ± 0,529
Mistura Enx. S5 A3	0,006 ± 0,007	-	9,75 ± 1,81	0,411 ± 0,481
Enx. Ácido 1º uso	-	0,003 ± 0,002	3,21 ± 0,23	0,409 ± 0,254
Enx. Ácido 2º uso	-	0,008 ± 0,006	3,16 ± 0,57	0,894 ± 0,655
Enx. Ácido 3º uso	-	0,007 ± 0,004	3,27 ± 0,60	0,469 ± 0,280
Volume médio da solução de enxágue da soda coletado (L)				152
Volume médio da solução de enxágue ácido coletado (L)				97

4.1.2- Variação da condutividade elétrica das soluções CIP e de seus respectivos enxágues

Na Figura 8 estão apresentados os valores de condutividade elétrica obtidos para a solução de soda e solução ácida ao longo dos sucessivos usos e correções para as duas linhas avaliadas. Observa-se que o comportamento das soluções em relação ao parâmetro condutividade foi semelhante ao obtido para a alcalinidade e acidez pelo método titulométrico. Na linha de pasteurização, a variação da condutividade durante cada uso foi muito inferior ao observado para a linha de envase, refletindo a pequena redução na alcalinidade ou acidez ocorrida nessa linha, se comparada à linha de envase. O acúmulo de substâncias

orgânicas e minerais nas soluções ao longo de sucessivos usos parece não ter promovido grandes interferências na condutividade. Esse comportamento, aliado à simplicidade, sensibilidade e rapidez da análise, sugere que o parâmetro condutividade elétrica pode ser adotado para avaliação e correção das soluções nos procedimentos de reuso em substituição às análises de titulação usadas para determinação do teor de alcalinidade e acidez. Atualmente, em sistemas automatizados de limpeza CIP, como por exemplo, as linhas de produção de leite UHT, um sensor de condutividade elétrica é utilizado para dosagem automática de soda e ácido.

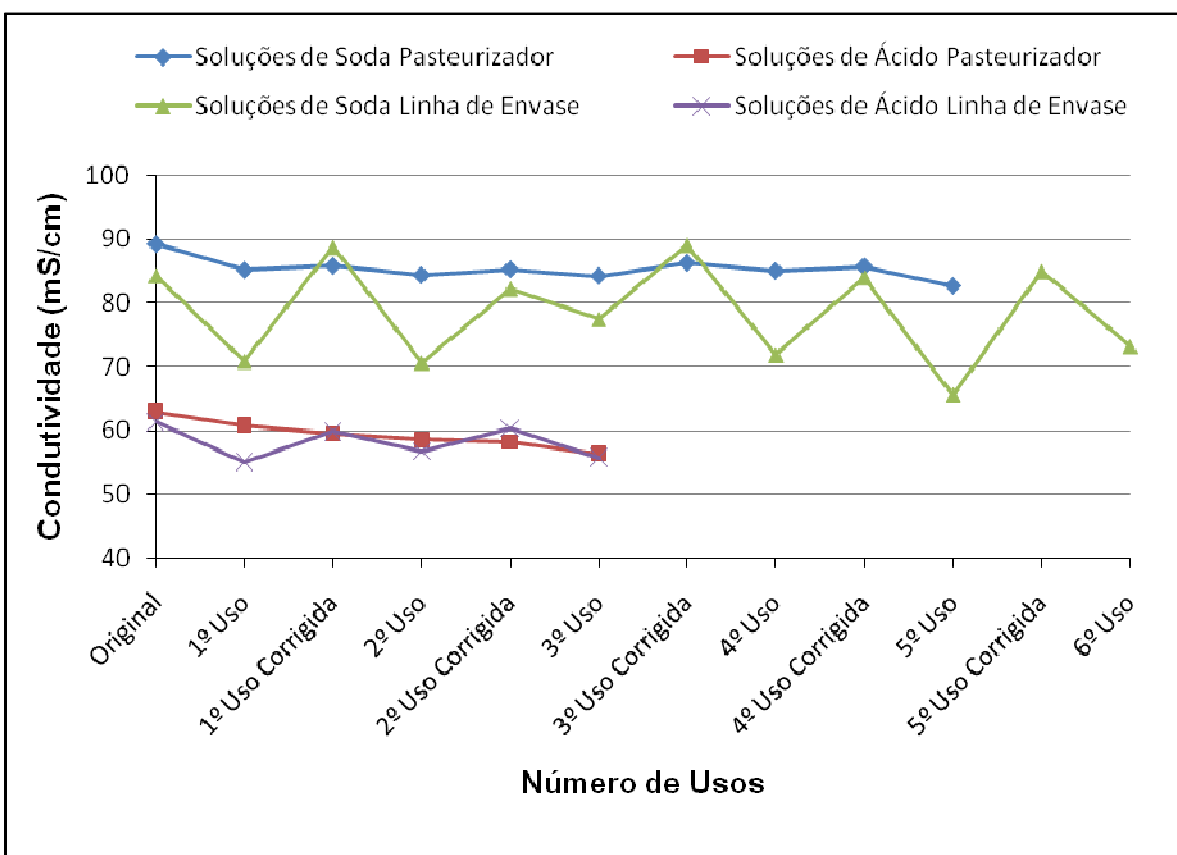


Figura 8 - Comportamento do parâmetro condutividade elétrica obtido para a solução de soda e solução ácida ao longo dos sucessivos usos e correções para as linhas de pasteurização e envase.

Para as soluções de enxágue e suas respectivas misturas, conforme dados apresentados no Quadro 10 e Figura 9, pode-se observar que os valores obtidos para a linha de envase são bem superiores aos observados para a linha de pasteurização, refletindo o mesmo comportamento já discutido em relação aos parâmetros de alcalinidade e acidez. Além disso, pode-se observar que, para a linha de envase, ocorreu uma tendência de aumento do parâmetro condutividade

das soluções de enxágue ao longo dos sucessivos usos. Esse comportamento está coerente com o aumento da concentração de alcalinidade e acidez observado para as soluções ao longo dos sucessivos usos na linha de envase. É importante ressaltar que a mistura das soluções de enxágue proporcionou uma grande redução na condutividade, comparado aos dados obtidos pela análise das soluções de forma isolada. Esse comportamento pode ser considerado positivo e favorável a aplicação do procedimento de reuso dessas soluções após sua mistura.

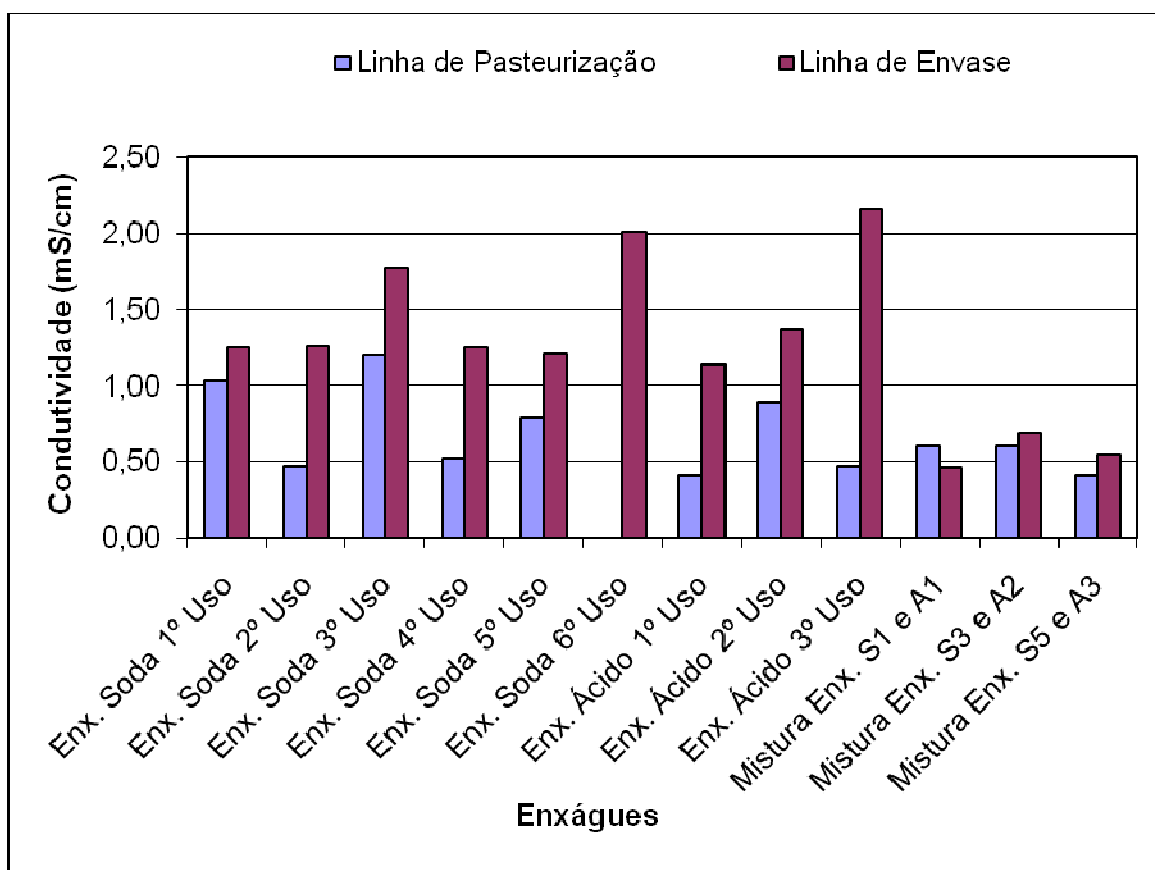


Figura 9 - Comportamento do parâmetro condutividade elétrica obtido para as soluções de enxágue e suas respectivas misturas ao longo dos sucessivos usos das soluções CIP's para as linhas de pasteurização e envase.

4.1.3- Variação do pH das soluções CIP e de seus respectivos enxágues

Pela análise dos resultados apresentados na Figura 10 pode-se observar que, para as duas linhas avaliadas, os valores de pH para as soluções alcalinas e ácidas ficaram, de modo geral, acima de 13,0 e abaixo de 1,0 respectivamente, mantendo-se praticamente constante. O parâmetro pH não foi sensível à variação

da concentração de alcalinidade ou acidez ocorrida durante cada uso, principalmente para a linha de envase onde essa variação foi mais acentuada. Esse comportamento foi bem diferente ao observado para o parâmetro condutividade, que foi capaz de detectar as variações ocorridas nas concentrações de alcalinidade e acidez. Esse resultado indica que o parâmetro pH não é uma variável adequada para monitorar e definir a necessidade de correção das soluções CIP's durante sucessivos usos. Esse comportamento já era esperado e pode ser justificado pela falta de sensibilidade do pHmetro para valores extremos de pH.

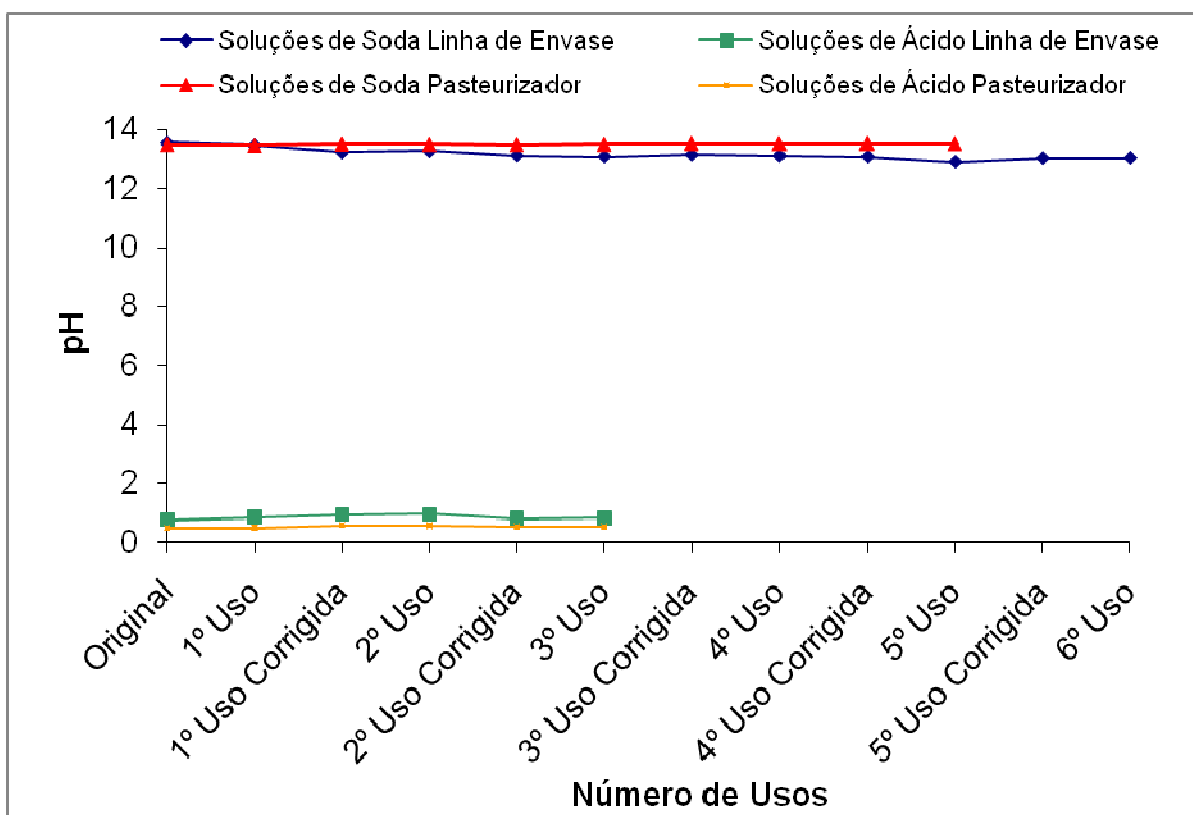


Figura 10 – Variação do valor de pH obtido para a solução de soda e solução ácida ao longo dos sucessivos usos e correções para as linhas de pasteurização e envase.

Apesar de uma menor amplitude de variação, para as soluções de enxágue o pH foi capaz de refletir o mesmo comportamento observado para o teor de alcalinidade e acidez das soluções de enxágue, conforme dados apresentados na Figura 11. Para a linha de envase, os valores de pH das soluções de enxágue alcalino variaram entre 11,47 e 11,89, sendo ligeiramente superiores aos valores observados para a linha de pasteurização, que variaram

entre 10,84 e 11,43, refletindo o maior teor de alcalinidade observado nas soluções de enxágue alcalino da linha de envase. Comportamento semelhante ocorreu para as soluções de enxágue ácido, onde foi observada uma variação de pH das soluções da linha de envase entre 2,50 e 2,64, sendo esses valores ligeiramente inferiores aos observados para a linha de pasteurização, que variaram entre 3,16 a 3,27, refletindo assim o maior teor de acidez observado nas soluções de enxágue ácido da linha de envase. Para a mistura dos enxágues, os valores de pH variaram entre 10,0 e 10,97 para a linha de envase e 9,75 e 10,82 para a linha de pasteurização, concordando com o menor teor de alcalinidade e condutividade observados para as soluções de enxágue da linha de pasteurização.

Apesar do efeito positivo em relação ao pH e à alcalinidade obtido pelo processo de mistura, é interessante ressaltar que esses valores de pH não estão dentro da faixa recomendada para água de uso industrial. No entanto, para efeito de reuso, essas soluções podem ser direcionadas para usos específicos, como, por exemplo, na primeira etapa do processo de higienização, que tinha a finalidade de remover resíduos grosseiros dos equipamentos e tubulações. Outra alternativa que pode ser considerada, após a realização de análises específicas para esse fim, é o reuso dessa solução de mistura na caldeira, uma vez que essa apresenta um pH alcalino e na faixa indicada para água de caldeira.

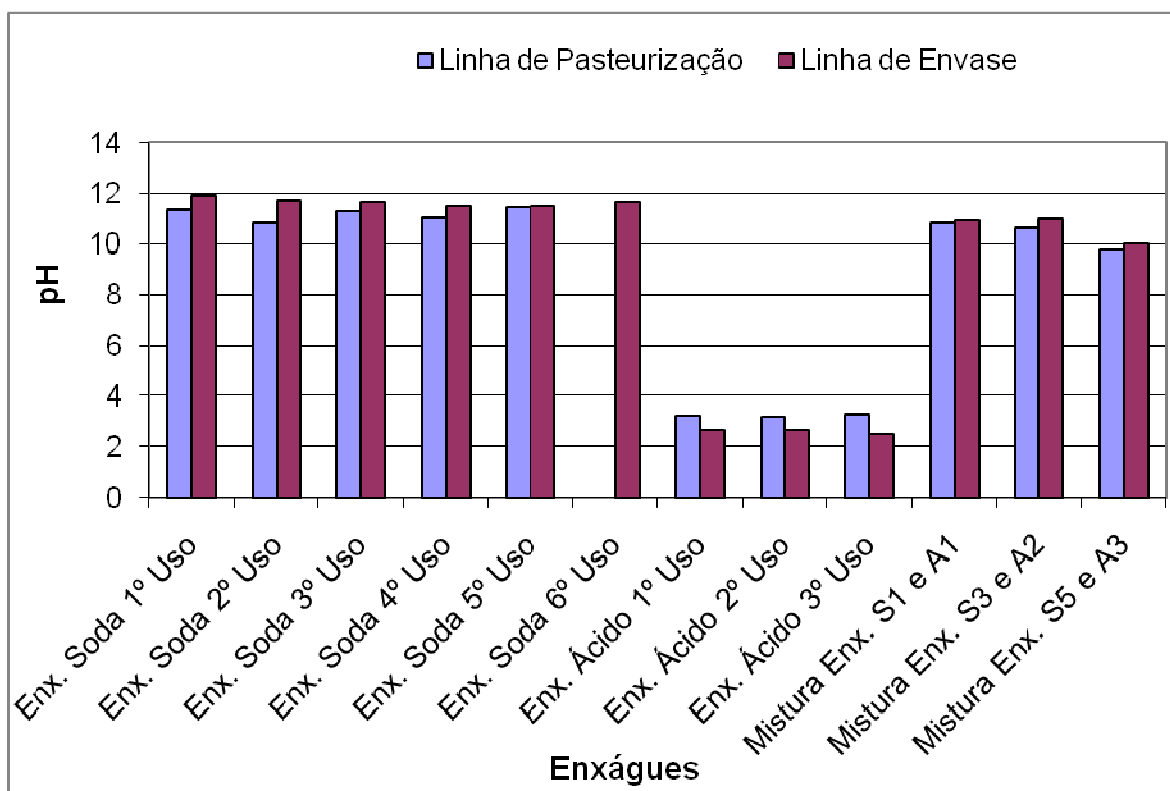


Figura 11– Valores de pH para as soluções de enxágue da soda, enxágue ácido e mistura dos enxágues ao longo de sucessivos usos para a linhas de pasteurização e envase.

4.1.4- Valor de DQO das soluções CIP e de seus respectivos enxágues

- **Solução Alcalina**

Conforme dados apresentados na Figura 12, observa-se que, para a solução de soda, ocorreu uma tendência de aumento do teor de DQO da solução de soda, em função do maior número de reuso da solução. Esse comportamento já era esperado e pode ser explicado pelo acúmulo de resíduos de leite na solução, removido durante o processo de limpeza. Esse aumento no valor de DQO foi muito mais expressivo para a linha de pasteurização, saindo de um valor igual a 73 mg/L para a solução original (sem uso) e atingindo o valor máximo igual a 1006 mg/L após o 5º uso. Para a linha de envase essa variação foi bem inferior, saindo de um valor igual a 43 mg/L para a solução original e atingindo valor máximo igual a 117 mg/L após o 5º uso. Esse menor acúmulo de matéria orgânica proveniente do leite na solução de soda utilizada na linha de envase pode ser justificado pela menor área superficial dessa linha, comparada com a linha de pasteurização, implicando em menos resíduos de leite e, principalmente, pelo

efeito de diluição dessa solução ocorrido pela introdução de condensado durante a etapa de aquecimento com vapor direto antes de cada uso. Outro fator que pode ter influenciado no menor acúmulo de DQO na linha de envase é a ausência do tratamento térmico ocorrido na linha de pasteurização. O tratamento térmico aumenta a formação de incrustação orgânica e mineral, contribuindo assim para o aumento da DQO na solução de limpeza.

Apesar do aumento do teor de DQO para a solução de soda, não ocorreu um comprometimento do processo de higienização, como pode ser confirmado pelos resultados de avaliação microbiológica da superfície apresentados no Quadro13. No entanto, o aumento no teor de matéria orgânica na solução pode favorecer a sobrevivência ou crescimento de microrganismos na mesma. Dessa forma, o valor de DQO pode representar um parâmetro importante de monitoramento, auxiliando na definição de um limite máximo para reuso da solução.

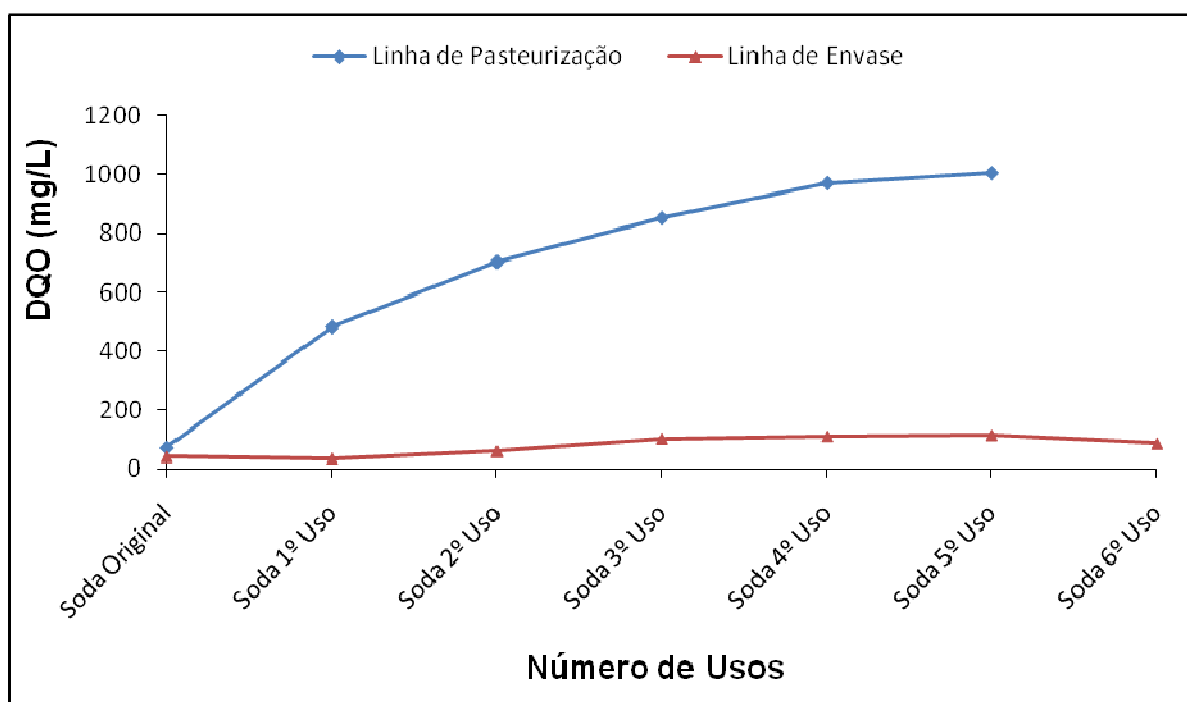


Figura 12 - Variação da concentração de DQO da solução de soda ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.

- **Solução ácida**

Em relação à solução ácida, como pode ser observado na Figura 13, ocorreu uma pequena tendência de aumento do valor de DQO ao longo dos sucessivos usos para a linha de pasteurização, sendo o valor mínimo observado

igual a 35 mg/L para a solução original e o valor máximo atingido no 3º uso igual a 74 mg/L. Para a linha de envase os valores permaneceram praticamente constantes ao longo dos sucessivos usos. Esse comportamento era esperado, considerando que, antes de circular a solução ácida, já havia sido circulada a solução alcalina, que tem como principal finalidade a remoção da matéria orgânica proveniente do leite. A tendência de aumento no teor de DQO da solução ácida circulada na linha de pasteurização pode ter sido influenciada pelo maior acúmulo de matéria orgânica na solução alcalina, dificultando o enxágue da linha e refletindo no aumento do teor de matéria orgânica na solução ácida e também pelo acúmulo de compostos não orgânicos (minerais) na solução ácida, que podem ter influenciado a análise de DQO.

Considerando as condições nas quais os experimentos foram aplicados, pode-se afirmar que o teor de DQO não representa um fator de restrição para aplicação da técnica de regeneração da solução ácida, seguida da recirculação (reuso com a mesma finalidade). Como mencionado para a solução de soda, o teor de DQO está fortemente ligado à sobrevivência ou ao crescimento de microrganismos, podendo ser considerado um fator relevante na definição de um limite máximo para reuso de água e soluções específicas na indústria.

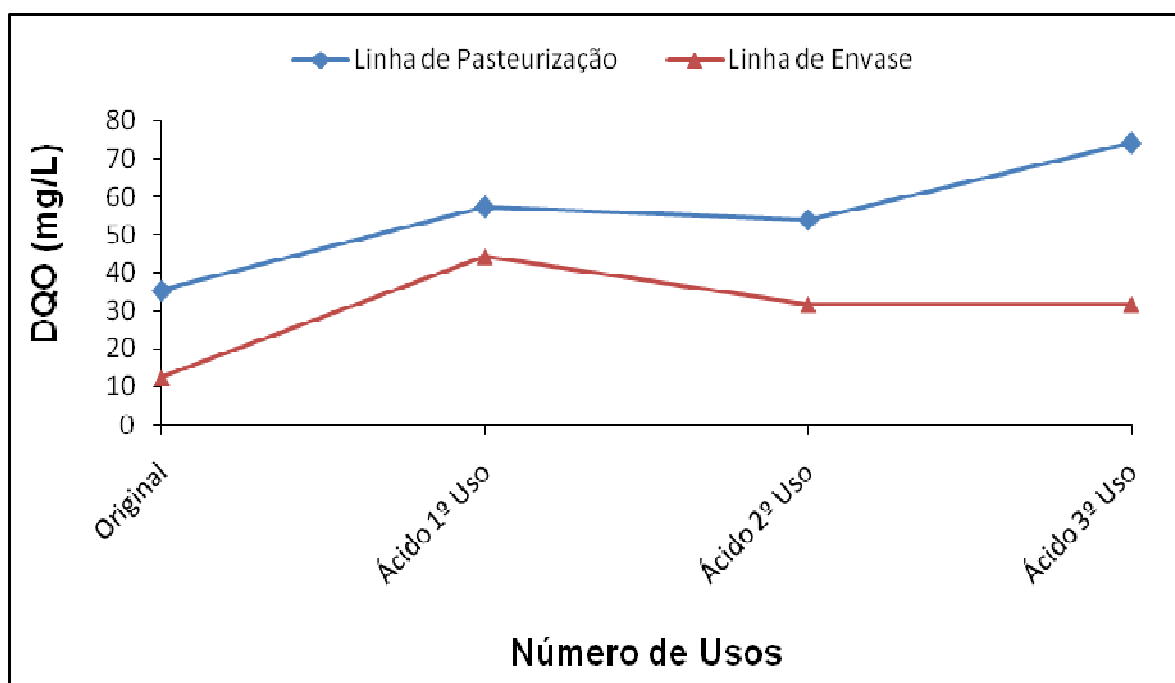


Figura 13 - Variação da concentração de DQO da solução ácida ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.

- **Soluções de enxágue e misturas**

Os valores de DQO para as soluções de enxágue da solução alcalina e ácida e suas respectivas misturas estão apresentados na Figura 14. Observa-se que essas soluções apresentaram comportamento semelhante ao obtido para as soluções alcalinas e ácidas para as duas linhas avaliadas. Para os enxágues da solução alcalina houve uma tendência de aumento do teor de DQO ao longo dos sucessivos usos para as duas linhas avaliadas, refletindo o comportamento observado para a solução de soda. Para os enxágues da solução ácida não ocorreu uma tendência de aumento no valor de DQO ao longo dos sucessivos usos, mesmo comportamento observado para as soluções ácidas. As misturas dos enxágues refletiram o comportamento observado para os enxágues das soluções alcalinas, apresentando uma tendência de aumento ao longo dos sucessivos usos para as duas linhas avaliadas.

É importante ressaltar que os valores de DQO encontrados para as soluções de enxágue e suas misturas são baixos, e não representam um fator de impedimento para aplicação da técnica de reuso.

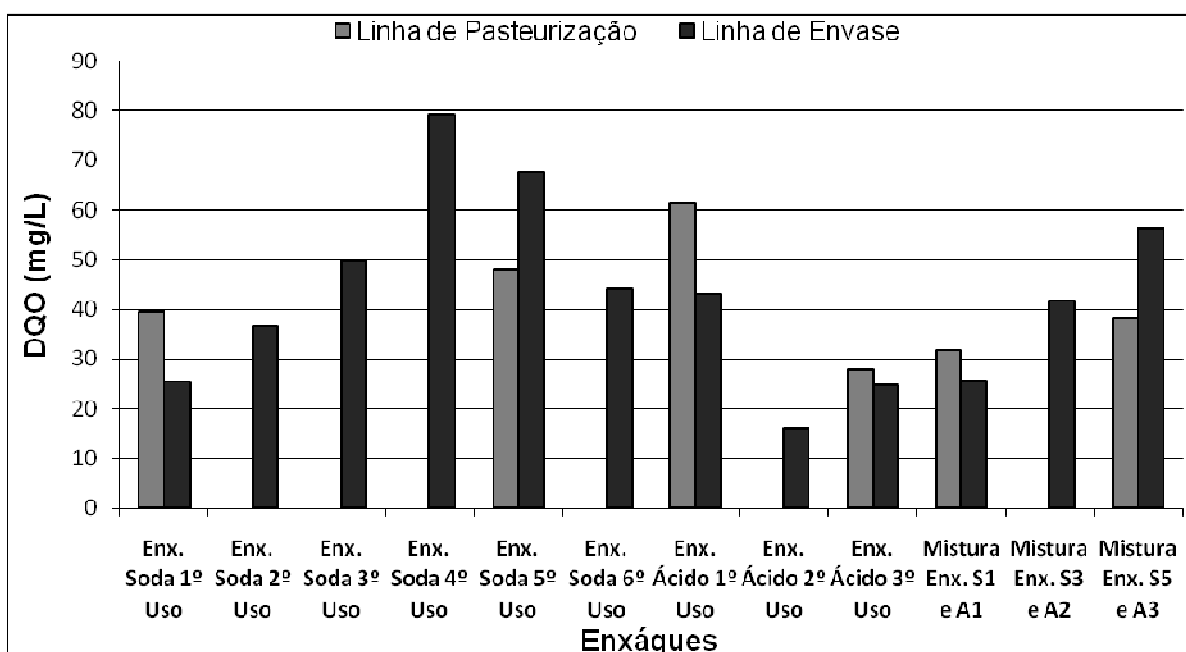


Figura 14 – Variação da concentração de DQO das soluções de enxágue e suas respectivas misturas ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.

4.1.5- Valor de sólidos totais das soluções CIP e de seus respectivos enxágues

- **Solução Alcalina**

Conforme dados apresentados na Figura 15, observa-se que a variação no teor de sólidos totais da solução de soda ao longo dos sucessivos usos apresentou uma tendência de aumento, principalmente para a linha de pasteurização, refletindo o mesmo comportamento observado para o parâmetro DQO. Esse aumento no teor de sólidos é proveniente do acúmulo de resíduos de leite na solução, removido durante o processo de limpeza. Para a linha de pasteurização esse aumento foi bem expressivo, saindo de um valor igual a 18,49 g/L para a solução original (sem uso) e atingindo o valor máximo igual a 22,77 g/L após o 5º uso, representando um aumento em torno de 23%. Para a linha de envase não ocorreu uma tendência clara de aumento do teor de sólidos na solução de soda ao longo dos sucessivos usos, saindo de um valor igual a 20,40 g/L para a solução original e atingindo valor máximo igual a 21,09 g/L após o 6º uso, representando uma variação de 3,4%. Assim como já discutido para o parâmetro DQO, esse menor acúmulo de sólidos totais na solução de soda utilizada na linha de envase pode ser justificado pela ausência de tratamento térmico nessa linha, menor área superficial dessa linha, comparada com a linha de pasteurização, implicando em menos resíduo de leite a ser removido e, principalmente, pelo efeito de diluição dessa solução, ocorrido pela introdução de condensado durante a etapa de aquecimento com vapor direto antes de cada uso.

Apesar do aumento mais expressivo do teor de sólidos totais para a solução de soda circulada na linha de pasteurização, não ocorreu um comprometimento do processo de higienização, como pode ser confirmado pelos resultados de avaliação microbiológica da superfície apresentados no Quadro 13. No entanto, o aumento no teor de sólidos totais na solução pode favorecer a sobrevivência ou o crescimento de microrganismos na mesma. Dessa forma, semelhante ao parâmetro DQO, o valor de sólidos totais também pode representar um parâmetro importante de monitoramento, auxiliando na definição de um limite máximo para reuso da solução.

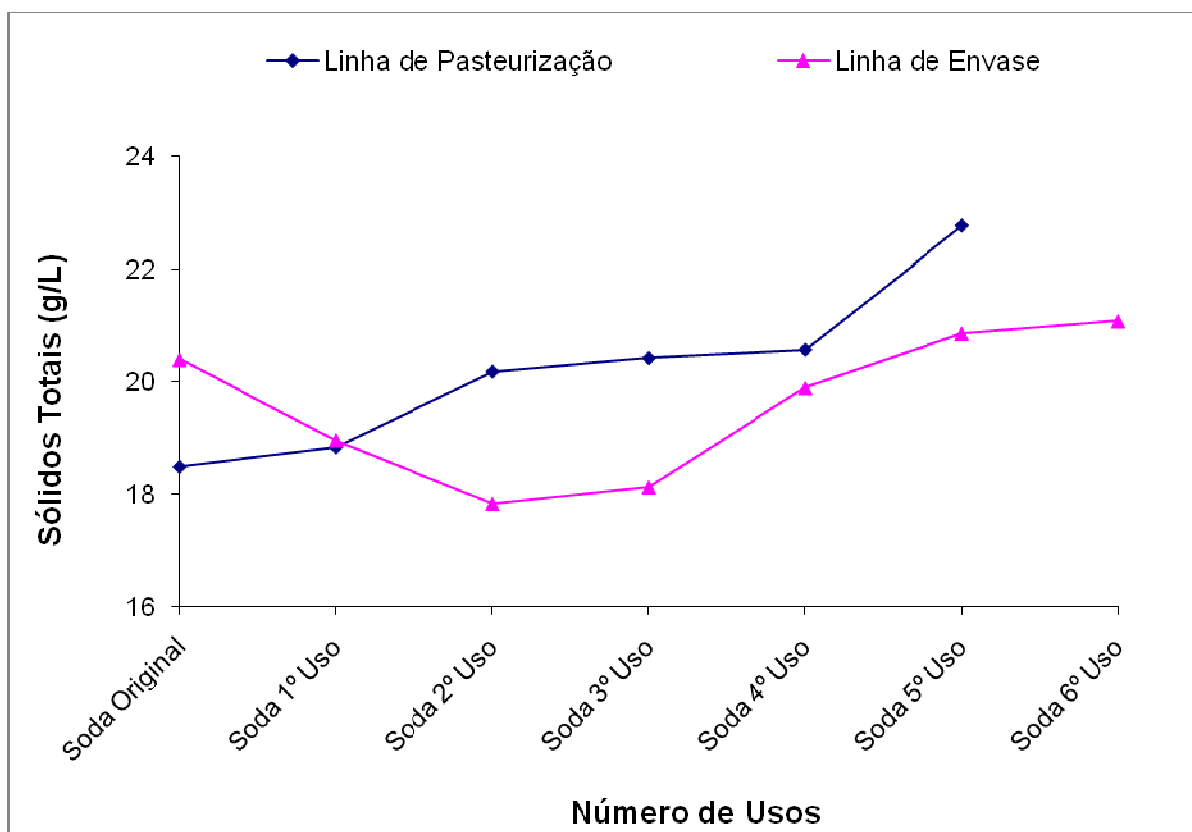


Figura 15 - Variação da concentração de sólidos totais da solução de soda ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.

- **Solução ácida**

Em relação à solução ácida, como pode ser observado na Figura 16, ocorreu um aumento bem expressivo do valor de sólidos totais ao longo dos sucessivos usos para a linha de pasteurização, sendo o valor mínimo observado igual a 0,084g/L para a solução original e o valor máximo atingido no 3º uso igual a 1,39 g/L, representando um aumento em torno de 15,55 vezes, ou seja, cerca de 1555%. Para a linha de envase os valores permaneceram praticamente constantes ao longo dos sucessivos usos. A princípio era esperada uma pequena variação no teor de sólidos totais da solução ácida para as duas linhas, considerando que a solução alcalina, que tem como principal finalidade a remoção da matéria orgânica proveniente do leite, já havia sido circulada antes da solução ácida. O aumento expressivo no teor de sólidos totais na solução ácida circulada na linha de pasteurização, representando um comportamento bem diferente ao observado para a linha de envase, pode ter sido influenciado por alguns fatores que incluem: 1) Linha mais extensa com maior acúmulo de matéria orgânica na solução alcalina, dificultando o enxágue da linha e refletindo no

aumento do teor de matéria orgânica na solução ácida; II) Maior acúmulo de compostos inorgânicos (minerais) na solução ácida circulada na linha de pasteurização, que pode ter sido influenciada pelo tratamento térmico do leite ocorrido no pasteurizador, facilitando a formação de incrustação mineral removida pela solução ácida; III) Ausência do fator de diluição na linha de pasteurização, proporcionado pelo condensado introduzido na etapa de aquecimento da solução circulada na linha de envase antes de cada uso.

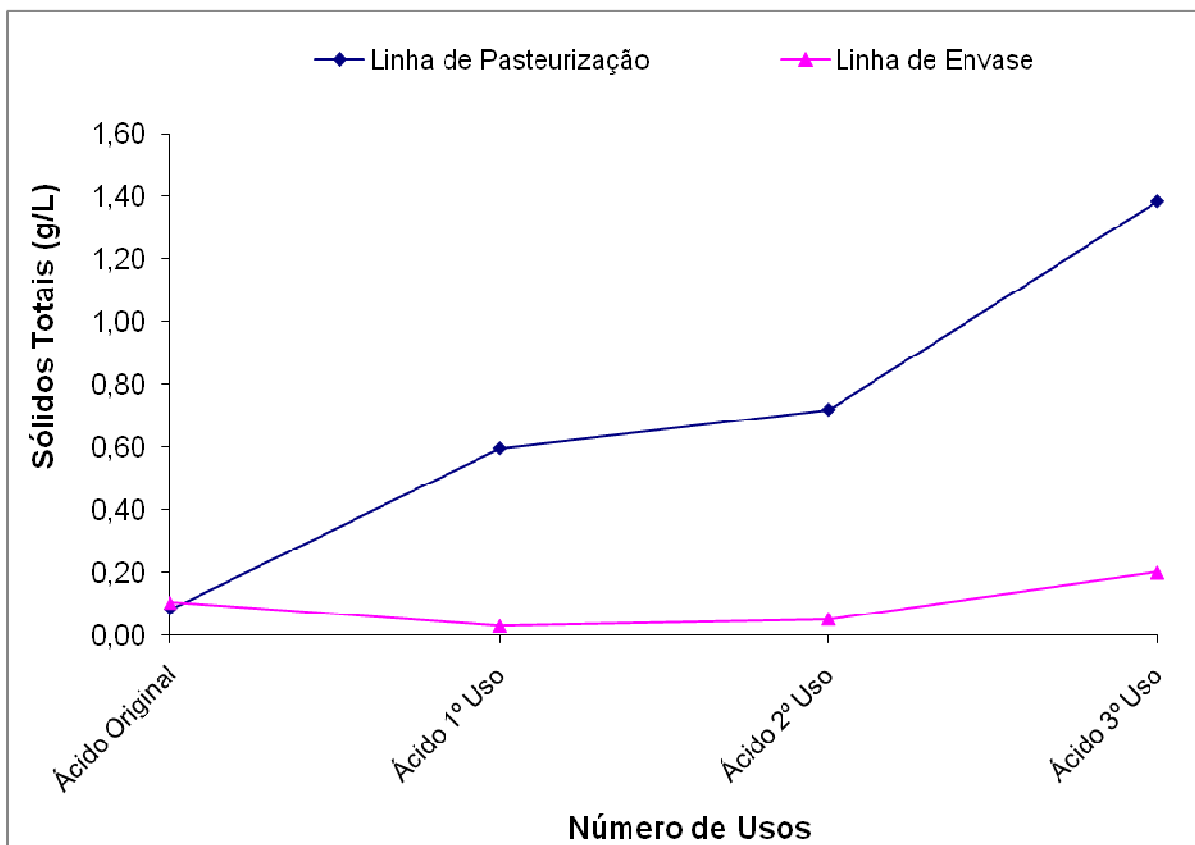


Figura 16 - Variação da concentração de sólidos totais da solução ácida ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.

- **Soluções de enxágue e suas respectivas misturas**

Os valores de sólidos totais para as soluções de enxágue da solução alcalina e ácida e suas respectivas misturas estão apresentados na Figura 17. Observa-se que o parâmetro “sólidos totais” apresentou comportamento semelhante ao obtido para o parâmetro DQO apenas em relação à linha de envase e para os enxágues das soluções alcalinas e as respectivas misturas dos enxágues. Para essas soluções e para o enxágue da solução ácida, para a mesma linha, ocorreu uma tendência de aumento do teor de sólidos totais,

contrariando o observado para a solução alcalina e ácida nessa linha, onde não foi observada tendência de aumento no teor de sólidos totais. Para a linha de pasteurização, os enxágues das soluções alcalinas e as respectivas misturas apresentaram tendência de redução do teor de sólidos totais ao longo dos sucessivos usos, contrariando o observado para a solução alcalina. O enxágue da solução ácida para essa linha apresentou tendência de aumento do teor de sólidos, resultado coerente ao observado para a solução ácida.

É importante ressaltar que, para a linha de pasteurização, as soluções de enxágue e suas respectivas misturas apresentaram valores de sólidos totais inferiores ao limite máximo recomendado pela Portaria 518/MS (BRASIL, 2004), que define valor igual a 0,5 g/L para água potável. Para a linha de envase alguns valores ficaram acima desse limite máximo. No entanto, nas condições em que os testes foram aplicados e considerando o resultado da avaliação da eficiência do processo de higienização, pode-se afirmar que a variação na concentração de sólidos totais não representa uma restrição para aplicação da técnica de reuso.

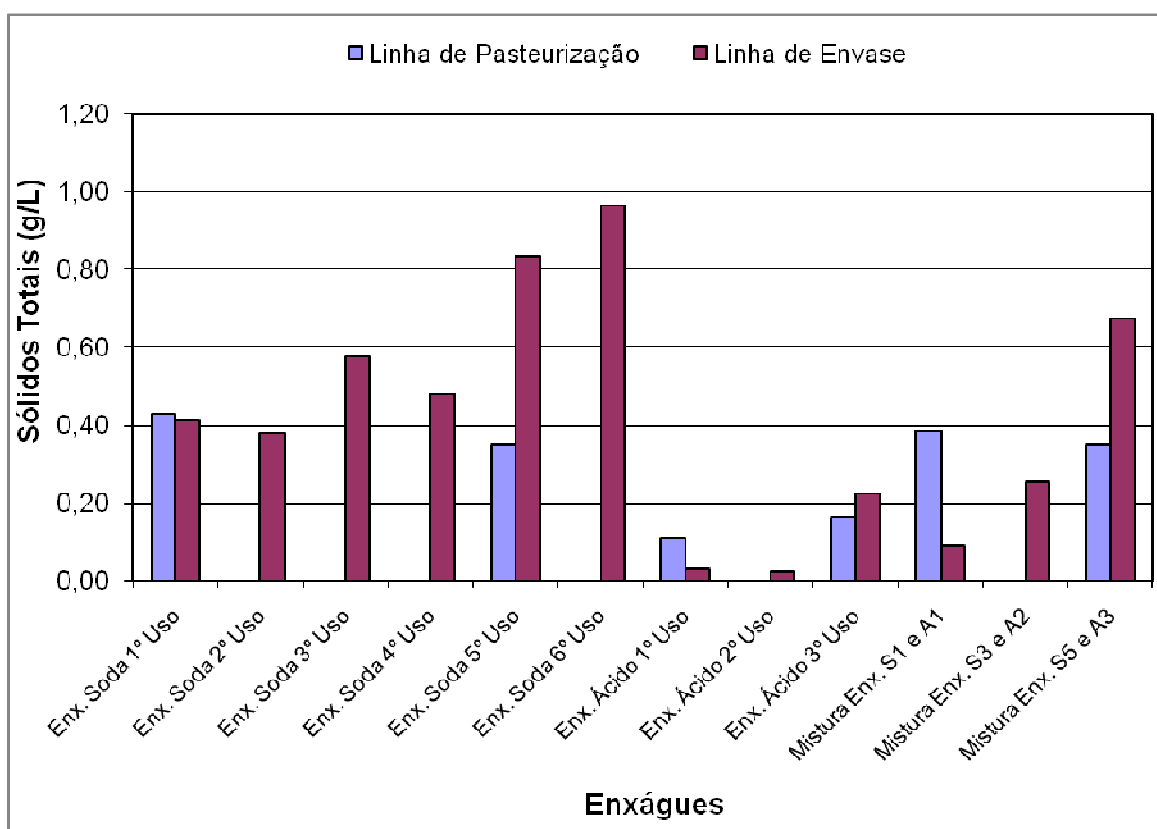


Figura 17 – Variação da concentração de sólidos totais das soluções de enxágue e suas respectivas misturas ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.

4.1.6- Valor de turbidez das soluções CIP e de seus respectivos enxágues

- **Solução Alcalina**

Em relação ao parâmetro turbidez, conforme resultados apresentados na Figura 18, pode-se observar que, para a solução alcalina, ocorreu uma tendência de aumento ao longo dos sucessivos usos para as duas linhas avaliadas. Esse aumento foi bem mais expressivo para a linha de pasteurização, saindo de um valor igual a 3,87 UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez) para a solução original (sem uso) e atingindo o valor máximo igual a 48,47 UNT após o 4º uso, representando um aumento em torno de 1152%. Para a linha de envase o aumento no teor de turbidez foi bem mais tímido, saindo de um valor igual a 2,76 UNT para a solução original (sem uso) e atingindo o valor máximo igual a 7,31 UNT após o 5º uso, representando um aumento em torno de 165%. Esse resultado está coerente com o comportamento observado em relação aos parâmetros DQO e sólidos totais, onde também ocorreu um aumento mais expressivo para a solução alcalina circulada na linha de pasteurização e mais tímido para a linha de envase. Esse aumento já era esperado e reflete o aumento no teor de sólidos suspensos na solução ao longo dos sucessivos usos. Para a linha de envase, esse aumento menos expressivo pode ser justificado pela ausência de tratamento térmico, menor área superficial dessa linha e pelo fator de diluição ocorrido nessa linha, como já explicado anteriormente.

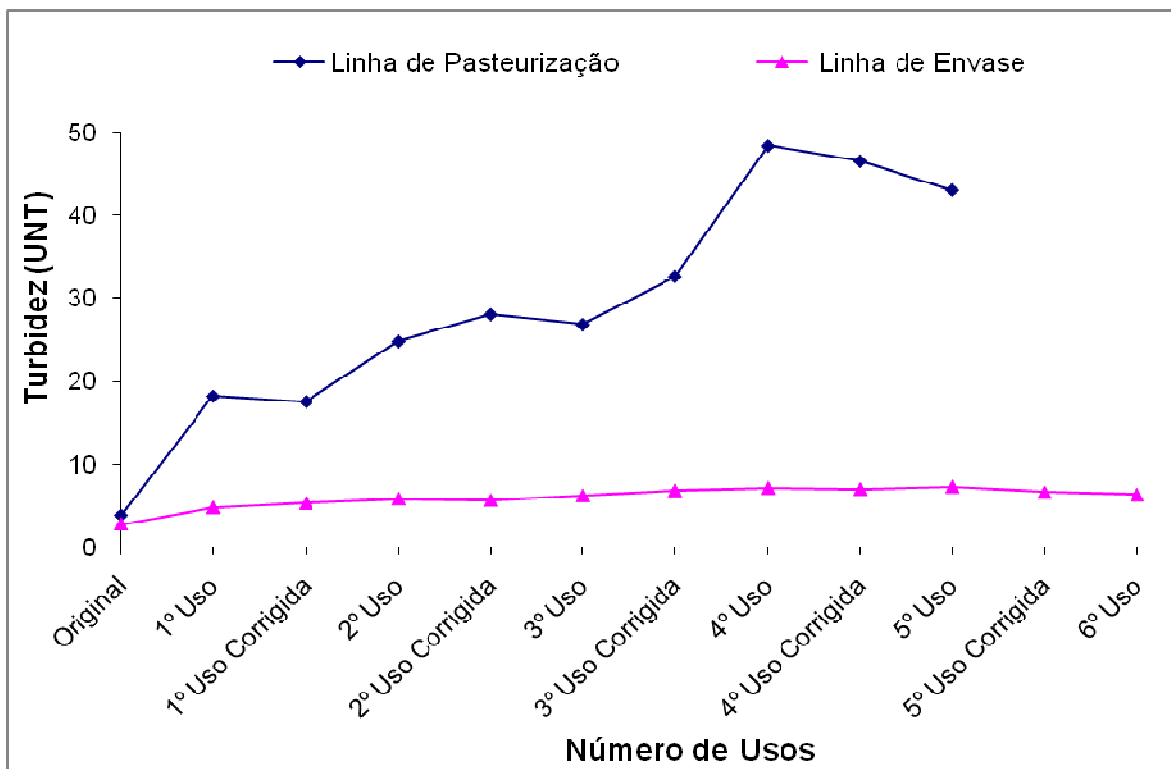


Figura 18 – Variação da turbidez da solução de soda ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.

- **Solução Ácida**

Em relação à solução ácida, como pode ser observado na Figura 19, ocorreu um aumento expressivo do valor de turbidez ao longo dos sucessivos usos para a linha de pasteurização, sendo o valor mínimo observado igual a 0,87 UNT para a solução original e o valor máximo atingido no 3º uso igual a 9,79 UNT, representando um aumento em torno de 10,25 vezes, ou seja, cerca de 1025%. Para a linha de envase, os valores permaneceram praticamente constantes e inferiores a 1,0 UNT ao longo dos sucessivos usos. Esse resultado refletiu o mesmo comportamento observado para os parâmetros DQO e sólidos totais. Assim como já discutido para os parâmetros de DQO e sólidos totais, o aumento expressivo da turbidez na solução ácida circulada na linha de pasteurização pode estar relacionado às características da linha como, maior área superficial, ausência do fator de diluição na etapa de aquecimento e maior acúmulo de compostos inorgânicos (minerais) na solução ácida, proporcionado pelo tratamento térmico. Para a linha de envase a ausência de um aumento na turbidez ao longo dos sucessivos usos pode ser justificada pelo fator de diluição

da solução ocorrido na etapa de aquecimento, inibindo o acúmulo de sólidos inorgânicos, como pode ser confirmado pelo comportamento observado no parâmetro dureza, representado na Figura 22.

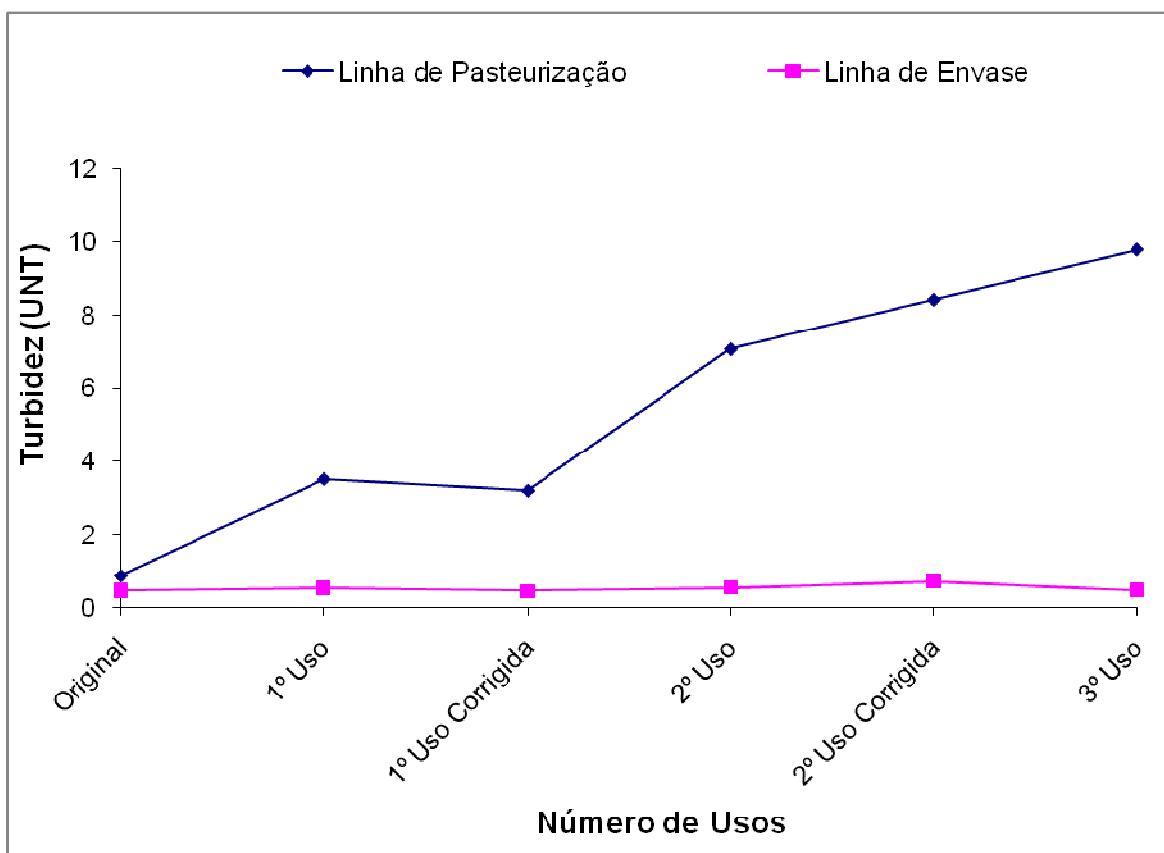


Figura 19 - Variação da turbidez da solução ácida ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.

- **Soluções de enxágue e suas respectivas misturas**

Conforme dados apresentados na Figura 20, o parâmetro turbidez apresentou tendência de aumento para as soluções de enxágue e suas respectivas misturas para as duas linhas avaliadas, sendo observado um valor máximo próximo a 16,0 UNT para os enxágues alcalinos no final do 5º reuso da solução alcalina para a linha de envase. De modo geral as soluções de enxágue apresentaram valor de turbidez acima de 1,0 UNT, valor máximo definido pela Portaria Nº 518/MS (BRASIL, 2004) para água potável. Esse resultado está coerente com o comportamento observado para os parâmetros de DQO e sólidos totais para as soluções alcalinas, ácidas e seus respectivos enxágues e misturas dos enxágues. É importante ressaltar que as soluções de enxágue da soda apresentaram valores de turbidez bem acima dos encontrados para as soluções

de enxágue ácido, sendo observado um efeito positivo com a mistura das duas soluções, obtendo valores de turbidez intermediários. Essa tendência generalizada de aumento da turbidez para todas as soluções de enxágue indica que, à medida que aumenta o número de reusos das soluções CIP's, maior teor de sólidos ficam retidos nas tubulações e equipamentos no final da circulação dessas soluções, sendo removidos pelas soluções de enxágue. Em função da simplicidade da análise, rapidez no resultado e diante dos resultados obtidos nas condições que os testes foram realizados, o parâmetro turbidez pode ser de grande importância para monitorar as soluções CIP's e seus respectivos enxágues, com a finalidade de definir limite máximo para o número de reusos e garantir a segurança dos procedimentos de higienização. Apesar de ter obtido valores de turbidez superiores ao definido para água potável, pode-se dizer que esse comportamento não impede o reuso das soluções de enxágue em operações específicas da indústria de laticínios.

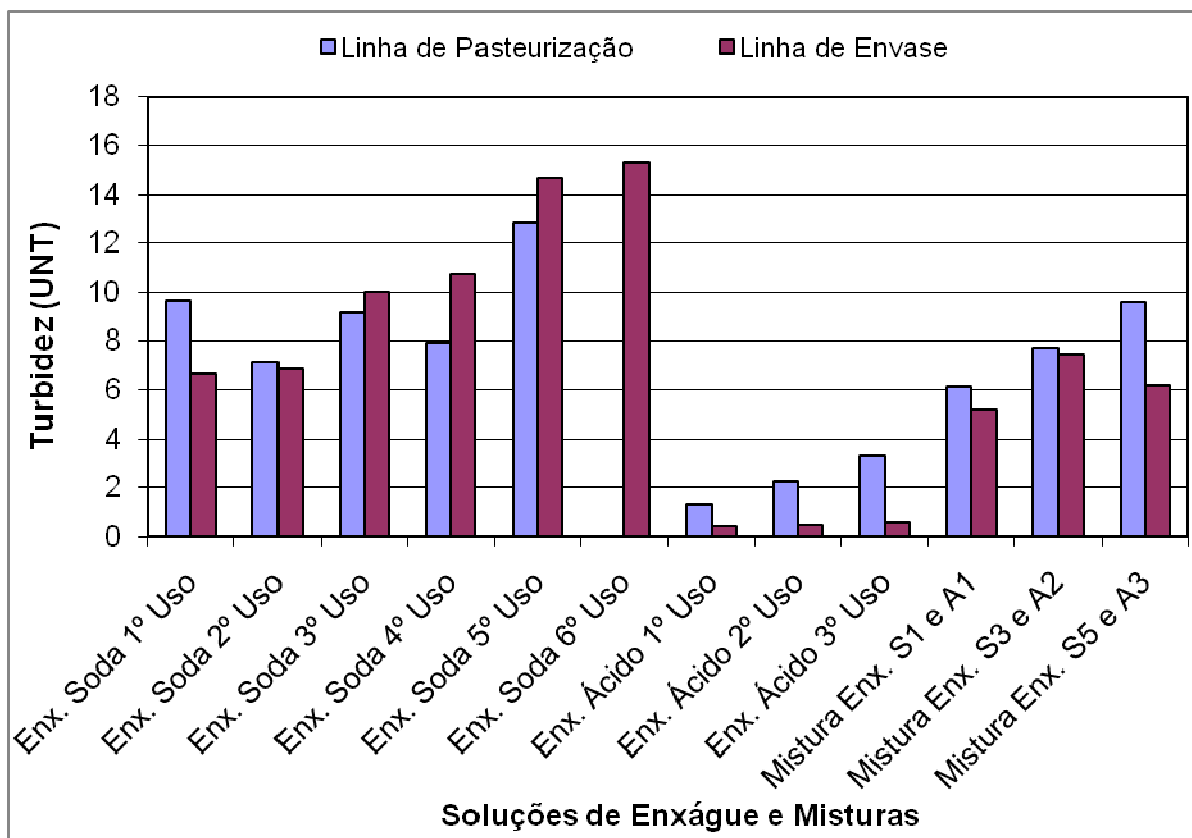


Figura 20– Variação da turbidez das soluções de enxágue e suas respectivas misturas ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.

4.1.7- Valor de dureza das soluções CIP e de seus respectivos enxágues

Para a indústria de alimentos é recomendado o uso de água para fins de higienização e processos de resfriamento, com teor de dureza inferior a 50 mg/L de CaCO_3 . Para uso na caldeira recomenda-se o uso de água com teores de dureza iguais ou muito próximos a zero (ANDRADE, 2008).

- **Solução Alcalina**

Em relação ao parâmetro dureza, conforme resultados apresentados na Figura 21, pode-se observar que, para a solução alcalina, ocorreu uma tendência de aumento ao longo dos sucessivos usos apenas para a linha de pasteurização. Esse aumento foi em torno de 146%, saindo de um valor igual a 38 mg/L de CaCO_3 para a solução original (sem uso) e atingindo o valor máximo igual a 94mg/L de CaCO_3 após o 5º uso. Para a linha de envase foi observado um comportamento diferente, com o valor de dureza mantendo-se praticamente constante, com uma pequena tendência de redução ao longo dos sucessivos usos. Essa diferença de comportamento da solução de soda em relação às duas linhas pode ser explicada, em parte, pela maior área superficial da linha de pasteurização e principalmente, pelo tratamento térmico do leite ocorrido no pasteurizador, facilitando a formação de incrustação mineral. Apesar da finalidade da solução alcalina ser a remoção de material orgânico, parte da incrustação mineral, provavelmente, foi arrastada durante a circulação da solução. Outro fator que influenciou o comportamento diferenciado entre as duas linhas é a presença do fator de diluição, proveniente da introdução de condensado na etapa de aquecimento da solução, ocorrido apenas na linha de envase. É importante ressaltar que, para a linha de envase, os valores de dureza permaneceram inferiores a 20 mg/L de CaCO_3 , abaixo do limite máximo recomendado para água industrial, que é de 50 mg/L de CaCO_3 . Para a linha de pasteurização, apesar dos valores de dureza na solução alcalina ter superado 50 mg/L de CaCO_3 , pode-se considerar que isso não caracteriza um impedimento para aplicação da técnica de reuso, uma vez que, após a circulação das soluções alcalinas, são circuladas as soluções ácidas, com o objetivo de remover as incrustações minerais.

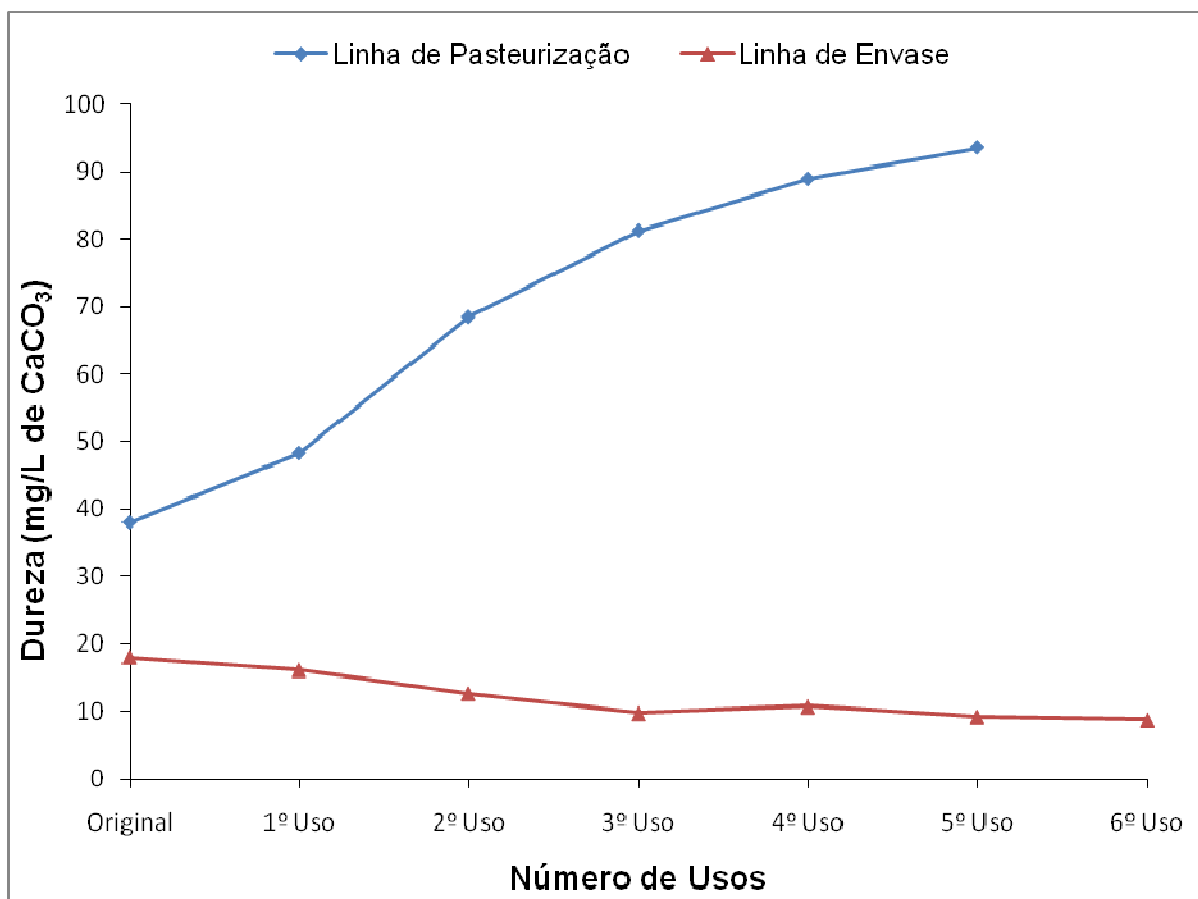


Figura 21 - Variação da dureza da solução de soda ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.

- **Solução Ácida**

Pela análise dos dados apresentados na Figura 22 e no Quadro 11, observa-se que, para a solução ácida, ocorreu tendência de aumento da dureza para as duas linhas avaliadas. Para a linha de pasteurização esse aumento foi bem mais expressivo, saindo de um valor igual a 24,86 mg/L de CaCO₃ para a solução original (sem uso) e atingindo o valor máximo igual a 633 mg/L de CaCO₃ após o 3º uso, representando um aumento em torno de 2447%. Para a linha de envase ocorreu uma tendência de aumento durante cada uso, mas não foi observado um efeito acumulativo, que provavelmente foi inibido pelo fator de diluição ocorrido na etapa de aquecimento da solução antes de cada uso. Além do fator de diluição, a grande diferença ocorrida na variação da dureza da solução ácida entre as duas linhas pode ser justificada pela maior extensão da linha de pasteurização e, principalmente, pelo tratamento térmico do leite ocorrido no

pasteurizador, favorecendo a formação de incrustação mineral. A principal finalidade de circulação da solução ácida nos equipamentos é a remoção de incrustação mineral e isso ficou bem evidente durante os testes, obtendo um comportamento coerente com o resultado esperado. É importante ressaltar que o grande acúmulo de dureza na solução ácida pode ser um dos fatores que irão limitar o número máximo de reuso para a solução. A eficiência na remoção da incrustação mineral deve ser avaliada durante o procedimento de reuso, de forma a definir um limite máximo para o número de reuso, de acordo com as características da linha de cada indústria.

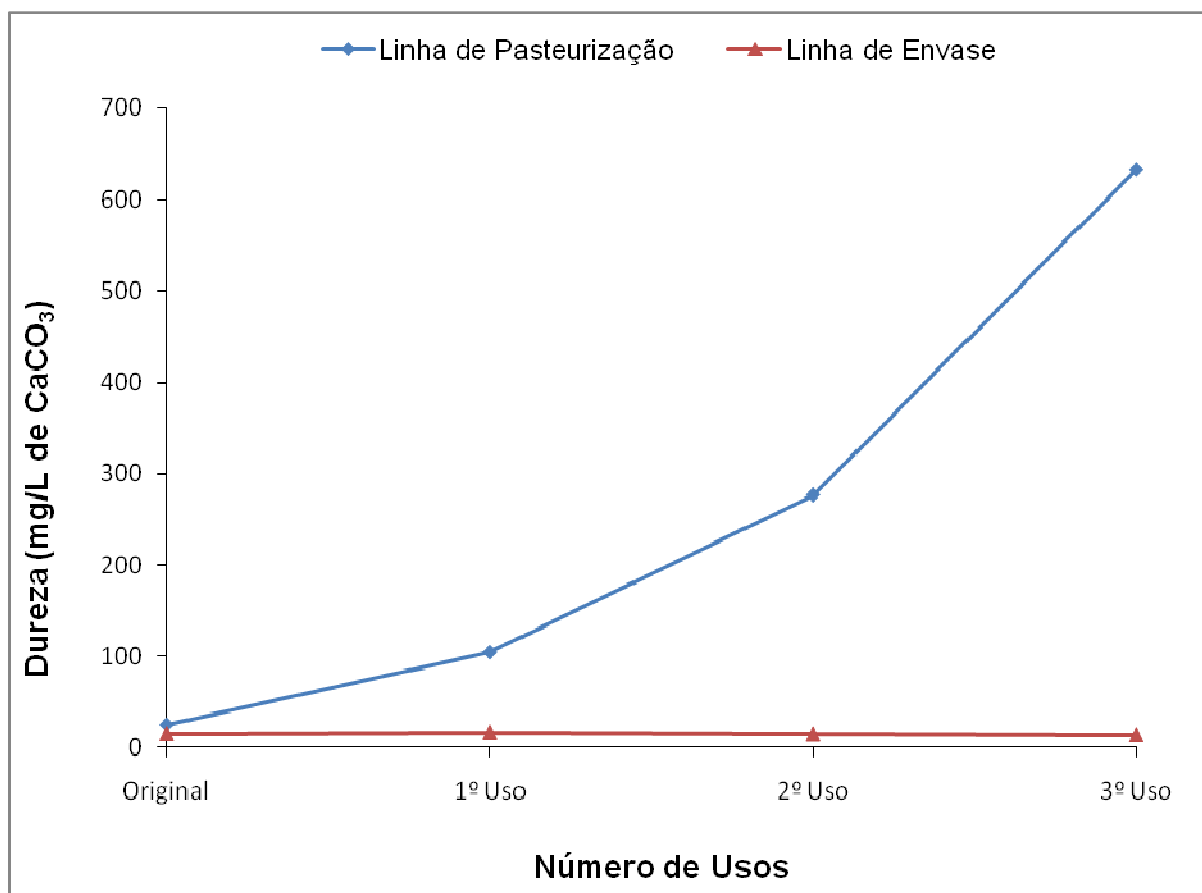


Figura 22 – Variação da dureza da solução ácida ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.

Quadro 11 - Valores médios de dureza das soluções ácidas ao logo dos sucessivos usos para a linha de envase e pasteurização.

Amostras	Linha de Envase - Dureza (mg/L de CaCO₃)	Linha de Pasteurização - Dureza (mg/L de CaCO₃)
Ácido original	15,60 ± 1,38	24,86 ± 4,83
Ácido 1º uso	17,06 ± 0,34	104,12 ± 21,78
Ácido 1º uso corrigido	14,14 ± 1,72	-
Ácido 2º uso	15,11 ± 0,34	276,57 ± 87,78
Ácido 2º uso corrigido	11,70 ± 2,76	-
Ácido 3º uso	14,14 ± 0,34	633,09 ± 62,49

- **Soluções de enxágue e suas respectivas misturas**

Pela análise dos dados de dureza apresentados na Figura 23 observa-se que, para a linha de envase, os valores de dureza para as soluções de enxágue da soda e ácido e suas respectivas misturas apresentaram tendência de redução ao longo dos sucessivos usos, refletindo o mesmo comportamento observado para a solução alcalina. Em relação à solução ácida, apesar da tendência de aumento durante cada uso, isso não foi observado na solução de enxágue ácido, provavelmente pelo efeito do fator de diluição, que inibiu o efeito acumulativo ao longo dos sucessivos usos. Para a linha de pasteurização o enxágue da solução ácida apresentou um aumento expressivo de dureza do 1º enxágue para o 3º enxágue, refletindo o mesmo comportamento observado para a solução ácida. Esse resultado reforça a importância de monitorar o acúmulo de dureza na solução ácida, de forma a definir um limite máximo para o reuso. Para essa mesma linha, os enxágues alcalinos, contrariando o observado para a solução de soda, apresentaram tendência de redução da dureza, sendo refletido o mesmo comportamento para as misturas dos enxágues. É importante ressaltar que todos os enxágues apresentaram valores de dureza iguais ou inferiores ao limite máximo recomendado para a água industrial (50 mg/L de CaCO₃). Além disso, a mistura dos enxágues promoveu um efeito positivo na redução da dureza quando comparada com as soluções isoladas, favorecendo assim a aplicação da técnica de reuso para essas soluções. Em relação a esse parâmetro e considerando as condições dos testes, pode-se afirmar que as soluções de enxágue e suas respectivas misturas não apresentam restrições para serem reutilizadas.

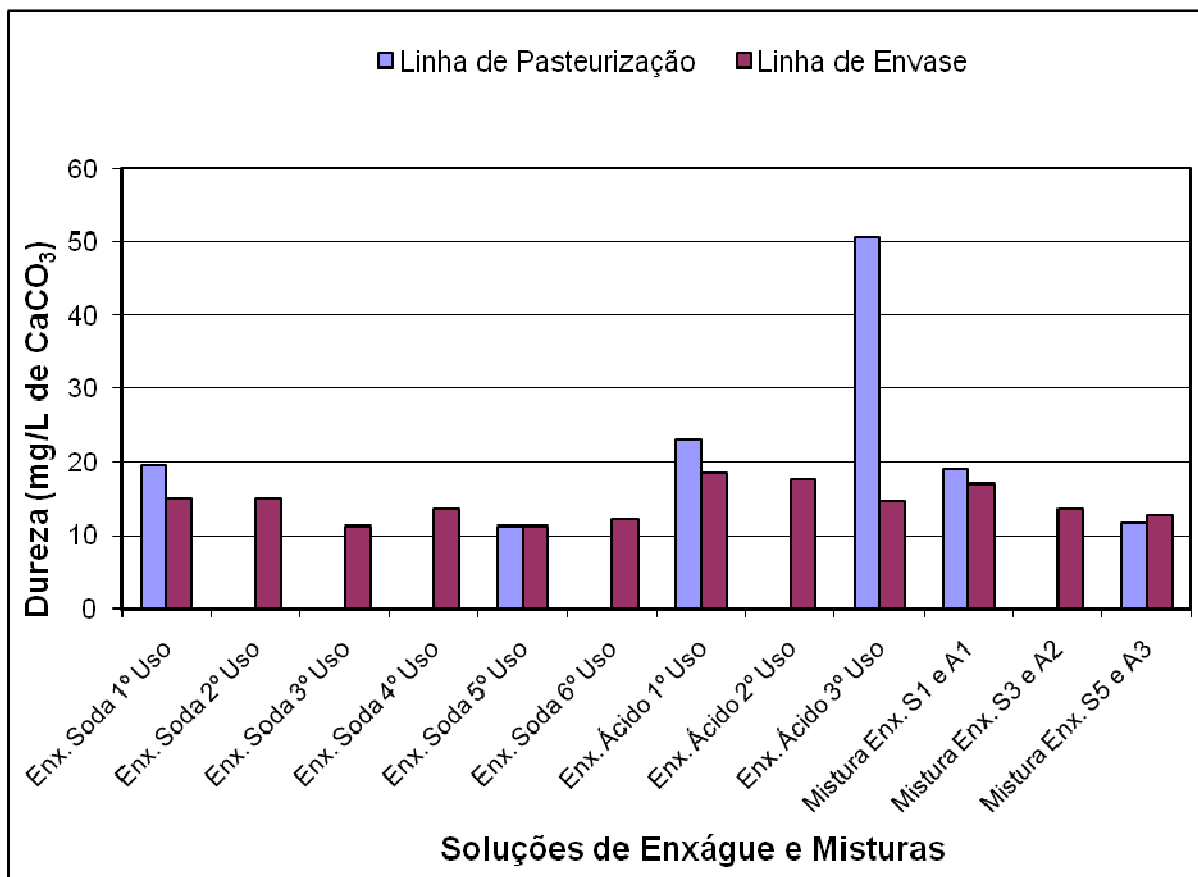


Figura 23 - Variação da dureza das soluções de enxágue e suas respectivas misturas ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.

4.1.8- Valor de cloreto das soluções CIP e de seus respectivos enxágues

A Portaria N° 518/MS (BRASIL, 2004) estabelece limite de cloretos para água potável até 250 mg/L expresso em NaCl.

Para a indústria de alimentos é recomendado o uso de água para fins de higienização e processos de resfriamento com teor de cloretos inferior a 250 mg/L de NaCl. Para caldeiras de baixa pressão (até 10 kgf/cm²), recomenda-se o uso de água com teores de cloretos igual ou inferior a 200 mg/L de NaCl. Para caldeiras de média pressão (entre 10 e 20 kgf/cm²) os valores de cloretos na água não devem ser superiores a 50 mg/L e para caldeiras de alta pressão (acima de 20 kgf/cm²) recomenda-se ausência de cloretos (ANDRADE, 2008).

- **Solução Alcalina**

Para a solução alcalina, conforme os dados apresentados na Figura 24 e no Quadro 12, observa-se a ocorrência de uma tendência de aumento de cloretos para as duas linhas avaliadas. Para a linha de pasteurização esse aumento foi bem mais expressivo, saindo de um valor igual a 24 mg/L de NaCl para a solução

original (sem uso) e atingindo o valor máximo igual a 58 mg/L de NaCl após o 5º uso, representando um aumento em torno de 146%. Para a linha de envase, de acordo com os dados apresentados no Quadro 12, ocorreu uma tendência de aumento durante cada uso. Entretanto, não foi observado um efeito acumulativo, que provavelmente foi inibido pelo fator de diluição ocorrido na etapa de aquecimento da solução antes de cada uso. Além do fator de diluição, a diferença ocorrida na variação de cloretos da solução alcalina entre as duas linhas pode ser justificada pela maior extensão da linha e pelo aquecimento do leite ocorrido no pasteurizador, favorecendo a formação de incrustação mineral. O aumento de cloretos pode estar relacionado ao aumento da dureza observado na solução de soda circulada na linha de pasteurização. Apesar do acúmulo de cloretos na solução alcalina, ao longo dos sucessivos usos, ocorrido para a linha de pasteurização, o maior valor observado igual a 58mg/L de NaCl, foi bem inferior a 250 mg/L de NaCl, valor máximo definido pela Portaria Nº 518/MS para água potável (BRASIL, 2004).

Nas condições em que os testes foram realizados pode-se afirmar que a concentração de cloretos na solução de soda permaneceu em uma faixa segura, não representando risco de danos para a indústria.

Quadro 12 - Valores médios de cloretos das soluções alcalinas ao longo dos sucessivos usos para a linha de envase e pasteurização.

Amostras	Linha de Envase - Cloretos (mg/L de NaCl)	Linha de Pasteurização - Cloretos (mg/L de NaCl)
Soda original	36,40 ± 25,54	23,50 ± 4,33
Soda 1º uso	36,97 ± 27,16	34,39 ± 9,80
Soda 1º uso corrigido	21,21 ± 12,16	-
Soda 2º uso	32,39 ± 2,84	-
Soda 2º uso corrigido	19,78 ± 2,03	-
Soda 3º uso	22,93 ± 16,59	-
Soda 3º uso corrigido	19,49 ± 2,43	-
Soda 4º uso	22,93 ± 49,76	-
Soda 4º uso corrigida	20,77 ± 3,44	56,18 ± 0,99
Soda 5º uso	23,25 ± 7,75	57,71 ± 2,01
Soda 5º uso corrigida	18,34 ± 1,62	-
Soda 6º uso	22,36 ± 4,05	-

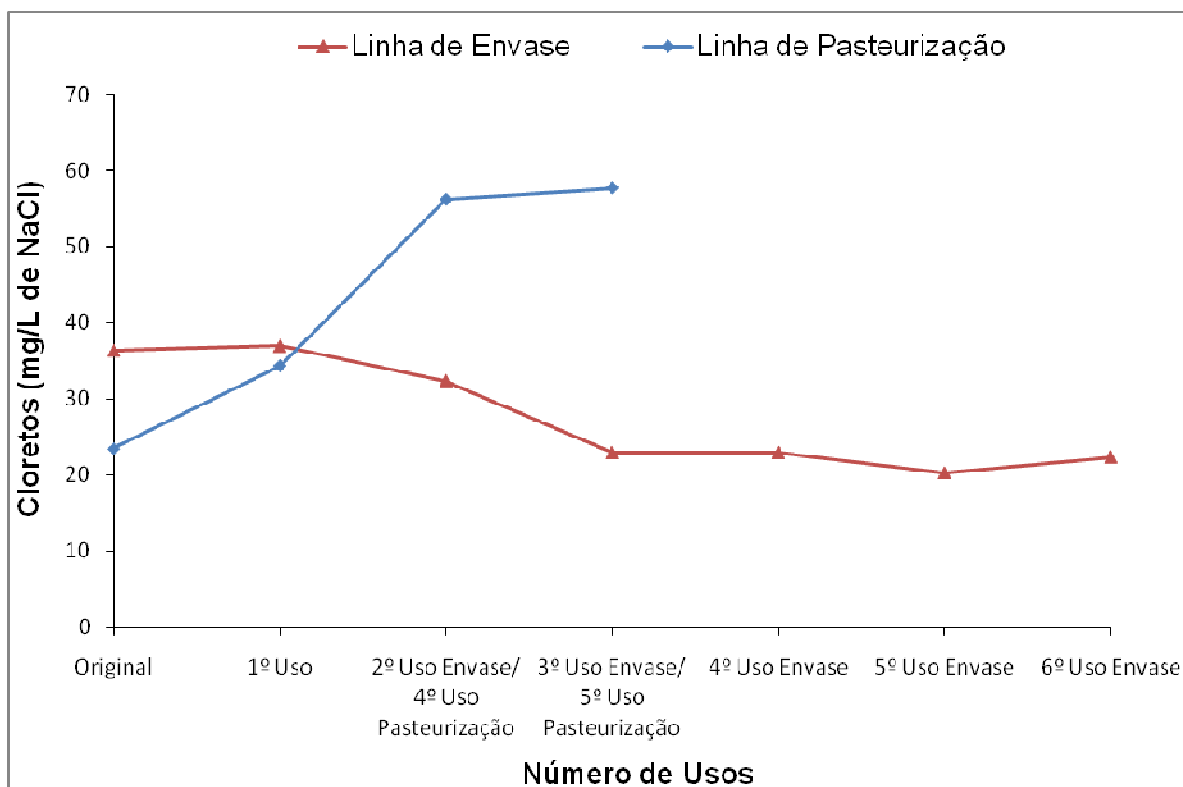


Figura 24 - Variação do teor de cloretos da solução de soda ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.

- **Solução Ácida**

Para a solução ácida, pode-se observar pelos dados apresentados na Figura 25 que os valores de cloretos ficaram bem acima dos valores encontrados para a solução alcalina. No entanto, não ocorreu tendência de aumento para nenhuma das linhas avaliadas. Para a linha de pasteurização os valores permaneceram praticamente constantes, quando se compara a solução original com o 3º e último uso. Para a linha de envase ocorreu uma tendência de redução quando se compara a solução original com o primeiro uso, permanecendo constante após esse uso. Em alguns casos o aumento da dureza pode estar relacionado ao aumento de cloretos, porém, para as soluções ácidas essa relação não ocorreu, uma vez que o comportamento das soluções ácidas em relação ao parâmetro cloretos não refletiu o mesmo aumento observado para a dureza, principalmente para a linha de pasteurização. Apesar das concentrações elevadas de cloretos presentes nas soluções ácidas avaliadas, observa-se que esses valores estão abaixo do limite máximo recomendado para uso na indústria de alimentos, que é de 250 mg/L de NaCl. Os valores obtidos também atendem a recomendação para água potável pela Portaria 518/MS (BRASIL, 2004).

Considerando que não ocorreu uma tendência de aumento de cloretos ao longo dos sucessivos usos e que as soluções ácidas são reutilizadas apenas na etapa de higienização, pode-se concluir que o parâmetro cloretos não seria uma restrição que impediria a aplicação da técnica de reuso dessas soluções.

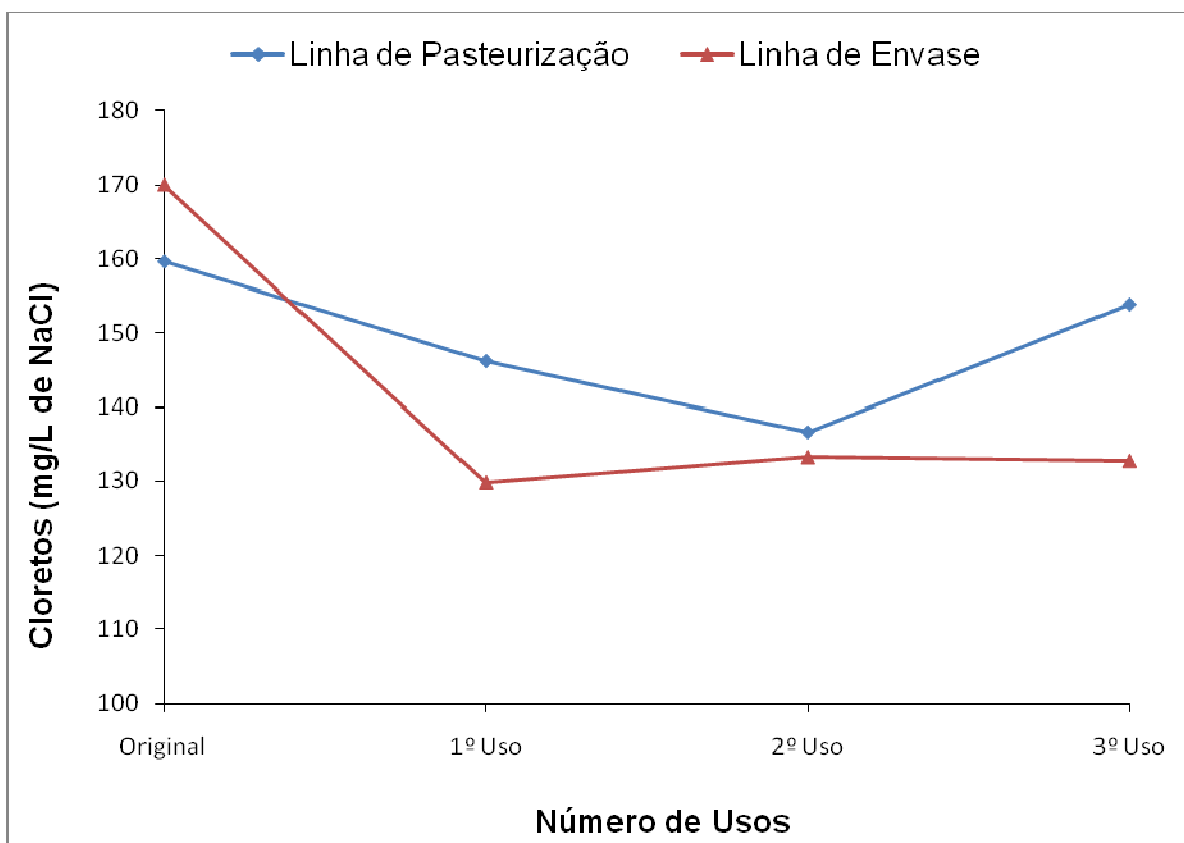


Figura 25 - Variação do teor de cloretos da solução ácida ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.

- **Soluções de enxágue e suas respectivas misturas**

Pela análise dos dados apresentados na Figura 26 observa-se que, para as duas linhas avaliadas, os resultados de cloretos das soluções de enxágue da soda, ácido e suas respectivas misturas refletiram os resultados observados para as soluções alcalinas e ácidas, apresentando comportamento semelhante. Assim como já discutido para os outros parâmetros, esse resultado era esperado e está coerente, considerando que as características das soluções de enxágue são influenciadas pelas características das soluções CIP's. Para a linha de pasteurização ocorreu uma tendência de aumento do teor de cloretos, ao longo dos sucessivos usos para o enxágue da solução alcalina, sendo o mesmo comportamento refletido para a mistura dos enxágues. Para essa mesma linha os

enxágues ácidos apresentaram resultados de cloretos praticamente constantes, refletindo o mesmo comportamento da solução ácida. Para a linha de envase, os enxágues alcalinos, ácidos e suas respectivas misturas apresentaram tendência de redução do teor de cloretos ao longo dos sucessivos usos das soluções CIP's, refletindo a tendência de redução do teor de cloretos acumulado nestas soluções. Apesar da tendência de aumento do teor de cloretos durante cada uso da solução alcalina na linha de envase, isso não foi observado na solução de enxágue, mesmo porque o efeito acumulativo ao longo dos sucessivos usos não ocorreu, provavelmente pelo efeito do fator de diluição, como já explicado. É importante ressaltar que, apesar da solução ácida ter apresentado teor de cloretos bem acima do observado para a solução alcalina, o contrário ocorreu para as soluções de enxágue, onde o teor de cloretos nos enxágues alcalinos foi superior ao obtido para os enxágues ácidos. Já a mistura dos enxágues apresentou valores intermediários de cloretos, fator positivo e que facilita o reuso das duas soluções de enxágue misturadas.

Pode-se observar também que ao longo dos sucessivos usos das soluções CIP's os valores de cloretos para as soluções de enxágue e suas respectivas misturas permaneceram bem inferiores a 250 mg/L de NaCl, valor máximo recomendado para uso na indústria e definido pela Portaria Nº 518/MS para água potável (BRASIL, 2004). Elevadas concentrações de cloretos na água podem provocar corrosões nos equipamentos de aço inoxidável, além de formar incrustações nas instalações e equipamentos.

De acordo com os resultados obtidos para todas as soluções e linhas avaliadas observa-se que, ao longo dos sucessivos usos, os valores de cloretos obtidos foram inferiores a 250 mg/L de NaCl. Sendo assim, nas condições em que os testes foram realizados, pode-se afirmar que o teor de cloretos nas soluções avaliadas permaneceu em uma faixa segura e não representa uma restrição para aplicação da técnica de reuso das soluções CIP's e seus respectivos enxágues.

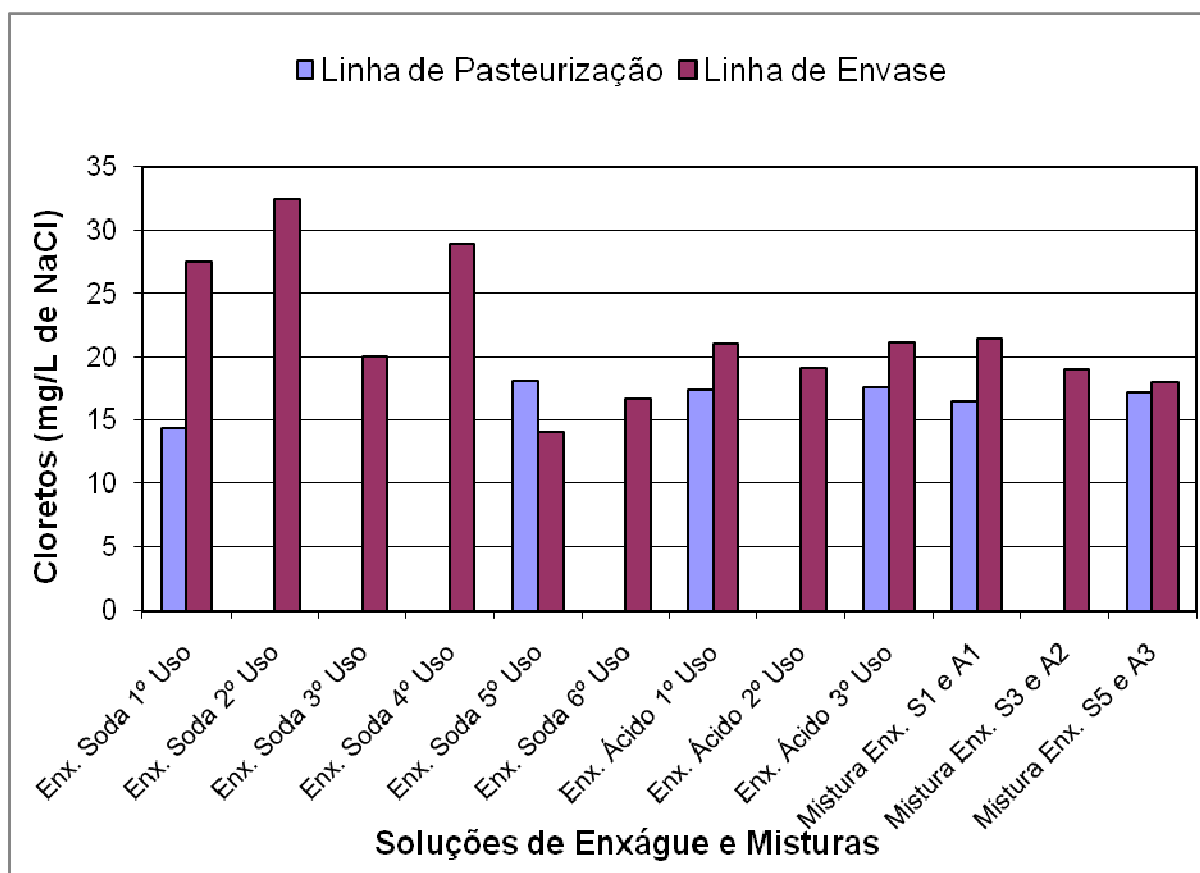


Figura 26 - Variação do teor de cloretos das soluções de enxágue e suas respectivas misturas ao longo de sucessivos usos para a linha de pasteurização e envase.

4.2- Parâmetros microbiológicos

4.2.1- Avaliação das superfícies de equipamentos e tubulações

Conforme os resultados de ATP bioluminescência e contagem global de mesófilos apresentados no Quadro 13, é possível observar que ocorreu eficiência do processo de higienização durante o período de reuso das soluções CIP's para as duas linhas avaliadas. Em relação ao parâmetro ATP verifica-se que os valores obtidos, de modo geral, estão abaixo do limite máximo recomendado segundo Guia de Controle de Higiene da 3M, o qual é 150 URL. Verifica-se também que, para a linha de pasteurização, os valores variaram em um limite máximo inferior ao observado para a linha de envase. Além disso, para as duas linhas avaliadas, não ocorreu uma tendência de aumento desse parâmetro ao longo dos sucessivos reusos das soluções, mantendo-se na mesma faixa dos valores obtidos com a indústria, funcionando nas condições normais (antes dos testes e

após os testes de reuso). Esse resultado indica que o procedimento de reuso, nas condições avaliadas, não alterou a eficiência do procedimento de higienização. O teste de ATP bioluminescência é um indicador da presença de resíduos orgânicos e de microrganismos, sendo uma análise rápida e prática para as indústrias monitorarem a eficiência dos procedimentos de higienização.

A eficiência do procedimento de higienização durante o reuso das soluções de soda e ácido é reforçada pela baixa contagem global de mesófilos encontrada na superfície dos equipamentos, onde foram obtidos valores bem inferiores às recomendações da OMS (abaixo de 50 UFC/cm²) e que atendem às recomendações mais restritivas da APHA (abaixo de 2 UFC/cm²). Assim como foi observado para o parâmetro ATP, não ocorreu uma tendência de aumento da contagem de mesófilos no período de reuso das soluções CIP's, sendo que esses valores se mantiveram na mesma faixa dos valores obtidos com a indústria, funcionando nas condições normais (antes dos testes e após os testes de reuso).

Outro parâmetro que confirma que o processo de higienização das superfícies se manteve eficiente durante o período de reuso das soluções CIP's são as análises microbiológicas realizadas no produto final (leite pasteurizado). Segundo o setor de controle de qualidade da indústria não ocorreu um aumento na contagem global de mesófilos e coliformes a 35°C no produto final, com os valores mantendo-se dentro de uma faixa histórica e inferiores ao limite máximo estabelecido pela legislação vigente.

4.2.2- Avaliação microbiológica das soluções

Conforme os dados apresentados no Quadro 14 pode-se observar que todas as soluções avaliadas (ácida, soda, enxágues e mistura dos enxágues) ao longo dos sucessivos reusos obtiveram contagem global de mesófilos menor que 5 UFC/mL, o que corresponde a um valor bem inferior ao limite máximo estabelecido pela Portaria nº 518/MS (BRASIL, 2004) para qualidade de água potável, que é de 500 UFC/ml. Em relação aos coliformes a 35°C, apesar da análise ter sido realizada usando apenas 1 ml da amostra, ocorreu ausência de crescimento em todas as placas. A Portaria nº 518/MS determina a ausência de coliformes em 100 mL de amostra.

Quadro 13 - Valores de ATP e contagem global de mesófilos referentes às avaliações das superfícies antes, durante e após a realização dos testes de reuso das soluções de soda e ácido usadas para higienização das linhas de envase de leite pasteurizado e linha de pasteurização.

Linha de envase de leite pasteurizado*								
Período de avaliação	TAMPA DO TANQUE		FUNDO DO TANQUE		TUBULAÇÃO BOMBA		TUBULAÇÃO CURVA	
	ATP (URL)	MESÓFILOS (UFC/cm ²)	ATP (URL)	MESÓFILOS (UFC/cm ²)	ATP (URL)	MESÓFILOS (UFC/cm ²)	ATP (URL)	MESÓFILOS (UFC/cm ²)
ANTES DOS TESTES	58 ± 42	< 1 ± 0,10	31 ± 5	< 1 ± 0,06	20 ± 15	< 1 ± 0,16	10 ± 3	< 1 ± 0,02
APÓS 1º USO	127 ± 69	< 1 ± 0	180 ± 224	< 1 ± 0,47	21 ± 19	< 1 ± 0,04	9 ± 3	< 1 ± 0,06
APÓS 2º USO	45 ± 55	< 1 ± 0	24 ± 21	< 1 ± 0,60	83 ± 126	< 1 ± 0,05	51 ± 36	< 1 ± 0,05
APÓS 3º USO	23 ± 16	< 1 ± 0,04	89 ± 108	< 1 ± 0,31	6 ± 1	< 1 ± 0	15 ± 5	< 1 ± 0
APÓS 4º USO	45 ± 48	< 3 ± 3,02	42 ± 51	< 3 ± 4,73	9 ± 8	< 1 ± 0,04	9 ± 2	< 1 ± 0,02
APÓS 5º USO	76 ± 96	< 1 ± 0,04	64 ± 78	< 1 ± 0,42	23 ± 24	< 1 ± 0	14 ± 6	< 1 ± 0,01
APÓS 6º USO	92 ± 56	< 1 ± 0	87 ± 93	< 1 ± 0,53	10 ± 5	< 1 ± 0,53	12 ± 4	< 1 ± 0
APÓS OS TESTES	12 ± 8	< 1 ± 0,05	32 ± 16	< 1 ± 0,95	18 ± 18	< 1 ± 0,95	268 ± 334	< 1 ± 0
Linha de pasteurização**								
Período de avaliação	TUBULAÇÃO ENTRADA PASTEURIZADOR		TUBULAÇÃO ENTRADA RETARDADOR		TUBULAÇÃO SAÍDA PASTEURIZADOR			
	ATP (URL)	MESÓFILOS (UFC/cm ²)	ATP (URL)	MESÓFILOS (UFC/cm ²)	ATP (URL)	MESÓFILOS (UFC/cm ²)		
ANTES DOS TESTES	40 ± 13	< 1 ± 0,08	20 ± 15	< 1 ± 0,19	16 ± 6	< 1 ± 0,02		
APÓS 1º USO	25 ± 8	< 1 ± 0,01	16 ± 6	< 1 ± 0,01	63 ± 71	< 1 ± 0		
APÓS 2º USO	26 ± 7	< 1 ± 0,02	18 ± 7	< 1 ± 0,11	21 ± 4	< 1 ± 0,01		
APÓS 3º USO	23 ± 12	< 1 ± 0,01	15 ± 6	< 1 ± 0,39	39 ± 28	< 1 ± 0		
APÓS 4º USO	28 ± 4	< 1 ± 0	30 ± 32	< 1 ± 0	13 ± 2,00	< 1 ± 0,01		
APÓS 5º USO	15 ± 2	< 1 ± 0,11	19 ± 9	< 1 ± 0,95	68 ± 62	< 1 ± 0,01		
APÓS OS TESTES	42 ± 25	< 1 ± 0,02	26 ± 12	< 1 ± 0,73	24 ± 12	< 1 ± 0		

* Para a linha de envase foram avaliados 4 pontos que incluem: Tampa e fundo do tanque de estocagem do leite pasteurizado, conexão da tubulação com a bomba centrífuga e uma curva de 90º da tubulação. ** Para a linha de pasteurização foram avaliados 3 pontos que incluem: conexão da tubulação com a entrada do pasteurizador (leite cru), conexão da tubulação de 1,5' (saída do setor de aquecimento do pasteurizador) com a entrada do retardador com 2,0' (leite a 72 °C) e conexão da tubulação de saída do setor de resfriamento do pasteurizador (leite pasteurizado).

É importante ressaltar que também não ocorreu uma tendência de aumento da contagem de mesófilos e coliformes a 35 °C ao longo dos sucessivos reusos das soluções, o que indica que, apesar do acúmulo de matéria orgânica, principalmente na solução alcalina reutilizada na linha de pasteurização, não ocorreu alteração microbiológica da solução. Esse comportamento pode ser justificado pelas condições extremas de pH da solução e os constantes tratamentos térmicos (75 a 80 °C) que a solução foi submetida durante a sua recirculação na linha.

Quadro 14 - Contagem global de mesófilos e coliformes a 35 °C nas soluções CIP's, enxágues e mistura dos enxágues ao longo dos sucessivos usos

Soluções	Mesófilos (UFC/mL)	Coliformes a 35 °C(UFC/mL)
Linha de Envase de Leite Pasteurizado		
Soda 1º Uso	< 5 ± 0	< 5 ± 0
Soda 2º Uso	< 5 ± 0	< 5 ± 0
Soda 3º Uso	< 5 ± 0	< 5 ± 0
Soda 4º Uso	< 5 ± 0	< 5 ± 0
Soda 5º Uso	< 5 ± 0	< 5 ± 0
Soda 6º Uso	< 5 ± 0	< 5 ± 0
Enxágue Soda 1º Uso	< 4 ± 0,3	< 3 ± 1
Enxágue Soda 2º Uso	< 3 ± 0	< 3 ± 0
Enxágue Soda 3º Uso	< 4 ± 1	< 3 ± 0
Enxágue Soda 4º Uso	< 3 ± 0	< 3 ± 0
Enxágue Soda 5º Uso	< 3 ± 0	< 3 ± 0
Enxágue Soda 6º Uso	< 3 ± 0	< 3 ± 0
Ácido 1º Uso	< 3 ± 0	< 3 ± 0
Ácido 2º Uso	< 3 ± 0	< 3 ± 0
Ácido 3º Uso	< 3 ± 0	< 3 ± 0
Enxágue Ácido 1º Uso	< 2 ± 0	< 2 ± 0,6
Enxágue Ácido 2º Uso	< 2 ± 0	< 2 ± 0
Enxágue Ácido 3º Uso	< 2 ± 0	< 2 ± 0
Mistura S1 + A1	< 2 ± 0	< 2 ± 0
Mistura S3 + A2	< 2 ± 0,3	< 2 ± 0,6
Mistura S5 + A3	< 2 ± 0	< 2 ± 0
Linha de Pasteurização		
Soda 1º Uso	< 5 ± 0	< 5 ± 0
Soda 5º Uso	< 5 ± 0	< 5 ± 0
Enxágue Soda 1º Uso	< 3 ± 0	< 3 ± 0
Enxágue Soda 5º Uso	< 6 ± 4,3	< 3 ± 0
Ácido 1º Uso	< 3 ± 0	< 3 ± 0
Ácido 3º Uso	< 3 ± 0	< 3 ± 0
Enxágue Ácido 1º Uso	< 3 ± 0,6	< 3 ± 0,6
Enxágue Ácido 3º Uso	< 3 ± 0	< 3 ± 0

Os resultados dessa experimentação corroboram aqueles encontrados por KULKARNI et al., (1974), que avaliaram o reuso com e sem regeneração de soluções alcalinas utilizadas na limpeza CIP de tubulações com circulação de leite quente, simulando as condições de pasteurização da indústria. Os autores identificaram o potencial de reuso da solução CIP, mas observaram uma tendência de aumento do teor de matéria orgânica na superfície da tubulação ao longo dos sucessivos usos. Esse aumento foi bem inferior quando as soluções foram regeneradas por meio de filtração para remoção da matéria orgânica acumulada durante cada limpeza.

GUIZIOU et al. (2007) testaram o reuso de soluções CIP's após a sua regeneração, utilizando diferentes tecnologias de membrana e centrifugação. Mesmo passando por esse sistema de regeneração, ocorreu um aumento do teor de sólidos suspensos e DQO e uma redução da tensão superficial das soluções ao longo dos sucessivos reusos. Os autores identificaram que os sistemas de regeneração e reuso foram totalmente viáveis, com baixo tempo de retorno do capital investido.

5- CONCLUSÃO

Considerando as condições em que os testes foram realizados e os resultados obtidos em relação aos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, pode-se concluir que:

- A aplicação da técnica de regeneração e reuso das soluções de soda e ácido proporcionou alterações nos principais parâmetros físico-químicos de qualidade de água avaliados, porém a técnica mostrou-se adequada e suficiente para garantir a higienização dos equipamentos e tubulações, visto que, ao longo dos sucessivos usos, não ocorreram alterações microbiológicas nas soluções e nas superfícies dos equipamentos.
- A perda reduzida do teor de alcalinidade e acidez durante cada uso das soluções CIP's, para as duas linhas avaliadas, viabiliza a aplicação do procedimento de regeneração e reuso, em função da grande economia que se pode obter no consumo desses produtos químicos. Além disso, a redução dos custos ambientais pode representar o maior incentivo para a aplicação da técnica de reuso.
- Para as condições testadas na indústria pode-se afirmar que é possível reutilizar até cinco vezes a solução alcalina para a linha de envase, e quatro vezes para a linha de pasteurização. A solução ácida pode ser reutilizada até duas vezes para cada linha testada, obtendo uma economia mensal de R\$ 1.145,00 em relação ao consumo de produtos químicos.
- Para as soluções de enxágue e suas respectivas misturas não foram observadas grandes variações físico-químicas e microbiológicas. Esses parâmetros se mantiveram dentro dos limites recomendados para água potável, o que sugere a possibilidade de destinação dessas soluções para usos específicos na indústria.
- A solução proveniente da mistura entre os enxágues alcalinos e ácidos apresentou características mais adequadas para reuso quando comparadas com os enxágues isolados.
- O pH não se mostrou como um parâmetro adequado e suficiente para monitorar e definir a necessidade de correção das soluções de soda e ácida durante o reuso. Esse comportamento pode ser justificado pela baixa correlação e sensibilidade apresentada pelo phmetro para valores de pH extremos.

- O parâmetro condutividade elétrica apresentou uma boa sensibilidade para monitorar as concentrações de alcalinidade e acidez nas soluções, podendo ser utilizado para definir a necessidade de correção das soluções, por se constituir em uma análise rápida e fácil.
- Apesar da semelhança em relação à tendência de variação dos parâmetros físico-químicos avaliados, a intensidade de variação desses parâmetros foi bem diferente entre as duas linhas avaliadas, o que sugere a importância de definir procedimentos de reuso, monitoramento e avaliação específicos para cada indústria e linha de processamento.
- A instalação de um sistema CIP adequadamente projetado é fundamental para garantir a operacionalidade, viabilidade e segurança na aplicação da técnica de regeneração e reuso e obter a eficiência desejada no procedimento de higienização.

6.0- SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

- A destinação da mistura dos enxágue para reuso como água de remoção dos resíduos de leite na pré-lavagem dos equipamentos ou uso na caldeira, em função do pH próximo de 10,0 se constituem em algumas das possibilidades para aproveitamento dessas correntes de água, que devem ser avaliadas em experimentos futuros.

CAPÍTULO 2: ELABORAÇÃO DE BALANÇO DE MASSA DO CONSUMO DE ÁGUA, VAPOR E GERAÇÃO DE RESÍDUOS DOS PROCESSOS DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

1- INTRODUÇÃO

Atualmente a questão ambiental tem se tornado um importante fator de competitividade entre as indústrias em função dos elevados custos para tratamento e disposição adequada dos resíduos gerados nos processos produtivos, além de se constituir numa barreira para o acesso ao crédito e aos novos mercados. Como fator agravante, essas indústrias são caracterizadas pela falta de padronização dos processos produtivos, falta de controle do consumo de água, somadas a uma mão de obra pouco qualificada e à ausência de especialistas na área de gerenciamento e tratamento de resíduos, o que dificulta a implantação de um sistema de gestão ambiental (SILVA, 2006).

Por outro lado, nas indústrias de laticínios, principalmente as de pequeno e médio porte, é difícil identificar uma planta típica e, assim, definir seus resíduos associados. Isso ocorre em função da grande variedade de produtos que podem ser processados e diferentes tipos de tecnologias e níveis de automação que podem ser empregados nos processos produtivos.

Dessa forma, os aspectos e impactos ambientais das indústrias de laticínios são influenciados por diversos fatores, que incluem: processos industriais em curso (produtos fabricados); volume de leite processado; tecnologia de produção adotada; condições e tipos de equipamentos utilizados; práticas de redução da carga poluidora e do volume de efluentes; atitudes de gerenciamento da direção da indústria em relação às práticas de gestão ambiental; padronização dos procedimentos de higienização, entre outros (MACHADO et al., 2002).

Nesse contexto, para aplicação e sucesso de um sistema de gestão ambiental na indústria de laticínios, é fundamental conhecer os fluxogramas detalhados de todos os processos produtivos com um balanço de massa do consumo de água e geração de resíduos para cada etapa. A elaboração desses fluxogramas irá permitir a identificação das principais atividades consumidoras de água e geradoras de efluentes e contribuirá para definição das alternativas de alterações e controle nos processos, que devem ser implantadas para o sucesso do programa de gestão ambiental.

Outro fator importante que deve ser analisado é a influência da tecnologia, layout e equipamentos disponíveis, em relação ao volume, características e alternativas de aproveitamento de subprodutos gerados. Em muitas indústrias a tecnologia e os processos produtivos empregados dificultam ou até mesmo inviabilizam a coleta e o aproveitamento dos subprodutos gerados. Na tentativa de oferecer uma avaliação mais detalhada dos aspectos ambientais da indústria de laticínios, esse trabalho teve como principal finalidade analisar as principais linhas de processamento e a influência da tecnologia adotada em relação ao consumo de água e geração de efluentes.

2- OBJETIVOS

2.1- Objetivo geral

Elaborar um balanço de massa do consumo de água, vapor e geração de efluentes das principais linhas de processamento da indústria de laticínios e avaliar a influência da tecnologia em relação aos aspectos ambientais.

2.2- Objetivos específicos:

- Identificar as principais operações responsáveis pelo consumo de água e geração de resíduos na indústria de laticínios;
- Avaliar a influência da tecnologia em relação ao consumo de água, geração e características dos efluentes em laticínios de diferentes portes;
- Propor substituição de tecnologia e ajustes nos processos para reduzir a geração de resíduos e melhorar a eficiência produtiva.

3- METODOLOGIA

O levantamento de informações para elaboração dos fluxogramas e balanço de massa do consumo de água e geração de efluentes foi realizado por meio de revisão de literaturas, diagnóstico ambiental em laticínios de diferentes portes, além de testes experimentais realizados em um laticínio e no laboratório. A revisão de literatura abordou pesquisa sobre as principais etapas e as principais tecnologias disponíveis para processamento de cada produto.

3.1- Diagnóstico ambiental na indústria de laticínios e balanço de massa

O diagnóstico ambiental foi realizado em oito laticínios com capacidade de processamento variando entre 2.000 L e 100.000 L de leite por dia, sendo sete laticínios localizados no estado de Minas Gerais e um laticínio localizado no estado da Bahia. A finalidade desse diagnóstico foi identificar os principais aspectos ambientais de 11 linhas de processamento e elaborar o balanço de massa referente ao consumo de água, vapor e geração de efluentes. As linhas avaliadas foram: leite pasteurizado, manteiga, iogurte, bebida láctea, doce de leite, queijo minas frescal, queijo minas padrão, queijo prato, queijo mussarela, requeijão e ricota. Para elaborar o balanço de massa foram medidos os coeficientes de consumo de água, vapor e geração de efluentes para cada etapa onde ocorrem e para as diferentes tecnologias adotadas nos processos produtivos. Além disso, foram coletadas amostras dos principais resíduos para caracterização em laboratório. Com os coeficientes de geração de efluente e seu potencial poluidor mensurado no laboratório, avaliou-se a influência da tecnologia em relação aos aspectos ambientais. Para o balanço do consumo de vapor para todas as operações avaliadas, considerou-se que o vapor foi produzido a uma pressão média de 4,0 kgf/cm² e que possuía um título igual a 80%.

3.2- Testes experimentais em um laticínios e no laboratório

A parte experimental foi realizada no laboratório de Biotecnologia e Processos Fermentativos do Departamento de Tecnologia de Alimentos/UFV e no Laticínios Viçosa. Na parte experimental foram realizados testes na linha de manteiga, a fim de avaliar a influência da tecnologia de processamento nas características do leite e na água de lavagem. Os testes laboratoriais resumiram-se basicamente em análises de DQO para caracterização do potencial poluidor de alguns subprodutos e resíduos específicos, como soro, leite, água de filagem, água de lavagem da manteiga e salmoura. As análises de DQO foram realizadas de acordo com a metodologia descrita em APHA (2005).

4.0- RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 15 está apresentado um resumo das características de cada laticínio diagnosticado. Pode-se observar que, de modo geral, os laticínios de maior porte apresentaram coeficiente de consumo de água (litros de água/litros de leite processado) e teor de DQO presente no efluente bem inferiores ao observado para os laticínios de menor porte. Esse comportamento pode ser justificado em parte por alguns fatores presentes nos laticínios de maior porte, que incluem: I) tecnologias adotadas e maior mecanização dos processos, o que favorece a coleta e o aproveitamento dos subprodutos gerados nestes laticínios; II) maior nível de conscientização e treinamento dos colaboradores em relação aos aspectos ambientais; III) maior fiscalização por parte dos órgãos ambientais, comunidades vizinhas e maiores exigências por parte dos clientes, principalmente, para os laticínios que atuam no mercado institucional; e IV) maior escala de produção, proporcionando maiores intervalos de funcionamento dos equipamentos sem interrupções para higienização, gerando assim um menor coeficiente de consumo de água por litro de leite processado.

A seguir é apresentada uma análise mais detalhada dos resultados obtidos na avaliação dos fluxogramas de processamento e seus respectivos balanços de massa para cada uma das 11 linhas de processamento diagnosticadas.

4.1- Linha de recepção e pasteurização de leite

Na Figura 27 está representado o fluxograma geral das etapas de recepção e pasteurização de leite com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos. No Quadro 16 está apresentado o balanço do consumo de água, vapor e geração de resíduos para as etapas de maior impacto ambiental. Para essa linha pode-se observar que as duas operações que mais sofrem influência da tecnologia em relação ao consumo de água e geração de efluentes são a pasteurização e o resfriamento do leite pasteurizado. No processo de pasteurização lenta o consumo de vapor pode ser até três vezes superior ao da pasteurização rápida. Isso ocorre, principalmente, pela regeneração de energia que ocorre no pasteurizador e também pela maior área superficial de troca de calor. As indústrias que ainda utilizam a pasteurização lenta geralmente fazem o resfriamento do leite utilizando água à temperatura ambiente, que circula na camisa dupla dos tanques e depois é descartada.

Quadro 15 – Resumo das características dos laticínios onde foram realizados os diagnósticos ambientais nos processos

Empresa	Volume de leite processado (L/dia)	Produtos produzidos	Tecnologia empregada	Coeficiente de consumo de água (L de água/L de leite processado)	Características do efluente global	
					Vazão (m ³ /dia)	DQO (mg/L)
Laticínios 1	2000	Queijo Mussarela, queijo Minas Frescal, queijo Minas Padrão, Requeijão, Ricota e logurte	Pasteurização lenta. Processo todo manual	3 a 6	6 a 12	3000 a 4000
Laticínios 2	5000	Queijo Mussarela, queijo Minas Frescal, queijo Minas Padrão e Ricota	Pasteurização lenta. Processo todo manual	6 a 8	30 a 40	3000 a 4000
Laticínios 3	8000	Leite pasteurizado, queijo Mussarela, queijo Minas Frescal, Requeijão, logurte e Manteiga	Pasteurização rápida. Processo manual e semi-mecanizado	2 a 4	16 a 32	4000 a 6000
Laticínios 4	15000	Leite pasteurizado, Requeijão, logurte, Manteiga e Doce de Leite	Pasteurização rápida. Processo manual e semi-mecanizado	6 a 8	90 a 120	3000 a 4000
Laticínios 5	20000	Leite pasteurizado, queijo Mussarela, queijo Minas Frescal, Minas Padrão, queijo Prato, Ricota, Manteiga e Doce de Leite	Pasteurização rápida. Processo manual e semi-mecanizado	2 a 3	40 a 60	3000 a 5000
Laticínios 6	25000	Leite pasteurizado, queijo Mussarela, queijo Minas Frescal, Minas Padrão, queijo Prato, queijo Parmesão, Manteiga e logurte	Pasteurização rápida. Processo manual e semi-mecanizado	1 a 2	25 a 50	2000 a 3000
Laticínios 7	30000	Leite pasteurizado, queijo Mussarela, queijo Minas Frescal, queijo Parmesão, Ricota, Manteiga, logurte e Bebida Láctea	Pasteurização rápida. Processo manual e semi-mecanizado	2 a 3	60 a 90	2500 a 3500
Laticínios 8	100000	Leite pasteurizado, queijo Mussarela, queijo Minas Frescal, Minas Padrão, Prato, Coalho, requeijão, manteiga, bebida láctea	Pasteurização rápida. Processo semi-mecanizado e mecanizado	1 a 2	100 a 200	2000 a 3000

Essa operação pode consumir de 3 a 5 L de água por L de leite processado, gerando o mesmo volume de efluente. Na pasteurização rápida, o resfriamento é realizado utilizando água gelada (proveniente do banco de gelo), que recircula em um sistema fechado, praticamente sem perdas, quando mantido em condições adequadas. Na pasteurização lenta, uma alternativa é adaptar um sistema com reservatório e recirculação dessa água.

Outra operação que sofre bastante influência da tecnologia é a recepção do leite. Em latões, o consumo de água e a geração de efluente na etapa inicial de higienização podem ser até 50% superior ao volume consumido para higienização dos tanques dos caminhões no sistema a granel, resultando também em uma carga de poluição mais elevada.

Uma operação que também merece atenção é a distribuição do leite dos tanques de estocagem para as diferentes linhas de processamento. No início e final desse método geralmente ocorre a mistura de água e leite, gerando um pequeno volume de efluente, porém com elevada carga de poluição. Uma alternativa que pode ser adotada é o aproveitamento dessa mistura na formulação de determinados produtos, como iogurte, bebida láctea e doce de leite.

A operação de envase, dependendo da tecnologia adotada, também pode ser uma grande fonte de geração de resíduos. Isso ocorre devido às perdas de embalagem e produto acabado no início e final das operações de envase – que podem variar significativamente de acordo com o equipamento utilizado –, além de falhas no equipamento durante o envase, acarretadas, principalmente, por falta de manutenção preventiva.

É importante ressaltar que a qualidade da matéria prima leite também exerce grande influência na geração de resíduos. Se for de baixa qualidade, ela contribui para o aumento das perdas durante o processamento, além de aumentar a frequência de higienização do pasteurizador, por causa da maior incrustação provocada pela precipitação do leite.

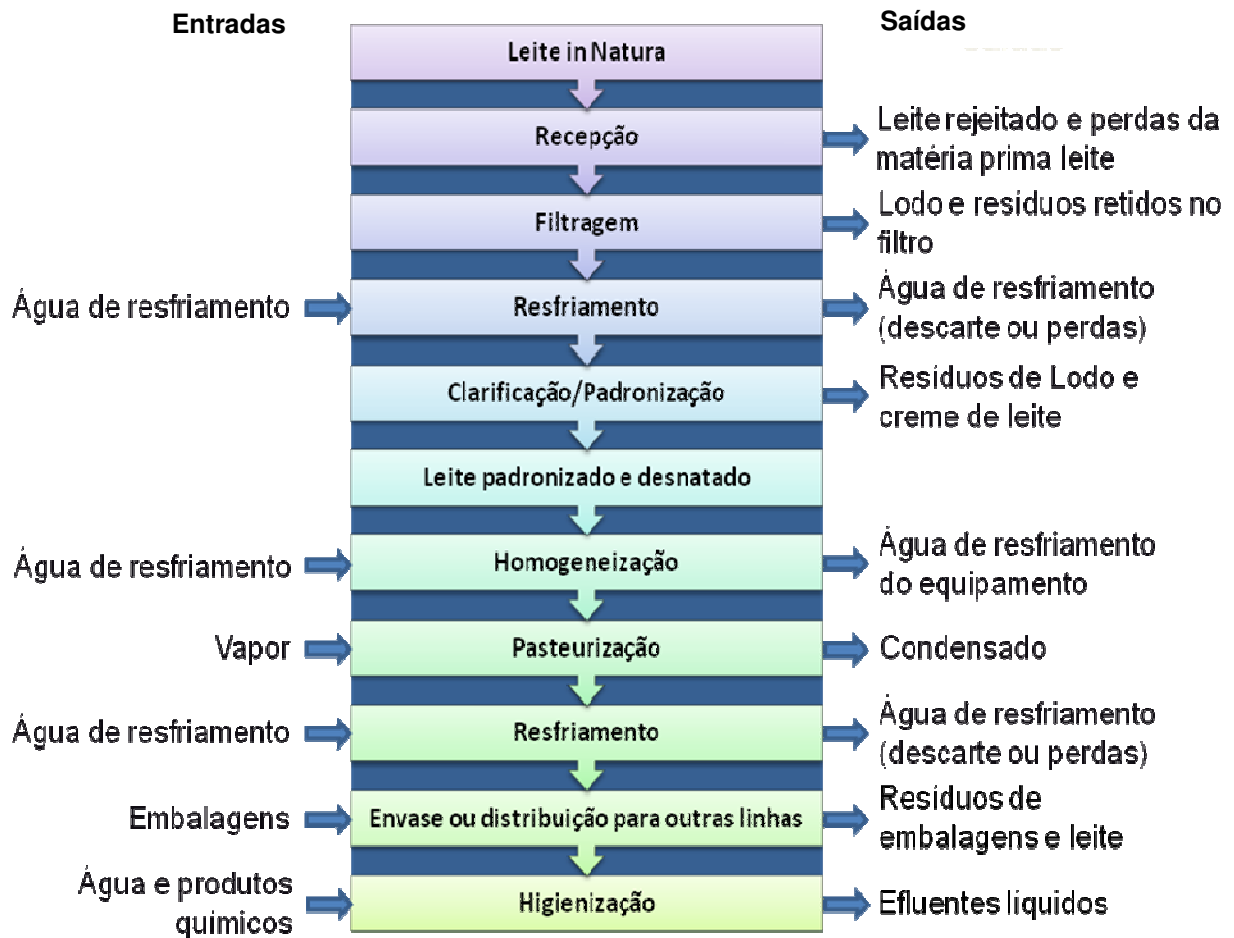


Figura 27 - Fluxograma da linha de recepção e pasteurização de leite com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos.

Quadro 16 - Balanço do consumo de água, vapor e geração de resíduos das principais operações do processo de recepção e pasteurização de leite, para diferentes tecnologias, usando como referência o processamento de 10.000 L de leite.

Etapas	OPERAÇÕES / TECNOLOGIAS UTILIZADAS NO PROCESSO	CONSUMO DE VAPOR OU ÁGUA	GERAÇÃO DE RESÍDUOS	DQO (kg/m³)
Recepção	• Recepção de leite em latão – Primeira água de remoção dos resíduos de leite no latão contento alto teor de matéria orgânica	200 a 300 L de água	200 a 300 L de efluente	15 a 25
	• Recepção de leite a granel – Primeira água de remoção dos resíduos de leite no tanque do caminhão (alto teor de matéria orgânica)	100 a 200 L de água	100 a 200 L de efluente	10 a 20
Estocagem	• Primeira água de remoção dos resíduos de leite dos tanques de estocagem contento alto teor de matéria orgânica	50 a 100 L de água/tanque	50 a 100 L de efluente/tanque	15 a 25
Clarificação e Padronização	• Remoção de impurezas do leite	-	1,0 a 3,0 kg de lodo	-
	• Primeira água de remoção dos resíduos de leite da desnatadeira/padronizadora contento alto teor de matéria orgânica	50 a 150 L de água*	50 a 150 L de efluente*	10 a 15
Homogeneização	• Água de resfriamento do equipamento	400 a 600 L de água**	400 a 600 L de efluente**	-
Pasteurização	• Pasteurização lenta (65/30min) com leite a 25 °C	930,0 kg de vapor	930,0 L condensado	-
	• Pasteurização lenta (65/30min) com leite a 4 °C	1420,0 kg de vapor	1420,0 L condensado	-
	• Pasteurização rápida (pasteurizador) 72/15s com leite a 4 °C	470,5 kg de vapor	470,5 L condensado	-
	• Primeira água de remoção dos resíduos de leite do pasteurizador contento alto teor de matéria orgânica	30 a 100 L de água*	30 a 100 L de efluente*	4 a 6
Resfriamento do leite após pasteurização	• Circulando água à temperatura ambiente na camisa dupla do tanque, a qual é descartada na sequência como efluente	30000 a 50000 L	30000 a 50000 L	-
	• Recirculando água à temperatura ambiente na camisa dupla do tanque, a qual retorna ao reservatório para reuso	-	-	-
	• Recirculando água gelada (banco de gelo) na camisa dupla do tanque, a qual retorna ao reservatório para reuso	-	-	-
	• Utilizando trocador de calor a placas	-	-	-
Distribuição do leite nas linhas de processamento	• Mistura de água e leite no início e final das atividades de bombeamento	30 a 50 L de água/evento	30 a 50 L de efluente/evento	30 a 50
Higienização CIP da linha	• Uso de Soluções alcalinas e ácidas sem reuso	100 a 300 L de solução	100 a 300 L de efluente	0,2 a 0,4 ***
	• Uso de soluções alcalinas e ácidas com regeneração e reuso	20 a 150 L	20 a 150 L	0,4 a 1,5 ***

* Valores fixos que independem do volume de leite processado; **Para capacidade do homogeneizador igual a 1,2 m³/h ***Valores referentes à solução alcalina

4.2- Linha de produção de iogurte e bebida láctea

Nas Figuras 28 e 29 estão representados os fluxogramas gerais das etapas de produção de iogurte e bebida láctea, respectivamente, com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos. Nos Quadros 17 e 18 estão apresentados os balanços do consumo de água, vapor e geração de efluentes para as etapas de maior impacto ambiental nas linhas de iogurte e bebida láctea, respectivamente.

Essas duas linhas apresentam comportamento semelhante, sendo que as principais operações responsáveis pela geração de resíduos que mais sofrem influência da tecnologia incluem o tratamento térmico, resfriamento e envase.

O tratamento térmico pode ser feito direto na fermenteira, com injeção de vapor na camisa dupla do equipamento, o que dificulta a sua coleta e aproveitamento, ou pode ser feito em trocador de calor a placas com sistema de regeneração de energia, obtendo uma economia no consumo de vapor acima de 60%. Independente do tipo de tratamento térmico adotado é importante que a indústria avalie a viabilidade de retorno do condensado para a caldeira ou que o aproveite em outras operações da indústria. O descarte do condensado, além de aumentar o volume de efluente, representa uma perda de energia.

Semelhante ao que ocorre na pasteurização lenta do leite, algumas indústrias ainda fazem o resfriamento da mistura leite e ingredientes após o tratamento térmico, e do produto final após a fermentação, utilizando água à temperatura ambiente, que circula na camisa dupla das fermenteiras e na sequência é descartada. Respectivamente, cada uma dessas operações pode consumir de 4 a 6 L ou de 2 a 4 L de água por litro de produto processado, gerando o mesmo volume de efluente. No sistema que utiliza trocador de calor a placas, praticamente não ocorrem perdas, quando este é mantido em condições adequadas de manutenção. No sistema de resfriamento, que utiliza água à temperatura ambiente, deve-se adaptar um sistema fechado com reservatório e recirculação dessa água.

A operação de envase, dependendo da tecnologia adotada, pode ser uma grande fonte de geração de resíduos. Os principais fatores relacionados a estas perdas incluem: I) Dificuldades na regulação do peso unitário do produto, o que acarreta perdas de embalagens e produto; II) Falhas constantes dos

equipamentos com interrupções do envase, acarretando perdas de embalagens e produto; III) Elevada retenção de produtos nas tubulações e máquina de envase, ocasionando perdas de produto, aumento do consumo de água na etapa de higienização e aumento da carga de poluição do efluente; IV) Dificuldade na higienização dos equipamentos, aumentando o consumo de água, produtos químicos e a geração de efluentes. Para prevenir esses possíveis problemas é importante fazer a escolha adequada das fermenteiras, máquinas de envase e, principalmente, implantar um programa de manutenção preventiva.

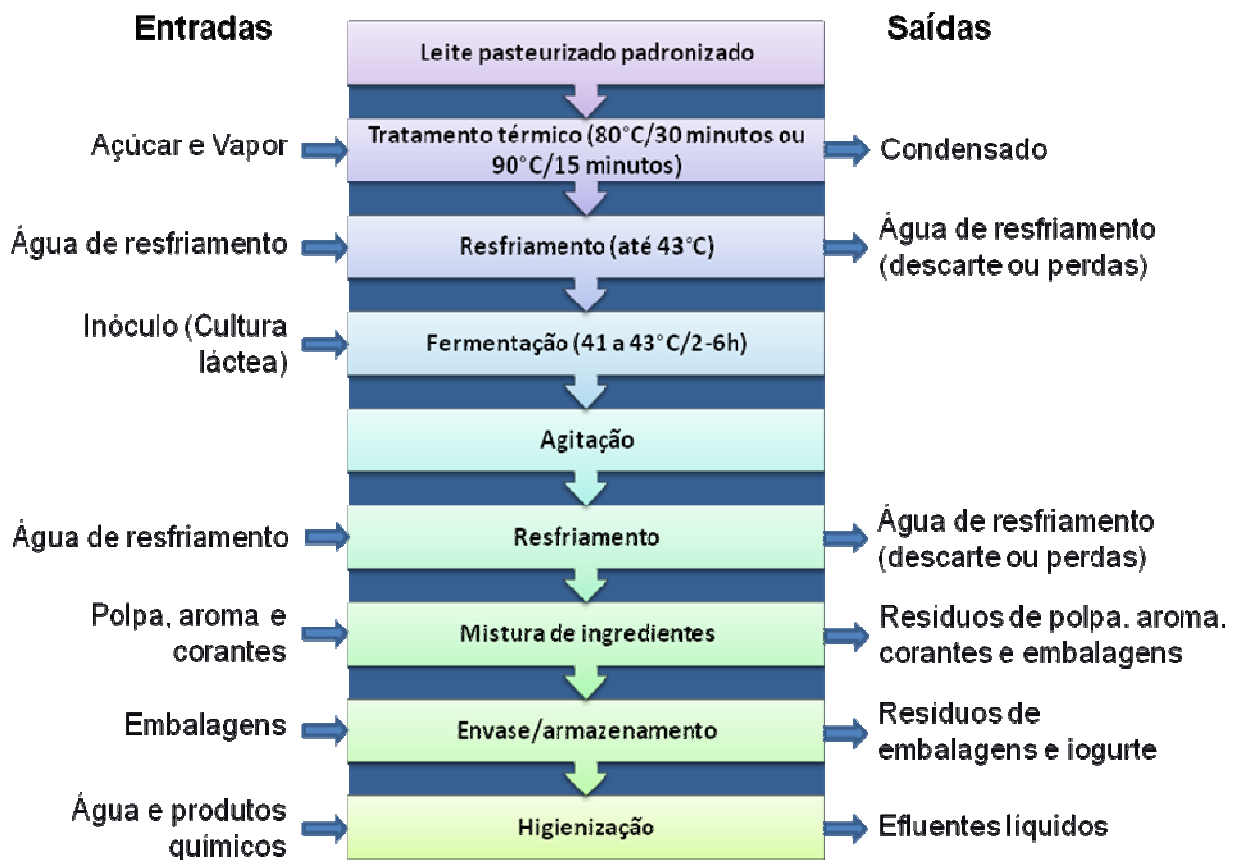


Figura 28 - Fluxograma das etapas de produção de iogurte, com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos.

É importante ressaltar que, para essas duas linhas, a atividade que é responsável pela maior geração de carga de poluição é a higienização dos equipamentos, utensílios e tubulações. A primeira água utilizada para remoção dos resíduos de produto no início da higienização gera um pequeno volume de efluente, porém com elevada carga de poluição. A coleta e destinação dessa água, rica em resíduos do produto, para alimentação animal ou outro destino, evitando seu descarte junto aos dos demais efluentes, corresponde a uma

alternativa de grande impacto na redução da carga poluidora dessa linha. Para as indústrias que utilizam sistema de limpeza CIP, uma alternativa para reduzir o consumo de água, produtos químicos e os impactos ambientais é a regeneração e reuso dessas soluções, como já discutido no Capítulo 1 desse material.

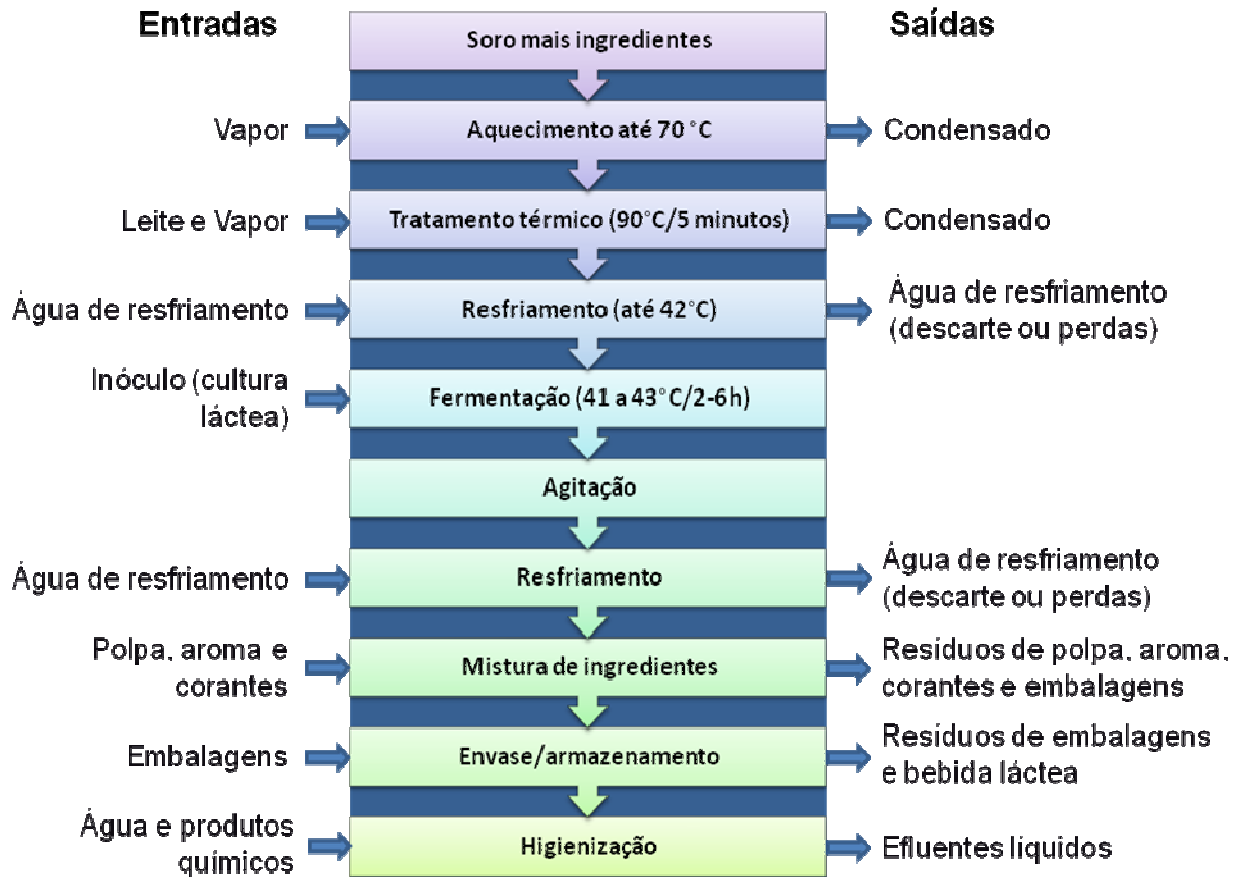


Figura 29 - Fluxograma das etapas de produção de bebida láctea com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos.

Quadro 17 - Balanço do consumo de água, vapor e geração de resíduos das principais operações do processo de produção de iogurte, usando como referência o processamento de 1000 L do produto.

ETAPA	OPERAÇÕES / TECNOLOGIAS UTILIZADAS NO PROCESSO	CONSUMO DE VAPOR OU ÁGUA	GERAÇÃO DE RESÍDUOS	DQO (kg/m ³)
Tratamento térmico da mistura leite e ingredientes	• Tratamento térmico 1: 80 °C/30 minutos em fermenteira (leite a 4 °C)	169,7 kg de vapor	169,7 L de condensado	-
	• Tratamento térmico 2: 90 °C/15 minutos em fermenteira (leite a 4 °C)	191,76 kg de vapor	191,76 L de condensado	-
	• Tratamento térmico 3: 90 °C/3 min em trocador de calor a placas com regeneração de 70% de energia (leite a 4 °C)	57,53 kg de vapor	57,53 L de condensado	-
Resfriamento da mistura leite e ingredientes até 42 a 43 °C	• Circulando água à temperatura ambiente na camisa dupla da fermenteira, a qual é descartada na sequência como efluente	4000 a 6000 L	4000 a 6000 L	-
	• Recirculando água à temperatura ambiente na camisa dupla da fermenteira, a qual retorna ao reservatório para reuso	-	-	-
	• Recirculando água gelada (banco de gelo) na camisa dupla da fermenteira, a qual retorna ao reservatório para reuso	-	-	-
	• Utilizando trocador de calor a placas	-	-	-
Resfriamento do produto fermentado	• Circulando água à temperatura ambiente na camisa dupla da fermenteira, a qual é descartada na sequência como efluente	2000 a 4000 L	2000 a 4000 L	-
	• Recirculando água à temperatura ambiente na camisa dupla da fermenteira, a qual retorna ao reservatório para reuso	-	-	-
	• Recirculando água gelada (banco de gelo) na camisa dupla da fermenteira, a qual retorna ao reservatório para reuso	-	-	-
	• Utilizando trocador de calor a placas	-	-	-
Higienização	• 1ª água de remoção dos resíduos do produto nos equipamentos	50 a 120 L de água	50 a 120 L	15 a 25
	• Usos de soluções CIP's (alcalinas e ácidas) sem reuso	100 a 300 L de solução*	100 a 300 L	0,2 a 0,4**
	• Uso de soluções CIP's (alcalinas e ácidas) com regeneração e reuso	20 a 150 L	20 a 150 L	0,4 a 1,5**

* Valores que dependem da extensão da linha e não do volume de iogurte processado.

**Valores referentes à solução alcalina

Quadro 18 - Balanço do consumo de água, vapor e geração de resíduos das principais operações do processo de produção de Bebida Láctea, usando como referência o processamento de 1000 L do produto

ETAPA	OPERAÇÕES / TECNOLOGIAS UTILIZADAS NO PROCESSO	CONSUMO DE VAPOR OU ÁGUA	GERAÇÃO DE RESÍDUOS	DQO (kg/m ³)
Tratamento térmico da mistura leite, soro e ingredientes	• Tratamento térmico 1: 80 °C/30 minutos em fermenteira (50% de leite a 4°C e 50% de soro a 26°C)	142,74 kg de vapor	142,74 L de condensado	-
	• Tratamento térmico 2: 90 °C/15 minutos em fermenteira (50% de leite a 4°C e 50% de soro a 26 °C)	164,70 kg de vapor	164,70 L de condensado	-
	• Tratamento térmico 3:90 °C/3 min em trocador de calor a placas com regeneração de 70% de energia (50% de leite e soro a 4 °C)	56,65 kg de vapor	56,65 L de condensado	-
Resfriamento da mistura leite, soro e ingredientes até 42 a 43 °C	• Circulando água à temperatura ambiente na camisa dupla da fermenteira, a qual é descartada na sequência como efluente	4000 a 6000 L	4000 a 6000 L	-
	• Recirculando água à temperatura ambiente na camisa dupla da fermenteira, a qual retorna ao reservatório para reuso	-	-	-
	• Recirculando água gelada (banco de gelo) na camisa dupla da fermenteira, a qual retorna ao reservatório para reuso	-	-	-
	• Utilizando trocador de calor a placas	-	-	-
Resfriamento do produto fermentado	• Circulando água à temperatura ambiente na camisa dupla da fermenteira, a qual é descartada na sequência como efluente	2000 a 4000 L	2000 a 4000 L	-
	• Recirculando água à temperatura ambiente na camisa dupla da fermenteira, a qual retorna ao reservatório para reuso	-	-	-
	• Recirculando água gelada (banco de gelo) na camisa dupla da fermenteira, a qual retorna ao reservatório para reuso	-	-	-
	• Utilizando trocador de calor a placas	-	-	-
Higienização	• 1ª água de remoção dos resíduos do produto nos equipamentos	50 a 120 L de água	50 a 120 L	15 a 25
	• Usos de soluções CIP's (alcalinas e ácidas) sem reuso	100 a 300 L de solução*	100 a 300 L	0,2 a 0,4**
	• Uso de soluções CIP's (alcalinas e ácidas) com regeneração e reuso	20 a 150 L	20 a 150 L	0,4 a 1,5**

* Valores que dependem da extensão da linha e não do volume de iogurte processado.

**Valores referentes à solução alcalina

4.3- Linha de produção de manteiga

Na Figura 30 está representado o fluxograma geral das etapas de produção de manteiga, com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos. No Quadro 19 é possível ver o balanço do consumo de água, vapor e geração de efluentes para as etapas de maior impacto ambiental na linha de manteiga.

Nesta linha de produção, as principais operações responsáveis pela geração de resíduos que mais sofrem influência da tecnologia incluem: bateção do creme e dessoragem da manteiga, lavagem da manteiga, derretimento e envase, além da pasteurização e resfriamento do creme, que apresentam comportamento semelhante ao discutido para o processamento do leite.

Bateção e dessoragem: o leitelho é um importante subproduto gerado nesta etapa, sendo que em muitas indústrias ele ainda é totalmente ou parcialmente descartado como resíduo. O volume de leitelho gerado varia entre 40% e 50% do volume de creme padronizado e apresenta uma carga de poluição cerca de 50% superior a do soro. A falta de padronização do processo de bateção, que muitas vezes ocorre em temperaturas acima de 8 °C, favorece a perda de gordura junto ao leitelho, aumentando o impacto ambiental se o mesmo for descartado como resíduo, além de reduzir o rendimento do produto final. A padronização do processo em relação à temperatura, volume de creme, ponto de viragem e controle da umidade é fundamental para melhorar o rendimento e reduzir as perdas do processo. Independente da tecnologia adotada, o leitelho deve ser coletado 100% separado dos demais efluentes e destinado para aproveitamento na formulação de outros produtos ou para alimentação animal.

Lavagem da manteiga: Esta etapa gera um efluente de grande impacto ambiental. Em muitas indústrias, devido à tecnologia adotada, é necessário lavar a manteiga até duas vezes, gerando um efluente que pode chegar até 100% do volume de creme processado. Além disso, a falta de padronização do processo e o uso de água com temperaturas acima de 10 °C favorece a perda de sólidos da manteiga na água de lavagem, reduzindo o rendimento e gerando um efluente com alta carga de poluição. Uma alternativa para reduzir o impacto da água de lavagem da manteiga é a sua coleta e destinação para alimentação animal.

Derretimento e Envase: De modo geral, o processo de envase automatizado exige o derretimento da manteiga com água quente ou vapor, o que corresponde a uma operação que consome água, energia e aumenta a geração de efluente. No processo de envase manual ou semiautomatizado não é necessário o derretimento da manteiga. Considerando que o processo automatizado apresenta vantagens pela redução de tempo e mão-de-obra, é importante adequar os equipamentos para facilitar o reuso da água ou condensado utilizados na etapa de derretimento da manteiga. Essa adaptação do equipamento deve ser incorporada na sua etapa de fabricação. Conforme já discutido para outras linhas, na operação de envase também podem ocorrer perdas de produto e embalagens. Equipamento adequado e manutenção preventiva são as melhores formas de prevenção.

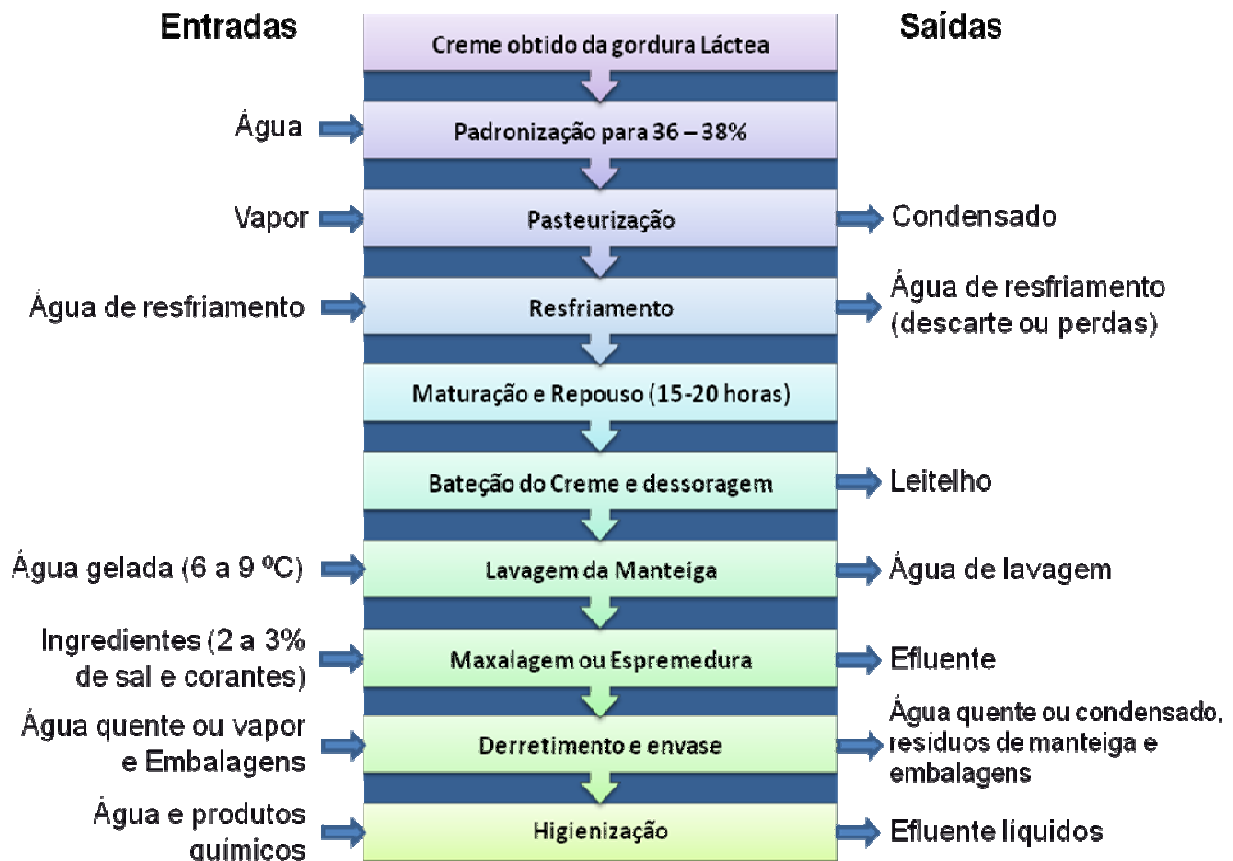


Figura 30 - Fluxograma das etapas de produção de manteiga, com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos.

Quadro 19 - Balanço do consumo de água, vapor e geração de resíduo das principais operações do processo de produção de Manteiga, usando como referência o processamento de 1000 L de creme padronizado a 37 – 38 % de gordura

ETAPA	OPERAÇÕES / TECNOLOGIAS UTILIZADAS NO PROCESSO	CONSUMO DE VAPOR OU ÁGUA	GERAÇÃO DE RESÍDUOS	DQO (kg/m ³)
Pasteurização	• Pasteurização lenta (65/30min) com creme a 4 °C	145,78 kg de vapor	145,78 L de condensado	-
	• Pasteurização rápida (pasteurizador a placas) 72/15s com creme a 4 °C	48,75 kg de vapor	48,75 L de condensado	-
Resfriamento após a pasteurização para 4 a 8 °C	• Circulando água à temperatura ambiente na camisa dupla do tanque de maturação, a qual é descartada na sequência como efluente, completando o resfriamento na câmara fria.	4000 a 6000 L de água	4000 a 6000 L	-
	• Recirculando água à temperatura ambiente na camisa dupla do tanque de maturação, a qual retorna ao reservatório para reuso, completando o resfriamento com recirculação de água do banco de gelo.	-	-	-
	• Recirculando água gelada (banco de gelo) na camisa dupla do tanque de maturação, a qual retorna ao reservatório para reuso.	-	-	-
	• Utilizando trocador de calor a placas ou tubular	-	-	-
Dessoragem completa/coleta do leite	• Descarte total do leite como resíduo	-	400 a 500 L de leite	70 a 90
	• Uso de sistema adaptado (projetado) especificamente para permitir uma coleta máxima do leite.	-	-	-
Lavagem da manteiga	• Lavagem da manteiga em duas etapas	500 a 900 L	500 a 900 L	10 a 15
	• Lavagem da manteiga em apenas uma etapa	300 a 500 L	300 a 500 L	10 a 20

4.4- Linha de produção de queijo Mussarela

Na Figura 31 está representado o fluxograma geral das etapas de produção do queijo mussarela com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos. No Quadro 20 está apresentado o balanço do consumo de água, vapor e geração de efluentes para as etapas de maior impacto ambiental para a linha de queijo mussarela.

Pode-se observar que, pelos dados do balanço de massa, no processo produtivo de queijo mussarela as operações responsáveis pela geração de resíduos que mais sofrem mais influência da tecnologia incluem: aquecimento da massa durante o corte e mexedura; dessoragem; fermentação e retalhagem da massa; filagem, moldagem e enformagem; salga e secagem.

Aquecimento da massa durante corte e mexedura: em indústrias menores, a produção da massa de mussarela é feita em tanques sem camisa dupla. Nessas condições, o aquecimento da massa durante a mexedura é feito pela adição de água quente após a retirada de parte do soro. Essa tecnologia, além de ser mais trabalhosa, apresenta várias desvantagens em relação aos aspectos ambientais. Entre eles, I) Aumento do consumo de água, que pode ser 8,5 vezes superior ao volume consumido na produção de vapor; II) Aumento do volume de soro e alteração da sua qualidade, dificultando o seu aproveitamento; III) Aquecimento com vapor indireto permite a recuperação do condensado e parte da sua energia, o que não é possível fazer quando se usa o aquecimento direto com água quente.

Dessoragem: A etapa de dessoragem, comum a todos os tipos de queijos, apresenta aspectos ambientais relevantes, que sofrem grande influência da tecnologia adotada, e podem ser resumidas nos seguintes itens:

I) No processo todo manual, usando baldes, ocorre uma série de dificuldades na separação do soro. Isso pode acarretar perdas de até 10% no seu volume total.

II) No processo feito usando mangote ou tubulação conectada na saída do tanque, com escoamento por gravidade ou auxílio de bomba, porém sem um layout projetado para atender esse objetivo, ainda ocorrem perdas do soro, as quais podem superar 5% do seu volume total.

III) Por fim, existe o processo adaptado (projetado) especificamente para permitir uma coleta máxima do soro, incluindo ajuste na inclinação dos tanques de coagulação e corte da massa ou na drenoprensa. Para esse processo é possível

obter uma perda de soro igual ou inferior a 1%. Vale ressaltar que o uso da tecnologia facilita a coleta e aproveitamento do soro, mas, independente da tecnologia adotada, o mais importante é adaptar os equipamentos e conscientizar os colaboradores para coleta e aproveitamento de 100% do soro.

Fermentação e retalhagem da massa: Durante a fermentação e retalhagem da massa ocorre liberação do soro, que pode representar até 5% do volume de leite processado. Dependendo do equipamento onde ocorre essa fermentação, não é possível coletar o soro, o qual é descartado como efluente. Sendo assim, é fundamental que a indústria adeque o layout para facilitar a coleta de soro nesta etapa. Outro fator importante é o tipo de fermento utilizado. Dependendo das suas características, a fermentação acontece mais rapidamente que a capacidade de processamento da massa, sendo necessário inibi-la com resfriamento da massa pela adição de água gelada. Essa operação aumenta o consumo de água e a geração de efluente. Portanto, é importante considerar os aspectos ambientais na escolha do tipo de fermento a ser utilizado, o que influencia também nas características do soro e nas alternativas para o seu aproveitamento.

Filagem, moldagem e enformagem: A etapa de filagem é responsável por tornar o queijo mussarela o mais poluente entre os demais, além de ser a etapa que mais sofre influência da tecnologia em relação à geração de efluentes, conforme explicado na descrição a seguir:

I) No processo todo manual, em que a filagem ocorre em tanques sem camisa dupla, o consumo de água e a geração de efluentes podem chegar a 15% do volume de leite processado. Isso ocorre devido à necessidade de substituir a água de filagem por outra quente a cada batelada de massa. Em algumas indústrias, mesmo o processo sendo parcialmente mecanizado e utilizando tanques com camisa dupla, a água de filagem é descartada a cada batelada de massa, resultando no mesmo consumo de água e geração de efluente do processo completamente manual.

II) No processo completamente manual ou semi-mecanizado, no qual a filagem ocorre em tanques com camisa dupla, com aproveitamento da água de filagem em mais de uma batelada e uso de máquina moldadeira para enformagem, o consumo de água e a geração de efluente varia entre 4% e 6% do volume de leite processado;

III) No processo completamente mecanizado, com uso da máquina monobloco, que corta, fila e molda a massa, consumo de água e geração de efluente variam entre 1% e 3% do volume de leite processado. Além do menor volume de água consumido, menor geração de efluente e menor consumo de energia, o processo todo mecanizado gera uma água de filagem com alto teor de gordura e outros componentes do leite, o que facilita o seu aproveitamento na formulação de outros derivados lácteos. No entanto, é importante ressaltar que, à medida que o volume da água de filagem é reduzido, o seu potencial poluidor aumenta. Dessa forma, o uso de processos mais mecanizados só representa uma vantagem ambiental quando esses subprodutos são coletados e destinados para aproveitamento. Para os processos mais automatizados, a água de filagem pode apresentar uma carga de poluição até três vezes superior a do soro.

Semelhante ao que ocorre para o soro, independente da tecnologia adotada no processo de filagem, o mais importante é a coleta total da água de filagem e sua destinação para alimentação animal ou outra alternativa que evite seu descarte junto aos demais efluentes.

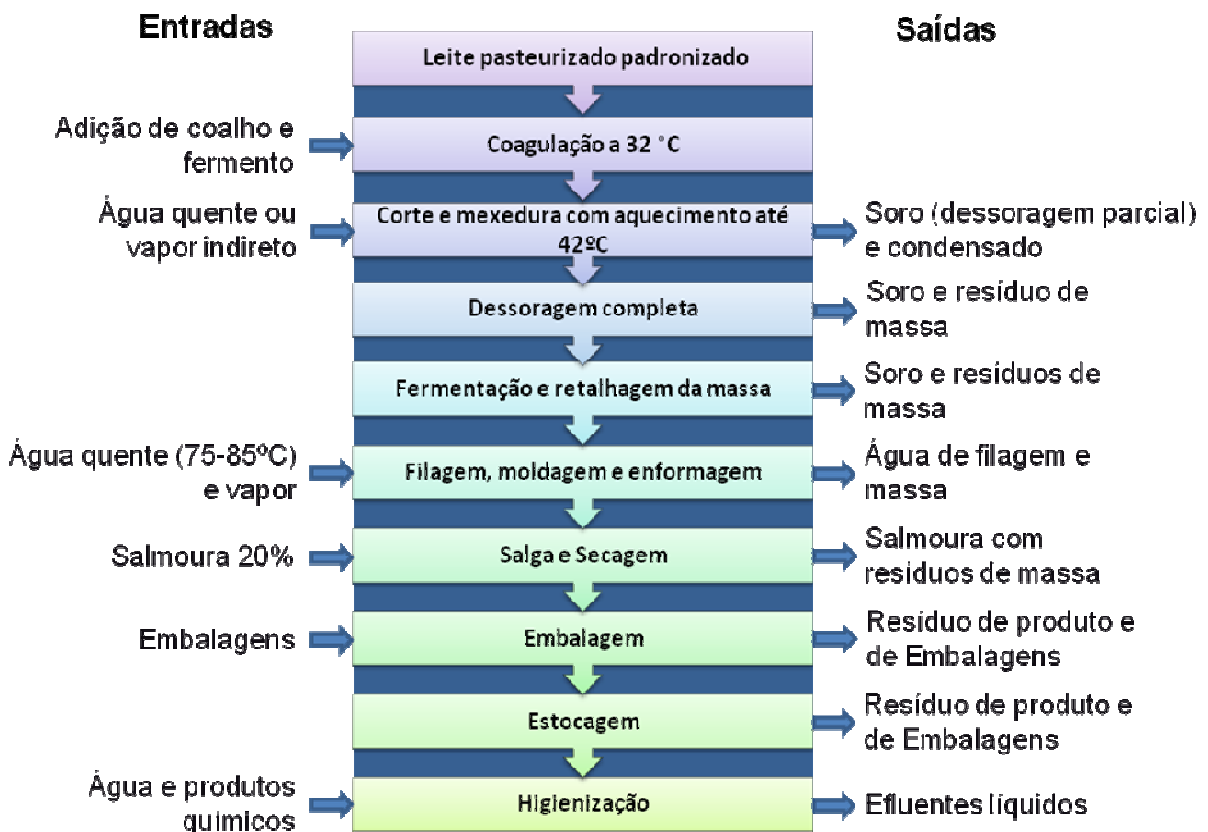


Figura 31 - Fluxograma das etapas de produção de queijo mussarela com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos.

Quadro 20 - Balanço do consumo de água, vapor e geração de resíduos das principais operações do processo de produção de Queijo Mussarela, usando como referência o processamento de 1000 L de leite.

Etapa	OPERAÇÕES / TECNOLOGIAS UTILIZADAS NO PROCESSO	CONSUMO DE VAPOR OU ÁGUA	GERAÇÃO DE RESÍDUOS	DQO (kg/m ³)
Pasteurização	• Pasteurização lenta (65/30min) com leite a 25 °C	93,0 kg de vapor	93,0 L de condensado	-
	• Pasteurização lenta (65/30min) com leite a 4 °C	142,0 kg de vapor	142,0 L de condensado	-
	• Pasteurização rápida (pasteurizador) 72/15s com leite a 4 °C	47,5 kg de vapor	47,5 L de condensado	-
Corte/aquecimento de 32 a 42 °C	• Corte manual ou automatizado usando aquecimento com vapor indireto	23,5 kg de vapor	23,5 L de condensado	-
	• Corte manual ou automatizado usando aquecimento pela adição de água a 80 °C	201 L de água*	201 L de água*	50
Dessoragem completa/coleta do soro	• Descarte total do soro como resíduo	-	800 a 900 L de soro	50 a 70
	• Manual utilizando balde	-	50 a 150 L de soro	50 a 70
	• Uso de mangotes ou tubulação conectada na saída do tanque com escoamento por gravidade ou auxílio de bomba.	-	30 a 60 L de soro	50 a 70
	• Uso de sistema adaptado (projetado) especificamente para permitir uma coleta máxima do soro.	-	5 a 20 L de soro	50 a 70
Descanso Fermentação	• Uso de tanques, mesas ou prateleiras sem coleta do soro		10 a 30 L de soro	50 a 70
	• Uso de tanques, mesas ou prateleiras com coleta e aproveitamento do soro	-	-	-
Filagem da Massa e Moldagem/ Enformagem	• Todo manual usando tanques ou outro recipiente com ou sem camisa dupla sendo a água de filagem substituída após cada batelada	100 a 150 L de água	100 a 150 L de água de filagem	30 a 60
	• Parte mecanicamente, usando tanques de camisa dupla na filagem e moldadeira na enformagem, sendo a água de filagem substituída a cada batelada de massa.	100 a 150 L de água	100 a 150 L de água de filagem	30 a 60
	• Todo manual ou parte mecanizado, usando tanques com camisa dupla no processo de filagem e enformagem manual ou com auxílio da máquina moldadeira, sendo a água de filagem aproveitada para mais de uma batelada de massa.	40 a 60 L de água	40 a 60 L de água de filagem	60 a 100
	• Processo todo mecanizado, com uso da máquina monobloco que corta, fila e molda a massa.	10 a 30 L de água	10 a 30 L de água de filagem	130 a 160
Salga e secagem	• Salga feita direta na massa ou direto no queijo	-	-	-
	• Uso de salmoura com reaproveitamento total (coleta da salmoura que escorre dos queijos quando são retirados da salga e recuperação da salmoura por tempo indeterminado)	10 a 15 L	-	-
	• Uso de salmoura com sua recuperação por tempo indeterminado sem aproveitamento da que escorre dos queijos	10 a 15 L	10 a 15 L de salmoura	45
	• Uso de salmoura sem reaproveitamento (descarte a cada 15 a 30 dias de uso)	20 a 35 L	20 a 35 L de salmoura	45

*Cálculo considerando remoção de 200 L de soro.

Salga e secagem: Dependendo da tecnologia adotada, o processo de salga e secagem, geralmente comum a todos os tipos de queijo, pode representar uma grande fonte de geração de efluente, com elevado impacto ambiental. Em muitas indústrias ainda ocorre o descarte da salmoura junto aos demais efluentes, após um período de 15 a 30 dias de uso. Essa salmoura apresenta um potencial poluidor semelhante ao do soro, com uma carga de poluição, em termos de DQO, variando de 30.000 a 60.000 mg/L de O₂, além do elevado teor de sal, que corresponde a um grande poluidor da água e do solo. É importante, do ponto de vista ambiental e econômico, que as empresas adotem a tecnologia adequada para recuperação e reuso da salmoura por tempo indeterminado. Isso consiste basicamente na filtragem, pasteurização e uso de alguns agentes antimicrobianos na salmoura.

4.5- Linhas de produção de queijo Minas Frescal, Prato e Padrão

Nas Figuras 32, 33 e 34 estão representados, respectivamente, os fluxogramas gerais das etapas de produção dos queijos Minas Frescal, Prato e Padrão, com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos. Nos Quadros 21, 22 e 23 estão apresentados, respectivamente, os balanços do consumo de água, vapor e geração de efluentes para as etapas de maior impacto ambiental para as linhas de queijo Minas Frescal, Prato e Padrão.

Pode-se observar, pelos dados do balanço de massa, que nos processos produtivos desses três tipos de queijo, as principais operações responsáveis pela geração de resíduos que mais sofrem influência da tecnologia incluem: enformagem e prensagem, além das operações comuns ao queijo mussarela, que incluem o aquecimento da massa durante o corte e mexedura, a dessoragem e a salga e secagem. As operações comuns ao queijo mussarela sofrem as mesmas influências já discutidas anteriormente para tal produto.

Enformagem e prensagem: Para o queijo Minas Frescal, a perda de soro na etapa de enformagem pode chegar até 15% do volume de leite processado. Para os queijos Minas Padrão e Prato, a perda de soro pode chegar até 15%, incluindo as etapas de enformagem e prensagem. No entanto, esse valor sofre grande influência da tecnologia adotada no processo de dessoragem. No caso específico dos queijos Minas Padrão e Prato, a dessoragem pode ser feita de forma pouco mecanizada ou com elevado nível de automação, com o auxílio de uma Dreno

Prensa, o que reduz a liberação de soro na etapa de enformagem e prensagem. Dependendo da tecnologia adotada, a variação na perda de soro nas etapas de enformagem e prensagem pode ser superior a 1000%. Para o queijo Minas Frescal, a perda de soro na etapa de enformagem é muito elevada, devido às características da massa, muito úmida, e à ausência da prensagem da massa antes da enformagem. Outro aspecto ambiental relevante do queijo Minas Frescal é a perda de soro na câmara de salga e secagem, enquanto o produto aguarda a imersão na salmoura. Essa perda de soro pode ser superior a 2%.

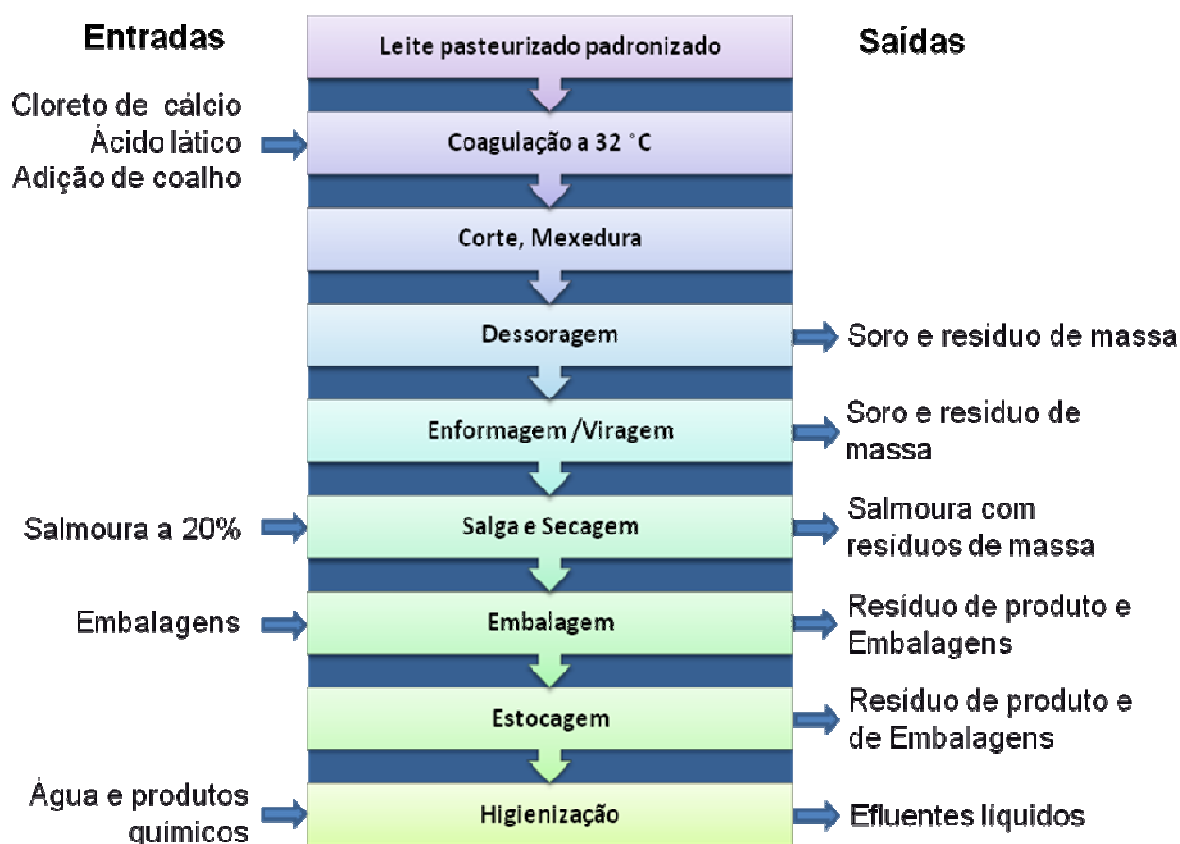


Figura 32 - Fluxograma das etapas de produção de queijo Minas Frescal com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos.

Atualmente, muitas indústrias de laticínios separam e destinam para aproveitamento apenas o soro liberado na etapa de dessoragem da massa, ainda no tanque de coagulação. O soro liberado nas etapas de enformagem e prensagem é descartado junto aos demais efluentes. Considerando o processamento de 10.000 L de leite destinados para esses tipos de queijo (Minas Frescal, Prato e Padrão), a perda de soro nas etapas de enformagem e

prensagem pode ser superior a 1.000 L. Considerando que o soro possui uma DQO que varia de 50.000 a 70.000 mg/L de O₂, pode-se dizer que a carga orgânica poluente presente em 1.000L de soro (50 a 70 kg) é semelhante à carga poluente presente em 50 m³ de efluente de laticínios que não contém soro. Sendo assim, é fácil perceber que é muito mais viável a separação completa do soro dos demais efluentes, comparada à opção de tratá-lo na Estação de Tratamento de Efluente (ETE), junto aos demais efluentes.

Independente da tecnologia adotada, o mais importante é coletar e destinar para aproveitamento 100% do soro liberado em todas as etapas do processo. Para isso, a indústria precisa adaptar os equipamentos de todas as etapas do processo onde ocorre liberação do soro, como mesa de enformagem e sistemas de prensagem e conscientizar os colaboradores. É importante ressaltar que, quanto menor o nível de automação da indústria, maior é a exigência do grau de conscientização dos colaboradores.

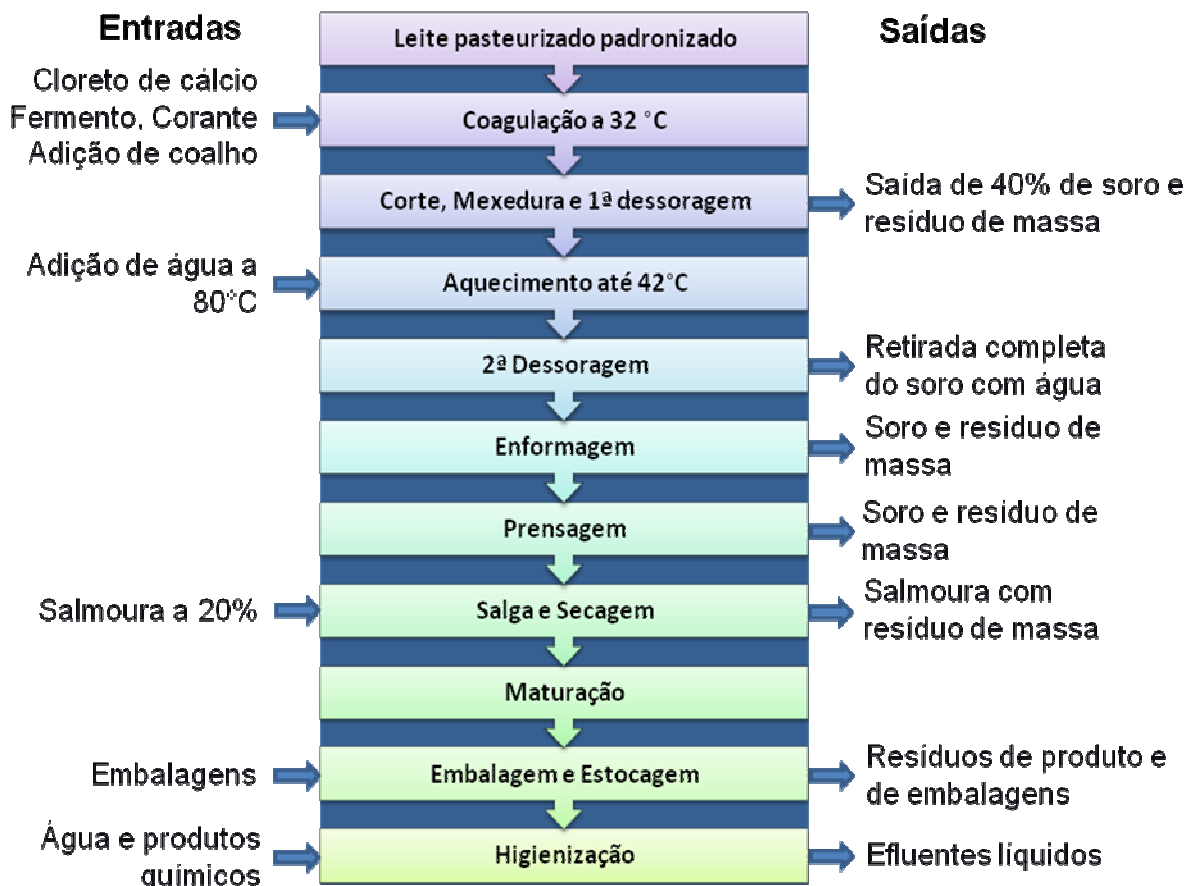


Figura 33 - Fluxograma das etapas de produção de queijo Prato com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos.

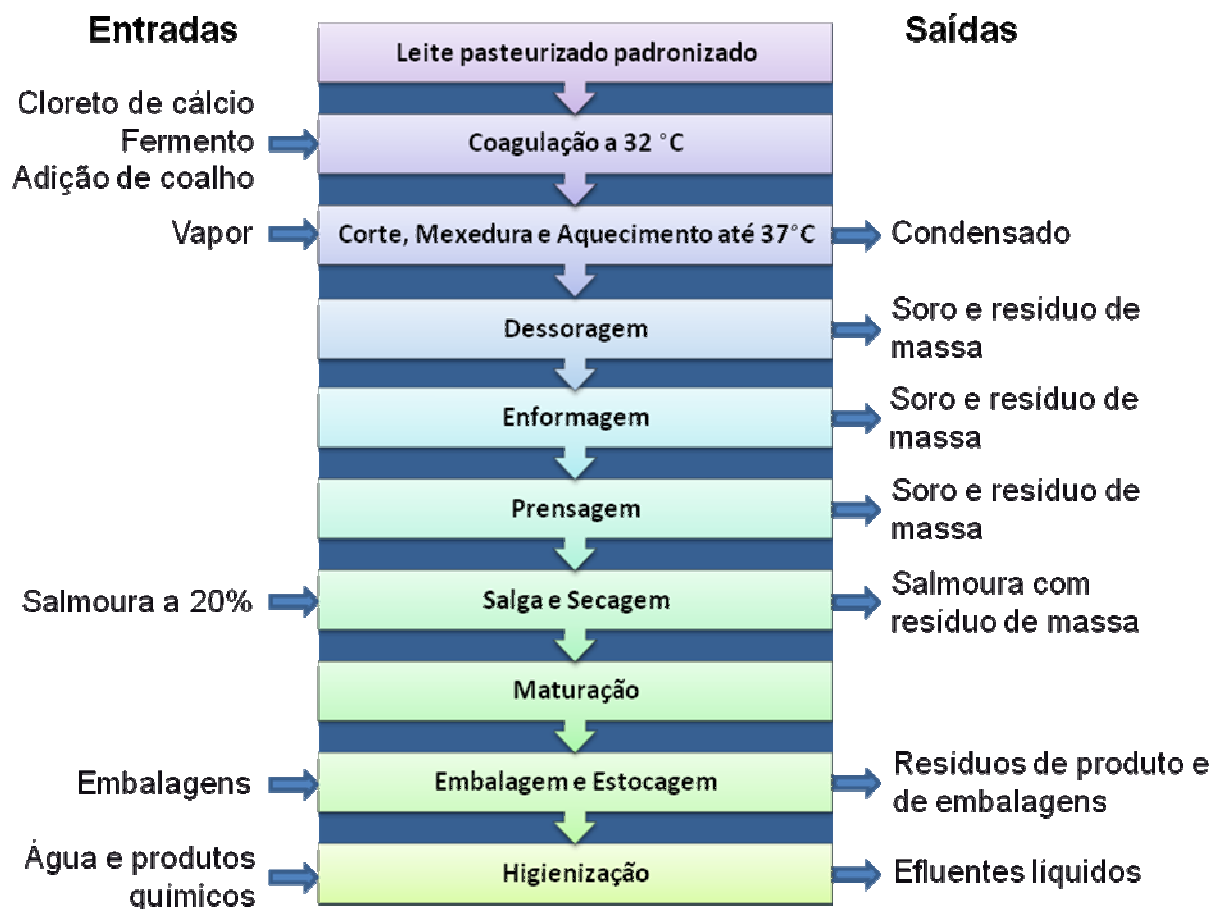


Figura 34 - Fluxograma das etapas de produção de queijo Minas Padrão com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos.

Quadro 21 - Balanço do consumo de água, vapor e geração de resíduos das principais operações do processo de produção de Queijo Minas Frescal, usando como referência o processamento de 1000 L de leite.

ETAPA	OPERAÇÕES / TECNOLOGIAS UTILIZADAS NO PROCESSO	CONSUMO DE VAPOR OU ÁGUA	GERAÇÃO DE RESÍDUOS	DQO (kg/m ³)
Pasteurização	• Pasteurização lenta (65/30min) com leite a 25 °C	93,0 kg de vapor	93,0 L de condensado	-
	• Pasteurização lenta (65/30min) com leite a 4 °C	142,0 kg de vapor	142,0 L de condensado	-
	• Pasteurização rápida (pasteurizador a placas) 72/15s com leite a 4 °C	47,5 kg de vapor	47,5 L de condensado	-
Dessoragem completa/coleta do soro	• Descarte total do soro como resíduo	-	800 a 900 L de soro	50 a 70
	• Dessoragem com coleta manual do soro utilizando balde	-	50 a 150 L de soro	50 a 70
	• Coleta do soro com uso de mangotes ou tubulação conectada na saída do tanque com escoamento por gravidade ou auxílio de bomba.	-	30 a 60 L de soro	50 a 70
	• Uso de sistema adaptado (projetado) especificamente para permitir uma coleta máxima do soro.	-	5 a 20 L de soro	50 a 70
Enformagem e Viragem	• Manual	-	100 a 150 L de soro	50 a 70
Salga e secagem	• Salga feita direto na massa ou direto no queijo	-	-	-
	• Uso de salmoura com reaproveitamento total (coleta da salmoura que escorre dos queijos quando são retirados da salga e recuperação da salmoura por tempo indeterminado)	10 a 15 L	-	-
	• Uso de salmoura com sua recuperação por tempo indeterminado sem aproveitamento da que escorre dos queijos	10 a 15 L	10 a 15 L de salmoura	30 a 60
	• Uso de salmoura sem reaproveitamento (descarte a cada 15 a 30 dias de uso)	20 a 35 L	20 a 35 L de salmoura	30 a 60

Quadro 22 - Balanço do consumo de água, vapor e geração de resíduos das principais operações do processo de produção de Queijo Prato, usando como referência o processamento de 1000 L de leite.

ETAPA	OPERAÇÕES / TECNOLOGIAS UTILIZADAS NO PROCESSO	CONSUMO DE VAPOR OU ÁGUA	GERAÇÃO DE RESÍDUOS	DQO (kg/m ³)
Pasteurização	• Pasteurização lenta (65/30min) com leite a 25 °C	93,0 kg de vapor	93,0 L condensado	
	• Pasteurização lenta (65/30min) com leite a 4 °C	142,0 kg de vapor	142,0 L condensado	-
	• Pasteurização rápida (pasteurizador a placas) 72/15s com leite a 4 °C	47,5 kg de vapor	47,5 L condensado	-
Corte/aquecimento de 32 a 42 °C	• Corte manual ou automatizado usando aquecimento pela adição de água a 80 °C	167,54 de água*	167,54 L efluente	50
Dessoragem completa/coleta do soro	• Descarte total do soro como resíduo	-	800 a 900 L de soro	50 a 70
	• Dessoragem com coleta manual do soro utilizando balde	-	50 a 150 L de soro	50 a 70
	• Coleta do soro com uso de mangotes ou tubulação conectada na saída do tanque com escoamento por gravidade ou auxílio de bomba.	-	30 a 60 L de soro	50 a 70
	• Uso de sistema adaptado (projetado) especificamente para permitir uma coleta máxima do soro.	-	5 a 20 L de soro	50 a 70
Enformagem	• Manual, após dessoragem sem uso de dreno prensa	-	50 a 100 L de soro	50 a 70
	• Manual, após dessoragem com uso de dreno prensa	-	5 a 10 L de soro	50 a 70
Prensagem	• Prensagem do queijo proveniente de dessoragem sem dreno prensa	-	30 a 60 L de soro	50 a 70
	• Prensagem do queijo proveniente de dessoragem com dreno prensa	-	5 a 15 L de soro	50 a 70
Salga e secagem	• Salga feita direto na massa ou direto no queijo	-	-	-
	• Uso de salmoura com reaproveitamento total (coleta da salmoura que escorre dos queijos quando são retirados da salga e recuperação da salmoura por tempo indeterminado)	10 a 15 L	-	-
	• Uso de salmoura com sua recuperação por tempo indeterminado sem aproveitamento da que escorre dos queijos	10 a 15 L	10 a 15 L de salmoura	30 a 60
	• Uso de salmoura sem reaproveitamento (descarte a cada 15 a 30 dias de uso)	20 a 35 L	20 a 35 L de salmoura	30 a 60

* Volume calculado considerando uma dessoragem parcial de 40 % (340 L de soro)

Quadro 23 - Balanço do consumo de água, vapor e geração de resíduo das principais operações do processo de produção de Queijo Minas Padrão, usando como referência o processamento de 1000 L de leite.

ETAPA	OPERAÇÕES / TECNOLOGIAS UTILIZADAS NO PROCESSO	CONSUMO DE VAPOR OU ÁGUA	GERAÇÃO DE RESÍDUOS	DQO (kg/m ³)
Pasteurização	• Pasteurização lenta (65/30min) com leite a 25 °C	93,0 kg de vapor	93,0 L de condensado	
	• Pasteurização lenta (65/30min) com leite a 4 °C	142,0 kg de vapor	142,0 L de condensado	-
	• Pasteurização rápida (pasteurizador a placas) 72/15s com leite a 4 °C no início.	45 a 60kg de vapor	45 a 60 L de condensado	-
Corte/aquecimento de 32 a 37 °C	• Corte manual ou automatizado usando aquecimento com vapor indireto (tanque com camisa dupla)	11,63 kg de vapor	11,63 L de condensado	-
Dessoragem completa/coleta do soro	• Descarte total do soro como resíduo	-	800 a 900 L de soro	50 a 70
	• Dessoragem com coleta manual do soro utilizando balde	-	50 a 150 L de soro	50 a 70
	• Coleta do soro com uso de mangotes ou tubulação conectada na saída do tanque com escoamento por gravidade ou auxílio de bomba.	-	30 a 60 L de soro	50 a 70
	• Uso de sistema adaptado (projetado) especificamente para permitir uma coleta máxima do soro.	-	5 a 20 L de soro	50 a 70
Enformagem	• Manual, após dessoragem, sem uso de dreno prensa	-	50 a 100 L de soro	50 a 70
	• Manual, após dessoragem, com uso de dreno prensa	-	5 a 10 L de soro	50 a 70
Prensagem	• Prensagem do queijo proveniente de dessoragem sem dreno prensa	-	30 a 60 L de soro	50 a 70
	• Prensagem do queijo proveniente de dessoragem com dreno prensa	-	5 a 15 L de soro	50 a 70
Salga e secagem	• Salga feita direto na massa ou direto no queijo	-	-	-
	• Uso de salmoura com reaproveitamento total (coleta da salmoura que escorre dos queijos quando são retirados da salga e recuperação da salmoura por tempo indeterminado)	10 a 15 L	-	-
	• Uso de salmoura com sua recuperação por tempo indeterminado sem aproveitamento da que escorre dos queijos	10 a 15 L	10 a 15 L de salmoura	30 a 60
	• Uso de salmoura sem reaproveitamento (descarte a cada 15 a 30 dias de uso)	20 a 35 L	20 a 35 L de salmoura	30 a 60

4.6- Linha de produção de Ricota

Nas Figuras 35 e 36 estão representados os fluxogramas gerais das etapas de produção da ricota enformada e ricota em pote, respectivamente, com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos. No Quadro 24 está apresentado o balanço do consumo de água, vapor e geração de efluentes para as etapas de maior impacto ambiental nas linhas de ricota enformada e ricota em pote.

Conforme dados apresentados no balanço de massa, pode-se observar que, no processamento da ricota, as operações responsáveis pela geração de resíduos que mais sofrem influência da tecnologia são aquecimento, dessoragem, enformagem e prensagem. Além disso, o tipo de ricota produzida (enformada ou em pote) exerce grande influência na geração de resíduos.

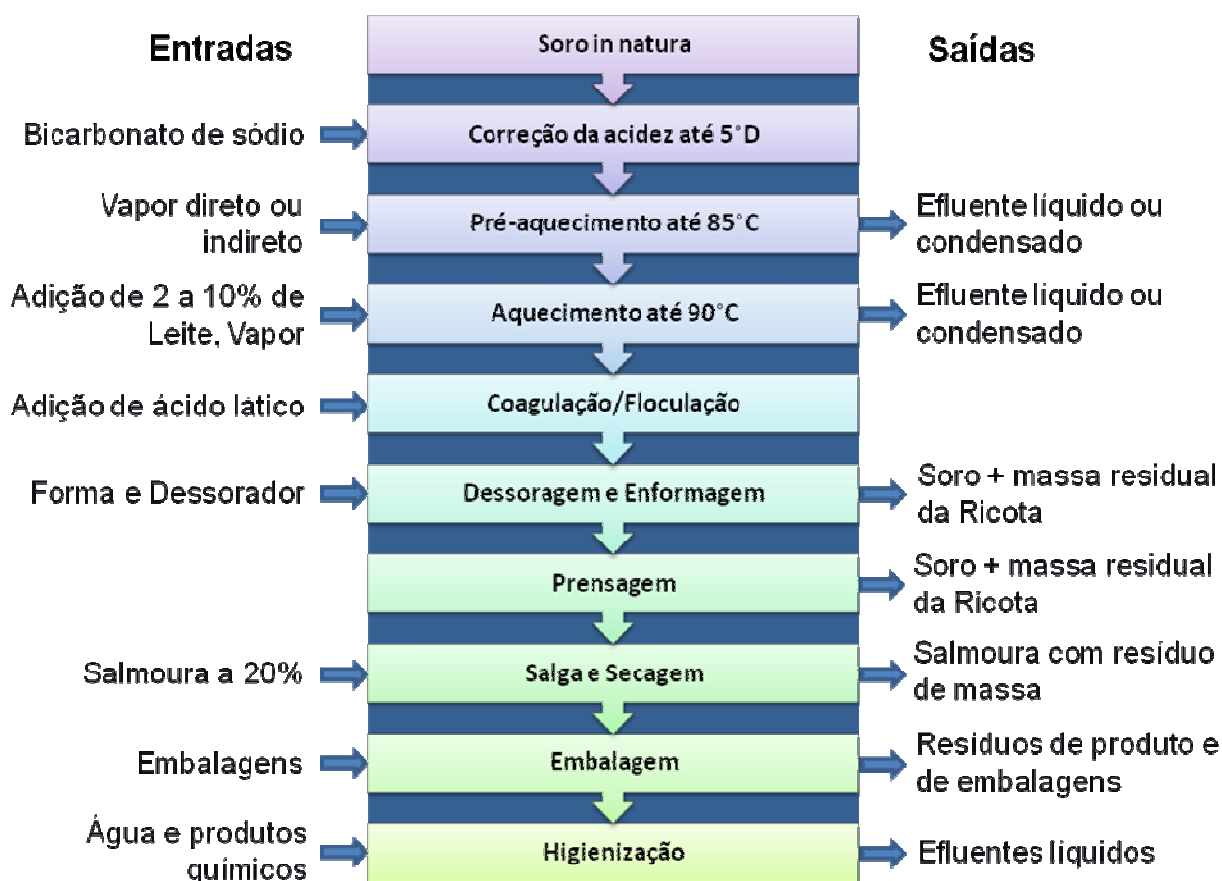


Figura 35 - Fluxograma das etapas de produção de ricota enformada com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos.

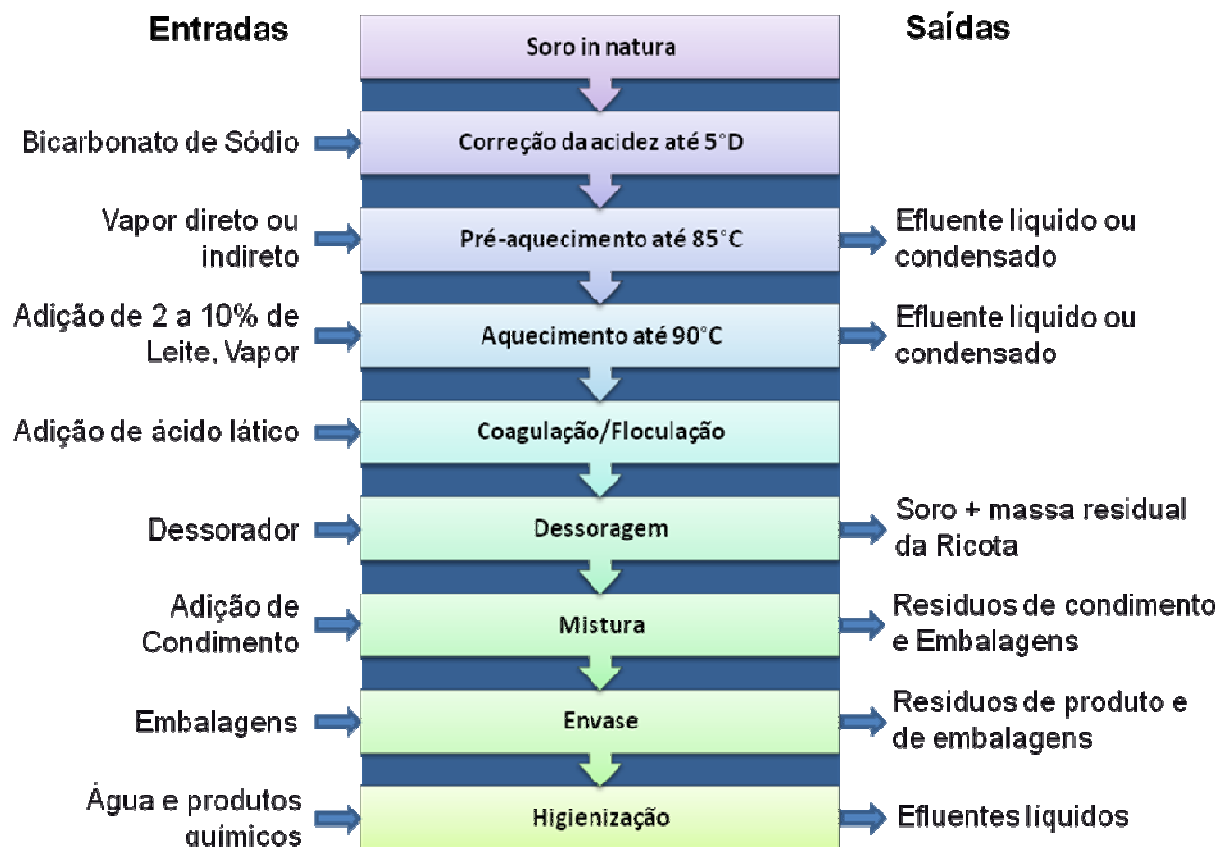


Figura 36 - Fluxograma das etapas de produção de ricota em pote com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos.

Aquecimento da mistura soro e leite: O aquecimento do soro ou da mistura soro e leite até 90°C pode ser feito pela injeção de vapor direto ou por meio de vapor indireto, usando tanques de camisa dupla. Atualmente, a maioria dos micro, pequenos e médios laticínios utilizam o aquecimento com vapor direto. O uso de vapor direto apresenta algumas desvantagens em relação aos aspectos ambientais, que incluem: I) Aumento do volume de resíduo de soro, dificultando a sua destinação final; e II) Impossibilidade de recuperação e aproveitamento do condensado e parte da sua energia, o que pode ser feito quando se usa o aquecimento indireto.

Dessoragem, enformagem e prensagem: assim como já discutido para as linhas de processamento de queijos, a utilização de tecnologias mais automatizadas facilita a coleta e aproveitamento do soro e tendem a reduzir as perdas de soro nas etapas de dessoragem, enformagem e prensagem. É importante ressaltar que o soro da ricota apresenta carga de poluição semelhante ao soro in natura.

Isso ocorre, principalmente, pela presença da lactose, que permanece com sua concentração praticamente inalterada após a produção da ricota.

Independente da tecnologia adotada, o mais importante é adaptar todas as etapas do processo para coletar 100% do soro e destiná-lo para alimentação animal ou outras alternativas que evitem seu descarte junto aos demais efluentes.

Tipo de ricota produzida: conforme pode ser observado pelos fluxogramas de produção (Figura 35 e 36) e pelos dados do balanço de massa (Quadro 24), no processamento da ricota, a maior influência na geração de resíduos está relacionada ao tipo de ricota que se deseja obter. De modo geral, o processo para obtenção da ricota em pote apresenta impactos ambientais menores em relação ao processo da ricota enformada. Isso ocorre devido à ausência da etapa de prensagem e pela adição de condimentos para tempero, direto na massa, o que dispensa o uso da salmoura no processamento da ricota em pote.

Quadro 24 - Balanço do consumo de água, vapor e geração de resíduos das principais operações do processo de produção de Ricota, usando como referência o processamento de 1000 L de leite.

ETAPA	OPERAÇÕES / TECNOLOGIAS UTILIZADAS NO PROCESSO	CONSUMO DE VAPOR OU ÁGUA	GERAÇÃO DE RESÍDUOS	DQO (kg/m ³)
Aquecimento da mistura soro e leite até 90 °C	• Utilização de vapor direto	143,6 kg de vapor	143,6 L de resíduo	40 a 50
	• Utilização de vapor indireto	146,5 kg de vapor	146,5 L condensado	-
Dessoragem completa/coleta do soro	• Descarte total do soro como resíduo	-	900 a 950 L de soro	40 a 50
	• Manual utilizando balde	-	50 a 150 L de soro	40 a 50
	• Uso de mangotes ou tubulação conectada na saída do tanque com escoamento por gravidade ou auxílio de bomba.	-	30 a 60 L de soro	40 a 50
	• Uso de sistema adaptado (projetado) especificamente para permitir uma coleta máxima do soro.	-	5 a 20 L de soro	40 a 50
Enformagem, prensagem e envase	• Ricota enformada e prensada	-	100 a 150 L de soro	40 a 50
	• Ricota em pote	-	50 a 100 L	40 a 50
Salga e secagem	• Ricota em pote: salga feita direta na massa ou direto na ricota	-	-	-
	• Ricota enformada e prensada: uso de salmoura com reaproveitamento total (coleta da salmoura que escorre das ricotas quando são retiradas da salga e recuperação da salmoura por tempo indeterminado)	10 a 15 L	-	-
	• Ricota enformada e prensada: uso de salmoura com sua recuperação por tempo indeterminado sem aproveitamento da que escorre das ricotas no momento da retirada da salga	10 a 15 L	10 a 15 L de salmoura	30 a 60
	• Uso de salmoura sem reaproveitamento (descarte a cada 15 a 30 dias de uso)	20 a 35 L	20 a 35 L de salmoura	30 a 60

4.7- Linha de produção de Requeijão

Nas Figuras 37 e 38 estão representados os fluxogramas gerais das etapas de produção do requeijão, obtidos a partir da coagulação ácida e enzimática da massa, respectivamente, com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos. No Quadro 25, está apresentado o balanço do consumo de água, vapor e geração de efluentes para as etapas de maior impacto ambiental nas diferentes tecnologias de produção do requeijão.

Conforme dados apresentados no balanço de massa, pode-se observar que, no processamento de requeijão, as operações responsáveis pela geração de resíduos que mais sofrem influência da tecnologia são coagulação, dessoragem e lavagem da massa. O principal fator que influencia a geração de resíduos nessas operações está relacionado à tecnologia de coagulação adotada.

Coagulação: os processos mais comuns utilizados pela indústria são a coagulação ácida e a coagulação enzimática. A coagulação ácida apresenta algumas desvantagens em relação aos aspectos ambientais, que incluem: I) Temperatura do ponto de coagulação mais elevada, o que implica em maior consumo de energia e água e maior geração de efluente quando o condensado é descartado como efluente. Pelo balanço de massa pode-se observar que o consumo de vapor no processo de coagulação ácida é aproximadamente quatro vezes superior ao consumo obtido no processo de coagulação enzimática. II) Produção de um soro com teor de acidez mais elevado que o processo enzimático, o que dificulta o seu aproveitamento como subproduto. O soro com teor de acidez mais elevado torna-se mais instável ao tratamento térmico, o que impede ou dificulta o seu aproveitamento em diversas formulações. Atualmente existe uma grande dificuldade de aproveitamento do soro proveniente da coagulação ácida em alternativas de maior valor agregado. III) Obtenção de uma massa com teor de acidez mais elevado, o que implica em maior consumo de água, mão de obra e geração de efluente na etapa de lavagem da massa.

Dessoragem: assim como nos processos de queijo, dependendo da tecnologia adotada no processo de dessoragem da massa de requeijão, podem ocorrer grandes perdas de soro junto aos demais efluentes. Isso proporciona grande impacto nos custos de implantação e operação da ETE. Independente do nível de

automação adotado, é importante adequar os equipamentos para uma coleta e aproveitamento de 100% do soro.

Lavagem da massa: no processo de coagulação ácida, o consumo de água pode chegar a 2L/L de leite processado. Já para o processo de coagulação enzimática, algumas indústrias sequer aplicam a lavagem da massa com água, fazendo apenas uma correção da acidez no momento da fundição da massa. Devido às grandes vantagens ambientais e até econômicas, muitas indústrias já adaptaram seus processos para a coagulação enzimática. Com o uso da coagulação enzimática, além de se obter um processo mais rápido, mais eficiente e com menor custo (maior rendimento, menos mão de obra e redução do consumo de energia), existe uma grande compensação ambiental, pela possibilidade de eliminação de dois problemas: facilidade de aproveitamento do soro em alternativas de maior valor agregado, o que não ocorre com a coagulação ácida; e possibilidade de eliminar a etapa de lavagem da massa que gera um efluente com carga de poluição cerca de 40% da carga poluidora do soro.



Figura 37 - Fluxograma das etapas de produção de requeijão a partir da coagulação ácida da massa com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos.



Figura 38 - Fluxograma das etapas de produção de requeijão a partir da coagulação enzimática da massa com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos.

Quadro 25 - Balanço do consumo de água e geração de resíduo das principais operações do processo de produção de Requeijão, usando como referência o processamento de 1000 L de leite.

ETAPA	OPERAÇÕES / TECNOLOGIAS UTILIZADAS NO PROCESSO	CONSUMO DE VAPOR OU ÁGUA	GERAÇÃO DE RESÍDUOS	DQO (kg/m ³)
Pasteurização	• Pasteurização lenta (65/30min) com leite a 25 °C	93,0 kg de vapor	93,0 L de condensado	-
	• Pasteurização lenta (65/30min) com leite a 4 °C	142,0 kg de vapor	142,0 L de condensado	-
	• Pasteurização rápida (pasteurizador) 72/15s com leite a 4 °C	47,5 kg de vapor	47,5 L de condensado	-
Coagulação, corte e aquecimento	• Processo de coagulação ácida: aquecimento indireto de 32 até 80 °C	112 kg de vapor	112 L de condensado	-
	• Processo de coagulação enzimática: aquecimento indireto de 32 até 45 °C	30 kg de vapor	30 L de condensado	-
Dessoragem completa/coleta do soro	• Descarte total do soro como resíduo	-	800 a 900 L de soro	50 a 70
	• Manual utilizando balde	-	50 a 150 L de soro	50 a 70
	• Uso de mangotes ou tubulação conectada na saída do tanque com escoamento por gravidade ou auxílio de bomba.	-	30 a 60 L de soro	50 a 70
	• Uso de sistema adaptado (projetado) especificamente para permitir uma coleta máxima do soro.	-	5 a 20 L de soro	50 a 70
Lavagem da massa	• Lavagem da massa proveniente da coagulação ácida	500 a 2000 L de água	500 a 2000 L	10 a 20
	• Lavagem da massa proveniente da coagulação enzimática	0 a 500 L	0 a 500 L	0 a 40
Fundição	• Aquecimento da mistura de massa, creme e ingredientes até 95 °C	77,54 kg de vapor	77,54 L de condensado	-

4.8- Linha de produção de doce de leite

Na Figura 39 está representado o fluxograma geral das etapas de produção do doce de leite, com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos. No Quadro 26, é possível ver o balanço do consumo de água, vapor e geração de efluentes para as etapas de maior impacto ambiental do processo produtivo do doce de leite.

Notando os dados apresentados no balanço de massa, observa-se que, no processamento de doce de leite, as operações responsáveis pela geração de resíduos que mais sofrem influência da tecnologia são a concentração e o resfriamento.

Concentração: esta etapa é responsável por uma grande geração de condensado, proveniente do elevado consumo de vapor utilizado na concentração do leite e da própria água evaporada do leite. Em muitas indústrias, esse condensado ainda é descartado, contribuindo para o aumento dos efluentes e acarretando perda de energia. No entanto, algumas indústrias já adaptaram os equipamentos de concentração para uma coleta e aproveitamento completo do condensado, obtendo, assim, redução dos custos de energia e ganhos ambientais. O consumo de vapor nessa etapa varia entre 1,0 a 1,5 kg/L de leite processado. Dessa forma, a viabilidade de aproveitamento do condensado, como, por exemplo, o seu retorno para a caldeira, está diretamente relacionada à escala de processamento. Existe uma escala mínima de processamento que o investimento na linha de retorno do condensado se torna viável. No entanto, outras alternativas de aproveitamento do condensado devem ser avaliadas.

Resfriamento: Em algumas indústrias, dependendo da tecnologia de envase adotada, o doce de leite passa por uma etapa de resfriamento. Em indústrias menores, esse resfriamento geralmente é feito utilizando água à temperatura ambiente, que na sequência é descartada como efluente. O consumo de água nesta etapa pode chegar a até 2,0 L por litro de leite processado. É importante ressaltar que, independente do tamanho da indústria, a operação de resfriamento antes do envase do doce, quando existir, deve ser feita em sistema fechado, com recirculação da água.

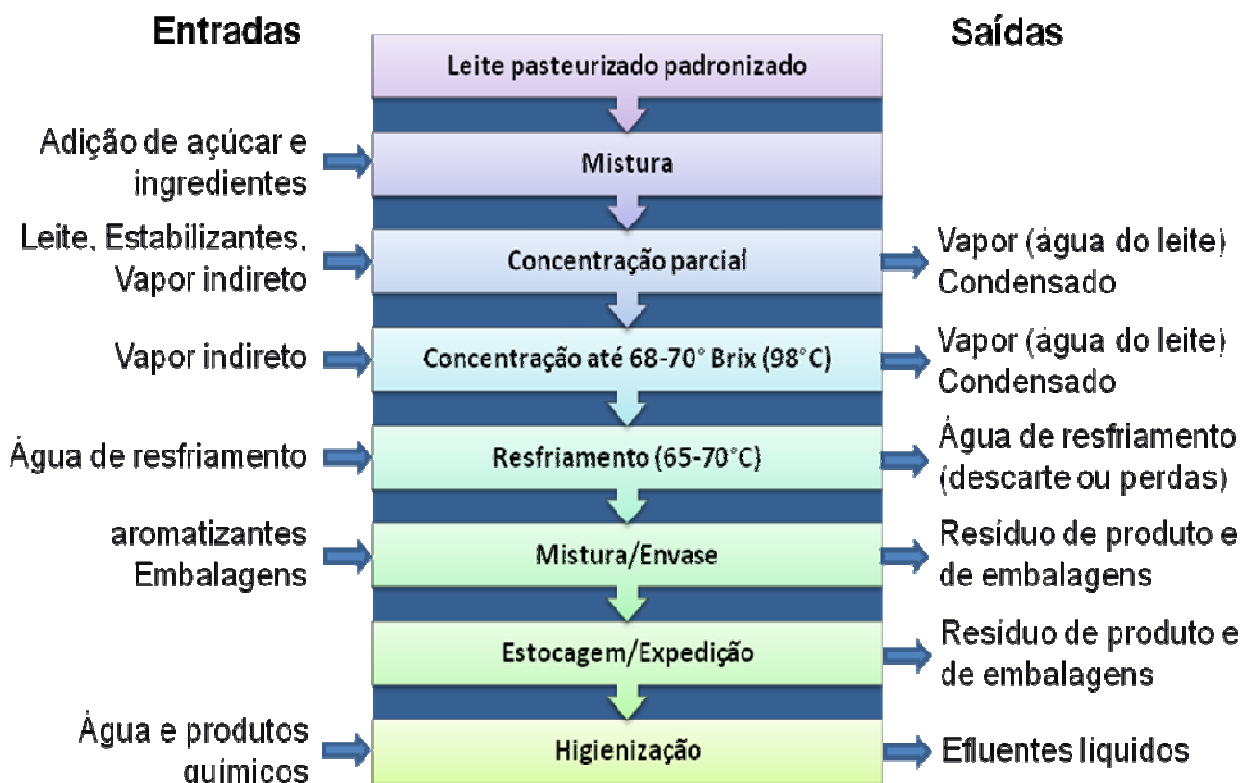


Figura 39 - Fluxograma das etapas de produção de doce de leite com os principais pontos de consumo de água, vapor e geração de resíduos.

Quadro 26 - Balanço do consumo de água, vapor e geração de resíduos das principais operações do processo de produção de Doce de Leite, usando como referência o processamento de 1000 L de leite.

ETAPA	OPERAÇÕES / TECNOLOGIAS UTILIZADAS NO PROCESSO	CONSUMO DE VAPOR OU ÁGUA	GERAÇÃO DE RESÍDUOS	DQO (kg/m ³)
Concentração da mistura leite e ingredientes até 68-72° Brix	<ul style="list-style-type: none"> Concentração em tachos abertos a pressão ambiente utilizando vapor indireto 	1000 a 1500 kg de vapor	1000 a 1500 L condensado	-
Resfriamento do produto final antes do envase para temperaturas entre 65 e 70°C	<ul style="list-style-type: none"> Circulando água à temperatura ambiente na camisa dupla do tacho de concentração, a qual é descartada na sequência como efluente 	1000 a 2000 L de água	1000 a 2000 L	-
	<ul style="list-style-type: none"> Recirculando água à temperatura ambiente na camisa dupla do tacho de concentração, a qual retorna ao reservatório para reuso 	-	-	-
	<ul style="list-style-type: none"> Recirculando água gelada (banco de gelo) na camisa dupla do tacho de concentração, a qual retorna ao reservatório para reuso 	-	-	-
	<ul style="list-style-type: none"> Utilizando trocador de calor tubular 	-	-	-

4.9- Processo de higienização

Atualmente ainda existe uma grande diferença no consumo de água e geração de efluentes entre empresas que processam os mesmos produtos com escala semelhante. Essa variação pode ser superior a 400%, ou seja, algumas empresas consomem menos de 1,5 L de água/L de leite processado, enquanto que em outras esse coeficiente é superior a 6,0. Uma grande contribuição para essa divergência pode está relacionada aos procedimentos de higienização. Esses procedimentos são comuns a todas as linhas de processamento e geralmente correspondem as principais operações responsáveis pelo consumo de água e geração de efluentes na indústria de laticínios, além de gerar resíduos sólidos e emissões atmosféricas conforme apresentado na Figura 40. Vários fatores influenciam os aspectos ambientais dessas operações, e incluem basicamente os seguintes itens: I) Remoção a seco das sujidades; II) Padronização dos procedimentos; III) Tecnologia de produção adotada; IV) Aplicação de tecnologias de reuso das soluções de higienização; V) Treinamento e conscientização dos colaboradores.

Remoção a seco das sujidades: Em várias situações e para diferentes produtos, como doce de leite, queijos, requeijão e manteiga, a remoção a seco dos resíduos de produtos aderidos à superfície dos equipamentos, no início do processo de higienização, representa uma operação simples e capaz de reduzir o consumo de água, de produtos químicos e reduzir o volume e carga de poluição do efluente gerado. Além disso, essa operação permite uma melhor separação dos resíduos sólidos dos demais efluentes, proporcionando oportunidade do seu aproveitamento, como subprodutos ou destinação final adequada. Atualmente essa prática ainda é muito pouco adotada na maioria das indústrias de laticínios.

Padronização dos procedimentos: a ausência de padronização dos procedimentos de higienização, ainda comum em muitas indústrias, reflete no aumento do consumo de produtos químicos, água e geração de efluentes. A padronização desses procedimentos deve estar inserida no programa de gestão da qualidade da empresa, dentro dos “Procedimentos Padrões de Higiene operacional” (PPHO’s). É importante que a padronização desses procedimentos leve em consideração os aspectos ambientais, definindo o uso de produtos químicos de acordo com as concentrações mínimas e suficientes para cada

procedimento. Os procedimentos padronizados devem considerar também a forma adequada de descarte das soluções de higienização, prevenindo grandes variações nas características dos efluentes.

Tecnologia de produção adotada: alterações na tecnologia de produção muitas vezes estão relacionadas a alterações nos equipamentos de processamento e envase que implicam em mudanças nos procedimentos de higienização. Dessa forma é importante avaliar também os aspectos ambientais da higienização no momento de decidir a tecnologia de processamento a ser adotada.

Aplicação de tecnologias de reuso das soluções de higienização: os procedimentos de higienização geralmente ocorrem em várias etapas e geram correntes de águas residuárias com diferentes características, como já discutido no Capítulo 1. Muitas dessas correntes de água podem retornar ao processo de higienização sem nenhum tipo de tratamento ou passando por algum tipo de regeneração simples. Podemos citar como exemplos o reuso das soluções de limpeza CIP (alcalinas e ácidas) e o reuso das águas de enxágue dessas soluções. É importante enfatizar que, para um reuso seguro de correntes específicas de águas residuárias, a empresa deve definir os parâmetros de monitoramento das soluções e dos procedimentos de higienização.

Treinamento e conscientização dos colaboradores: Muitos dos procedimentos de higienização ainda envolvem operações manuais dos colaboradores, que vão desde o preparo das soluções até a própria ação mecânica para remoção das sujidades. Dessa forma, a conscientização e o treinamento dos colaboradores são fundamentais para a redução do consumo de produtos químicos, da água e da geração de efluentes.

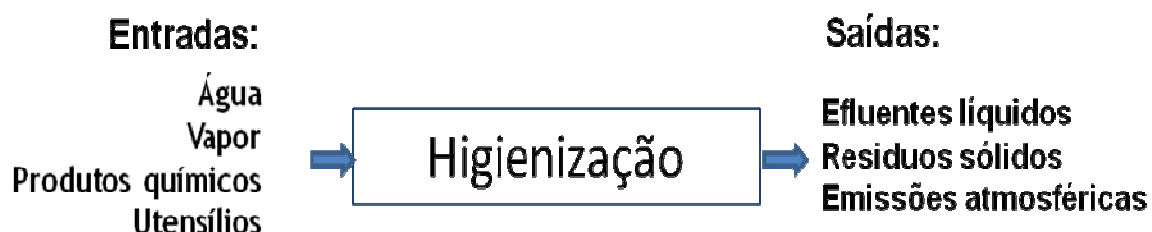


Figura 40 – Diagrama do processo de higienização, representando as principais entradas e saídas que contribuem para os aspectos ambientais relevantes dessa operação.

5- CONCLUSÃO

Considerando o resultado do diagnóstico e do balanço de massa das diferentes linhas de processamento avaliadas, pode-se concluir que:

- A tecnologia adotada nos processos produtivos exerce grande influência nos aspectos ambientais da indústria de laticínios.
- As indústrias menores e com menor nível de automação tendem a apresentar maiores impactos ambientais, principalmente pela falta de adaptação do layout, o que dificulta a coleta e aproveitamento dos subprodutos, o reuso de correntes específicas de água usadas nos processos de resfriamento e higienização, além do fator escala, que tende a aumentar o volume de efluente e a carga de poluição por m³ de leite processado.
- Nas indústrias menores, o nível de conscientização dos colaboradores exerce grande influência nos aspectos ambientais. Isso ocorre pela necessidade de maior manipulação em todas as etapas do processo.
- De modo geral, para todas as linhas avaliadas, as etapas que mais sofrem influência da tecnologia em relação aos aspectos ambientais estão relacionadas ao tratamento térmico, resfriamento e higienização.
- Nas linhas de produção de queijos, requeijão e ricota, a tecnologia adotada na separação do soro exerce grande influência nos aspectos ambientais da indústria.
- Para a linha de produção de queijo mussarela, a tecnologia adotada no processo de filagem exerce grande influência no consumo de água e geração de efluentes.
- Independente do tamanho da indústria e da tecnologia adotada, é possível, com medidas simples e viáveis, reduzir o consumo de água e o volume e carga de poluição dos resíduos gerados.
- É fundamental que a indústria de equipamentos incorpore as preocupações com os aspectos ambientais no layout dos equipamentos, de forma a facilitar a coleta e o aproveitamento dos subprodutos e os procedimentos de higienização, reduzindo, assim, o consumo de água, energia e a geração de resíduos.

CAPÍTULO 3: DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS DE APOIO A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

1- INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos principais fatores que dificultam o controle ambiental das indústrias de laticínios refere-se às peculiaridades do setor lácteo no Brasil, constituído por um grande número de micro, pequenas e médias empresas que não possuem departamentalização ou especialistas em setores estratégicos, como gestão financeira, gestão da produção, gestão da qualidade, gestão ambiental e gestão de recursos humanos. Essas indústrias são caracterizadas pela falta de padronização dos processos produtivos, somados a uma mão de obra pouco qualificada e à ausência de programas de treinamento direcionados à sua realidade. Além disso, a maioria funciona com um layout inadequado, que dificulta a coleta e o aproveitamento de subprodutos como o soro, leiteiro e água de filagem (SILVA, 2006).

Assim como em qualquer setor, a implantação de um sistema de gestão ambiental com foco no controle do processo, priorizando a aplicação de técnicas preventivas e de reciclagem/reuso, só terá êxito na indústria de laticínios com uma atuação coletiva em todos os níveis da organização. Para isso, é fundamental a implantação de uma política de melhoria contínua, baseada no constante treinamento e conscientização dos colaboradores.

No entanto, atualmente existe uma grande carência de ferramentas desenvolvidas especificamente para a indústria de laticínios que auxiliem na implantação de um sistema de gestão ambiental, incluindo programas de treinamento e conscientização dos proprietários, gerentes e demais colaboradores em relação à aplicação de boas práticas ambientais nos processos produtivos.

Uma alternativa para suprir essa carência é o uso de mídias para a divulgação de informações técnicas. A instrução baseada na Web tem sido cada vez mais utilizada para desenvolver e divulgar módulos de treinamento e formação dos colaboradores da indústria (BRYAN et al., 2009).

Segundo JOIA e COSTA (2007) o alto custo de programas de treinamento corporativos presenciais, associado a dificuldades logísticas para sua operacionalização e à rapidez crescente com que o seu conteúdo atinge a obsolescência, representam grandes desafios para sua viabilização. Nesse cenário surge uma demanda crescente por programas de capacitação e treinamento corporativo à distância baseado na web, também chamado de e-learning.

Na busca por esses materiais de treinamento, as indústrias dependem cada vez mais dos módulos e-learning desenvolvidos ou modificados por especialistas com conteúdos específicos para atender as necessidades da empresa (BRYAN et al., 2009). E-learning é um termo coletivo que engloba a instrução baseada na Web, aprendizagem on-line e tecnologia de instrução entregue (LEARNER, 2006). Em outras áreas da indústria, experiências de sucesso no uso de e-learning têm sido relatadas. Segundo SHELBOURN et al. (2001), na área de construção civil vários programas multimídias já foram desenvolvidos, reduzindo tempo de treinamento e erros em novos projetos. COLEMANA et al. (2001) observaram que não ocorreram diferenças entre o treinamento do pessoal de suporte de uma indústria de suinocultura quando esses eram treinados pelo método tradicional, utilizando material impresso comparados com o treinamento oferecido utilizando material multimídia. Em ambos os casos, a presença do instrutor foi fundamental.

No entanto, para a utilização dos recursos tecnológicos é necessário atentar-se para os diferentes estilos do público alvo. Segundo TAVARES et al. (2001), o uso de sistemas multimídia é uma alternativa poderosa na transferência de informação, uma vez que permite o uso das mais diferentes mídias (desde um simples texto até complexas animações), além do fato de que duas ou mais mídias podem ser combinadas para se alcançar um efeito educacional mais apurado do que se pretende ensinar.

Em resposta às dificuldades da indústria de laticínios para fazer o controle ambiental e às possibilidades do uso da Web para estruturação e divulgação de informações técnicas, os objetivos desta pesquisa foram a concepção e desenvolvimento de módulos instrucionais baseados na Web e destinados ao treinamento, além da orientação na implantação e manutenção de um sistema de gestão ambiental na indústria de laticínios.

2- OBJETIVOS

2.1- Objetivo geral

Desenvolver ferramentas de apoio à implantação de um sistema de gestão ambiental na indústria de laticínios.

2.2- Objetivos específicos:

- Desenvolver uma ferramenta multimídia constituída de vários módulos instrucionais baseados na web, com a finalidade de oferecer um material de apoio para o treinamento e conscientização dos proprietários, gerentes, técnicos e demais colaboradores da indústria de laticínios, em relação à aplicação e manutenção de um sistema de gestão ambiental.
- Desenvolver um software para diagnóstico ambiental e simulação de alterações no processo com avaliação dos impactos ambientais e financeiros, considerando 11 linhas de processamento.

3- MATERIAL E MÉTODOS

A concepção e o desenvolvimento dos módulos instrucionais baseado na web foram realizados em três etapas: I) aquisição de informações; II) elaboração da estrutura e conteúdos dos módulos instrucionais juntamente com o sistema web para disponibilizá-los; e III) desenvolvimento do software de diagnóstico ambiental e simulação.

3.1- Aquisição de informações

Para aquisição de informações realizaram-se revisão de literatura, diagnóstico ambiental e testes experimentais na indústria de laticínios. A revisão de literatura abordou pesquisa de vários sistemas multimídia e sites que disponibilizam material de aprendizagem. Além disso, pesquisaram-se informações sobre os aspectos ambientais da indústria de laticínios e sobre alternativas aplicadas para aproveitamento de subprodutos.

O diagnóstico ambiental foi realizado conforme já descrito no Capítulo 2, sendo avaliados sete laticínios localizados no estado de Minas Gerais e um laticínio localizado na Bahia, com capacidade de processamento variando de 2.000 a 100.000 L de leite por dia. A partir dos dados levantados no diagnóstico ambiental, foram identificados os principais aspectos ambientais de cada linha de

processamento e as principais dificuldades e alternativas para melhorar o desempenho ambiental de cada linha de processamento. Com a análise dessas informações, foi elaborado um roteiro com os principais tópicos e conteúdos que deveriam ser abordados nos módulos de treinamento.

Posteriormente, esses laticínios foram visitados novamente para captação das imagens utilizadas nos vídeos sobre aplicação de Boas Práticas Ambientais nos processos, e também para realização de entrevistas com proprietários, gerentes e demais colaboradores.

Os testes experimentais na indústria foram realizados em uma única planta de processamento, em que foram avaliadas alternativas de aproveitamento de subprodutos e regeneração e reuso de águas residuárias específicas de algumas operações, conforme apresentado no Capítulo 1. Esses testes foram realizados para validar procedimentos de boas práticas ambientais, que podem ser aplicados sem comprometer a qualidade e segurança dos processos e produtos.

Os resultados obtidos nessa etapa orientaram o desenvolvimento dos módulos instrucionais e constituíram a base para a criação dos coeficientes de geração de resíduos usados na construção do software de diagnóstico ambiental e simulação nos processos.

3.2- Elaboração dos módulos instrucionais

Após a primeira etapa concluída, o passo seguinte foi identificar os objetivos específicos que deveriam ser alcançados pelo público alvo após o uso dos módulos instrucionais, que incluem: I) criar uma consciência ambiental em todos os níveis da organização; II) capacitar os usuários para conhecer e aplicar os conceitos, princípios e ferramentas de um Sistema de Gestão Ambiental; III) proporcionar aos usuários o entendimento sobre os aspectos ambientais e a influência da tecnologia na geração de resíduos para os processos específicos da indústria de laticínios; IV) capacitar os usuários para reconhecer práticas ambientais inadequadas e aplicar Boas Práticas Ambientais (BPA) nos processos produtivos; V) orientar os usuários para identificar e aplicar alternativas para aproveitamento de subprodutos como o soro de leite e o leitelho; e VI) capacitar os usuários para avaliar os aspectos ambientais da organização e identificar e aplicar as alternativas de melhoria.

A definição dos objetivos específicos a serem alcançados resultou na necessidade de elaboração de cinco módulos de treinamento, que incluem: Educação Ambiental, Sistema de Gestão Ambiental – SGA, Resíduos, Programa de treinamento sobre Boas Práticas Ambientais – BPA e Aproveitamento de Subprodutos, contendo ainda o módulo “Itens de Apoio”, além de uma ferramenta assíncrona para receber sugestões do usuário e o software para diagnóstico ambiental e simulação na indústria.

Os módulos instrucionais foram elaborados para atender a dois públicos diferentes: os colaboradores da indústria e os proprietários/gerentes.

O desenvolvimento do material foi orientado por objetivos claros e bem definidos, considerando as peculiaridades do público alvo. Para elaboração e disponibilização do material foram utilizados diversos recursos de mídia, buscando uma abordagem de todos os estilos de aprendizagem, seguindo a recomendação de outros trabalhos relacionados à elaboração e avaliação de programas de treinamento baseado na web. Além disso, o material de cada módulo foi dividido em vários tópicos de pequena duração, para facilitar o entendimento e a assimilação das informações.

3.3- Recursos de mídia e informática utilizados na elaboração dos módulos e da web site

Após levantamento das informações completas, iniciou-se a estruturação dos módulos e a preparação dos conteúdos, utilizando diversos recursos de mídia, como textos, diagramas, vídeos, áudios, ilustrações (fotos e imagens) e animações.

Para captação das imagens dos vídeos foram utilizadas as câmeras filmadoras Sony XDCAM EX3 e Sony HDR SR12, além de microfone de lapela para as entrevistas. Para a locução foi utilizado microfone condensador de estúdio Bheringer B1, mesa de som Yamaha e laptop. Para a edição de vídeo foi usado o software Canopus Edius 5 e, para gravação e edição de áudio, foi usado o software Sony Sound Forge Pro 10.

O website para disponibilização dos módulos instrucionais foi desenvolvido em linguagem de CSS, HTML e PHP em conjunto com a ferramenta Smarty Templates. Para o banco de dados foi utilizado o MySQL e, como recursos

extras, foram utilizados Adobe Dreamweaver CS4, Adobe Photoshop CS4 e Adobe Fireworks CS4.

O software de diagnóstico ambiental e simulação também foi desenvolvido baseado na web. A arquitetura adotada na sua construção é uma implementação do modelo MVC. Além das ferramentas utilizadas na elaboração do website, utilizou-se o Framework JQuery para a criação de efeitos visuais e de interatividade no sistema.

3.4- Avaliação do sistema multimídia e do software de diagnóstico ambiental e simulação

O sistema multimídia e o software foram avaliados no primeiro semestre de 2011, por um total de 23 avaliadores divididos em dois grupos: o grupo 1 refere-se aos profissionais que atuam em áreas relacionadas ao setor lácteo, como professores, estudantes de pós-graduação e consultores, totalizando 18 avaliadores. O grupo 2 é constituído pelo público-alvo: proprietários, gerentes e técnicos que atuam direto na indústria de laticínios, totalizando 5 avaliadores.

Um e-mail foi enviado para cada avaliador, disponibilizando o endereço eletrônico de acesso ao sistema multimídia e ao software de diagnóstico e simulação, juntamente com a ficha de avaliação em anexo, contendo as questões que orientaram a avaliação. A avaliação baseou-se na Escala Likert (TROCHIM, 2000), modificada com os atributos próprios de escala hedônica (CHAVES, 1980). Foram escolhidas frases para identificar os intervalos desta escala, que variam de “extremamente bom”, quando o avaliador é positivamente favorecido pela ferramenta a ele apresentada, a “extremamente ruim”, quando o avaliador considerou que não é favorecido pela ferramenta. Além disso, considerou-se como não avaliado em duas situações: quando o avaliador não teve a disponibilidade da ferramenta ou por falta do resultado.

Além das frases, foram atribuídos valores numéricos de 1 a 9 aos atributos, para a análise dos resultados. Estas informações estão representadas no modelo de ficha de avaliação no anexo I.

Na avaliação do website foram observadas informações sobre a interatividade, facilidade de navegação pelos ambientes, o funcionamento dos ícones e a qualidade das mídias. Na avaliação do conteúdo, procurou-se coletar informações sobre a qualidade e a quantidade dos textos, além da sequência e da

organização das informações no ambiente. Outro objetivo foi coletar a opinião do avaliador sobre cada módulo, após ter acessado todos os ambientes e explorado o conteúdo pertinente.

A adequação do ambiente ao público alvo também foi avaliada por meio de questões qualitativas complementares sobre os possíveis benefícios, obstáculos e sugestões de mudanças significativas. Adicionalmente, sugestões e críticas foram solicitadas ao avaliador.

4.0- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1- Apresentação da interface de acesso e organização dos conteúdos

O layout do site foi construído de forma a permitir um acesso independente a cada um dos módulos instrucionais, porém uma sequência lógica para acesso aos conteúdos passa pelos módulos “*Educação Ambiental, Sistema de Gestão Ambiental, Resíduos, Programa de Treinamento sobre BPA e Aproveitamento de Subprodutos*”. A disponibilização dos módulos “*Educação Ambiental, Sistema de Gestão Ambiental e Resíduos*”, horizontalmente no topo da página, e dos demais módulos, verticalmente na lateral esquerda da página, sugere essa sequência lógica para maior entendimento e aprendizado dos conceitos e procedimentos que se deseja transmitir. Na Figura 41 está representada a tela inicial do site direcionado ao acesso do público alvo. Além dos cinco módulos instrucionais, na página inicial o usuário pode ter acesso ao módulo “itens de apoio”, que contém glossário, saiba mais, legislação, acessar o editor de mensagem para envio de sugestões e acessar também o software para diagnóstico e simulação na indústria. No Quadro 27 está representado um resumo geral das características de cada módulo instrucional, incluindo público alvo, recursos de mídia utilizados e a organização das informações na forma de tópicos específicos dentro de cada módulo, constituindo cursos de pequena duração, que também podem ser acessados de forma independente. A divisão do conteúdo dos módulos instrucionais em vários tópicos foi adotada para facilitar o entendimento e manter a atenção dos usuários, além de evitar o desinteresse provocado pelo excesso de informações e cursos com longo tempo de duração. Conforme pode ser observado na Figura 42, para cada módulo existe uma tela inicial de

apresentação, a qual contém um breve resumo sobre os objetivos que devem ser alcançados pelos usuários, público alvo e conteúdos disponíveis.

O modelo adotado para disposição dos conteúdos está de acordo com os resultados obtidos por BRYAN et al. (2009). Durante a etapa de avaliação dos módulos instrucionais elaborados para treinamento dos colaboradores de uma indústria de processamento de aves, os autores identificaram que uma das principais reivindicações dos usuários foi a necessidade de dividir o curso em seções menores.

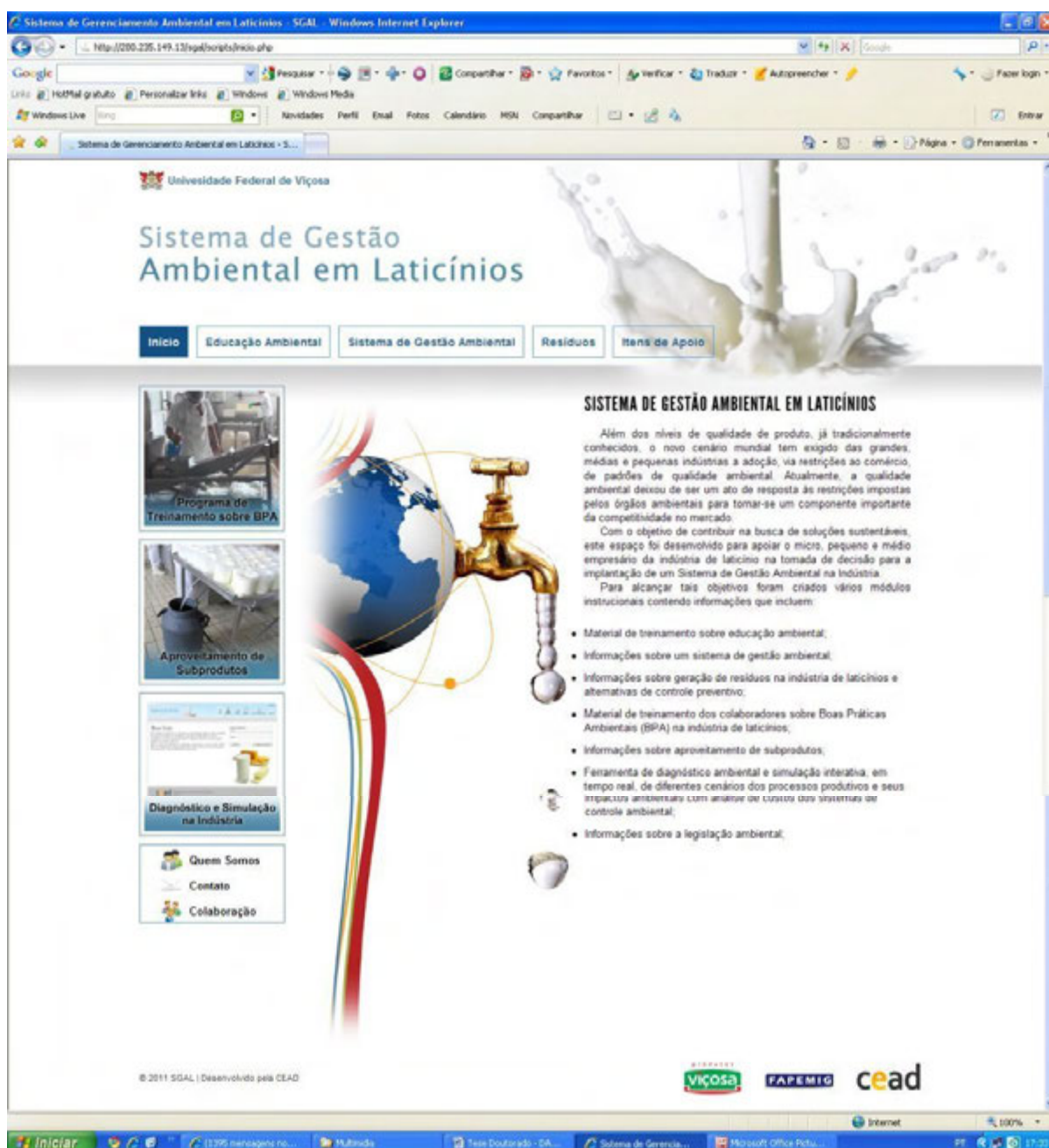


Figura 41 – Tela inicial do site direcionado ao público alvo.

Quadro 27 - Resumo das características de cada módulo instrucional, incluindo público alvo, divisão em tópicos e recursos de mídia utilizados na elaboração e disponibilização das informações.


Módulo	Público alvo	Divisão em Tópicos	Recursos de mídia
Educação Ambiental	Colaboradores	Água: material apresentado em duas cartilhas que discutem a disponibilidade da água, principais ameaças e consequências da sua poluição.	Texto, animação com personagens e imagens; Apresentação em Flash.
		Lixo: material apresentado em uma cartilha e cinco vídeos que discutem a gestão inadequada do lixo e alternativas de soluções sustentáveis.	Texto, animação, imagens e vídeos narrados; Apresentação em Flash.
	Proprietários e gerentes	A questão ambiental na indústria	Texto, animação com personagens, imagens e vídeos com áudio. Apresentação em Flash.
		As exigências da legislação ambiental	
		Fatores que influenciam no custo do controle ambiental	
Custos e benefícios do controle ambiental no processo			
Sistema de Gestão Ambiental - SGA	Proprietários, gerentes e técnicos	Conceitos e princípios do SGA	Texto, diagramas e imagens; vídeo com áudio; Apresentação em Flash. Conteúdo completo disponível em PDF no item “Saiba Mais”
		Ferramentas do SGA	
		O SGA inserido no contexto do Sistema de Gestão Integrado - SGI	
		Manual de Implantação do SGA	
Resíduos	Proprietários, gerentes e técnicos	Água e efluentes	Texto, diagramas e imagens; Apresentação em Flash. Conteúdo completo disponível em PDF no item “Saiba Mais”
		Resíduos sólidos	
		Influência da Tecnologia	
		Medidas de controle	
Programa de treinamento sobre BPA	Proprietários, gerentes e todos colaboradores	Aplicação de BPA nos processos	Vídeos narrados
		Exemplos de Indústrias que aplicam	Vídeos narrados, entrevistas com vídeo e áudio
		Entrevista com especialistas	Entrevista com vídeo e áudio
Aproveitamento de subprodutos	Proprietários e gerentes	Aproveitamento do soro e leiteiro – Aspectos gerais	Texto, diagramas e imagens; Apresentação em Flash. Artigos em PDF.
		Alternativas para aproveitamento do soro e leiteiro – Aplicações	
		Artigos técnicos	

Sistema de Gestão Ambiental em Laticínios

Início Educação Ambiental Sistema de Gestão Ambiental Resíduos Itens de Apoio

Início >> Sistema de Gestão Ambiental >> Apresentação ▾

APRESENTAÇÃO



Programa de Treinamento sobre BPA

OBJETIVOS

Capacitar os usuários para conhecer e aplicar os conceitos, princípios e ferramentas de um Sistema de Gestão Ambiental.


Além disso, discutiremos a importância da organização trabalhar com um sistema de gestão integrado que envolva a qualidade de processo e de produtos, qualidade ambiental, qualidade das condições de trabalho e responsabilidade social.

PÚBLICO ALVO

Proprietários, gerentes e técnicos de nível médio e superior que atuam na indústria de laticínios.

CONTEÚDO

Conceitos e Princípios do SGA
Ferramentas do SGA
O SGA inserido no contexto do Sistema de Gestão Integrado - SGI
Manual de Implantação do SGA



Aproveitamento de Subprodutos




Figura 42 – Tela de apresentação do módulo SGA (comum a todos os módulos) contendo o resumo dos objetivos, público alvo e conteúdo disponível.

4.2- Módulo Educação Ambiental

O módulo Educação Ambiental foi elaborado com a finalidade de criar uma consciência ambiental em todos os níveis da organização. Um sistema de gestão ambiental é fundamentado no conceito de responsabilidade coletiva, em que todos os indivíduos devem assumir seu papel no controle ambiental. Sendo assim, para o sucesso de um sistema de gestão ambiental é essencial a conscientização em todos os níveis da organização. Para facilitar a adequação do material ao público alvo, foram disponibilizados dois conteúdos diferentes, sendo um direcionado aos colaboradores e o outro aos proprietários e gerentes.

O material direcionado aos colaboradores está disponível em dois tópicos, com conteúdos relacionados aos aspectos ambientais do cotidiano, que incluem os temas água e lixo. No material sobre água estão disponíveis duas cartilhas, que abordam uma discussão sobre disponibilidade da água, principais ameaças e

consequências da sua poluição. No material sobre lixo estão disponíveis uma cartilha e cinco vídeos, os quais discutem os principais problemas causados pela gestão inadequada dos resíduos sólidos e alternativas de soluções sustentáveis. Sendo abordado como cada indivíduo, com atitudes simples, pode contribuir para reduzir a geração do lixo e facilitar a sua reciclagem ou disposição final adequada. Esses temas foram escolhidos por fazerem parte de uma realidade próxima a cada indivíduo e afetarem a qualidade de vida de todos.

O material de educação ambiental direcionado aos proprietários e gerentes contém informações relacionadas aos aspectos ambientais da indústria onde são discutidos os benefícios e oportunidades que a gestão ambiental pode proporcionar. Diferentemente do material direcionado aos colaboradores, considerou-se que a melhor forma de conscientizar os proprietários e gerentes é discutindo a realidade de sua própria empresa.

Os conteúdos estão dispostos em quatro tópicos, constituídos nos seguintes temas: I) A questão ambiental na indústria; II) As exigências da legislação ambiental; III) Fatores que influenciam no custo do controle ambiental; IV) Custos e benefícios do controle ambiental no processo. A finalidade desse material é conscientizar os proprietários e gerentes da indústria de laticínios sobre a importância da questão ambiental como fator de competitividade para a organização, auxiliá-los a entender a legislação e trabalhar em parceria com os órgãos ambientais, mostrando que o controle ambiental com foco na gestão do processo é sinônimo de investimento e retorno certo. Assim como para os colaboradores, todos os tópicos contêm no máximo 25 slides, constituídos por uma combinação de vários recursos de mídia, como texto, imagens, vídeos e animação com personagens.

O maior desafio na elaboração desse módulo foi selecionar e trabalhar informações que possam despertar a consciência ambiental em todos os níveis da organização. É importante ressaltar que isso é uma tarefa muito complexa e vai muito além de um simples material. Para o sucesso no uso desse material é fundamental que a organização adote uma política clara de capacitação e motivação dos seus colaboradores. O material de conscientização e treinamento é apenas um dos instrumentos que compõem a implantação de um programa de gestão ambiental e melhoria contínua.

4.3- Módulo Sistema de Gestão Ambiental - SGA

Esse módulo foi elaborado com a finalidade de capacitar os usuários para conhecer e aplicar os conceitos, princípios e ferramentas de um Sistema de Gestão Ambiental. Conforme apresentado no Quadro 27, esse módulo constituiu-se de quatro tópicos: I) conceitos e princípios do SGA; II) ferramentas do SGA; III) o SGA inserido no contexto do Sistema de Gestão Integrado – SGI; e IV) manual de implantação do SGA. Além de uma abordagem sobre os conceitos, princípios e ferramentas do SGA, nesse módulo discute-se também a importância da organização trabalhar com um sistema de gestão integrado, que envolva a qualidade de processo/produtos, qualidade ambiental, qualidade das condições de trabalho e responsabilidade social. Para finalizar, no último tópico é apresentado um manual com o passo-a-passo de implantação do SGA, contendo oito etapas: I) comprometimento da direção da empresa; II) definição da equipe de implantação; III) diagnóstico ambiental da empresa; IV) definição dos indicadores de desempenho; V) análise dos dados e definição das ações corretivas; VI) implantação das ações corretivas; VII) avaliação do programa; e VIII) manutenção do programa. Em cada etapa estão descritos os procedimentos e as atividades a serem realizadas, com exemplos de situações específicas da indústria. Estão disponíveis, também, exemplos dos documentos para registro a serem elaborados a fim de comprovar a política de comprometimento e melhoria contínua da organização. Para facilidade do usuário, o conteúdo de cada tópico contém uma combinação de recursos de texto, diagramas, imagens e vídeos com áudio. As imagens foram utilizadas para ilustrar exemplos de aplicação dos princípios e ferramentas do SGA nos processos da indústria. O uso dos recursos de diagramas e imagens foi adotado para exemplificar situações reais da indústria, principalmente na etapa de diagnóstico ambiental. Os vídeos com áudio apresentam a opinião de especialistas que discutem os benefícios, oportunidades e desafios para implantação do SGA. Os diversos recursos de mídia foram utilizados para facilitar o entendimento dos conceitos, reduzir o tempo de leitura e tornar a navegação mais agradável.

A maior dificuldade na elaboração desse módulo se refere à necessidade de apresentar alguns conceitos mais distantes da realidade do público alvo, sendo fundamental adequar uma linguagem que atenda, ao mesmo tempo, profissionais com diferentes níveis de instrução, como os proprietários, gerentes e técnicos.

4.4- Módulo Resíduos

O conteúdo desse módulo foi elaborado com a finalidade de proporcionar aos proprietários, gerentes e técnicos, um entendimento sobre os aspectos ambientais da indústria de laticínios. A implantação de um sistema de gestão ambiental na indústria só terá êxito se a organização conhecer de forma detalhada as características dos seus resíduos e suas principais fontes de geração, os fatores que interferem na geração e as principais alternativas de controle. Para facilitar esse entendimento, o material foi disponibilizado em quatro tópicos: I) água e efluentes; II) resíduos sólidos; III) influência da tecnologia; e IV) medidas de controle.

Dentro do tópico “*água e efluentes*” o usuário pode acessar informações sobre os aspectos gerais relacionados ao consumo de água e geração de efluente, ressaltando as principais operações onde estes ocorrem. Além disso, está disponível nesse tópico a importância de entender a demanda por diferentes qualidades de água, o que representa uma peculiaridade que proporciona oportunidades para reuso de correntes específicas de água residuária.

O tópico “*resíduos sólidos*” contém informações relacionadas às características dos resíduos sólidos gerados na indústria de laticínios, principais pontos de geração, classificação perante a legislação, procedimentos de gerenciamento e alternativas de disposição final.

No tópico “*interferência da tecnologia*” estão disponíveis informações sobre os aspectos ambientais específicos de 11 linhas de processamento, acompanhados dos seus respectivos fluxogramas de processamento e balanço de massa relacionados ao consumo de água, vapor e geração de resíduos, considerando a influência de diferentes tecnologias de processamento. Com essas informações espera-se oferecer aos usuários um suporte na escolha da tecnologia e equipamentos que gerem o menor impacto ambiental nos processos.

Dentro do tópico “*medidas de controle*” estão descritas as alternativas para reduzir o consumo de água e a geração de efluentes relacionadas à substituição de tecnologia de processamento, alteração no layout da fábrica, alternativas de reuso de água e recuperação de subprodutos.

Todos os tópicos desse módulo contêm abordagens resumidas, com reduzido tempo de leitura. Para tornar a navegação mais agradável e auxiliar o

usuário no entendimento dos conceitos, utilizaram-se os recursos de texto, fluxogramas e imagens ilustrando situações reais que ocorrem na indústria de laticínios.

O grande desafio na elaboração desse módulo foi resumir e adaptar uma grande quantidade de informações à realidade do público alvo de forma a evitar o desinteresse pelo excesso de informações e longo tempo de leitura.

4.5- Módulo Programa de Treinamento sobre BPA

A elaboração e disponibilização desse módulo tem como principal finalidade capacitar os usuários para reconhecer práticas ambientais inadequadas, além de identificar e aplicar Boas Práticas Ambientais (BPA) nos processos produtivos. Para alcançar tais objetivos o conteúdo desse módulo contém procedimentos sobre aplicação de BPA nas 11 linhas de processamento mais comuns da indústria de laticínios, que incluem leite pasteurizado, manteiga, iogurte, bebida láctea, doce de leite, queijo minas frescal, queijo minas padrão, queijo prato, queijo mussarela, requeijão e ricota. O material inclui também exemplos de indústrias que aplicam com sucesso as BPA e entrevistas com especialistas sobre o tema.

Como pode ser observada no Quadro 27, a apresentação desse módulo foi dividida em três tópicos: I) aplicação de BPA nos processos produtivos; II) exemplos de indústrias que aplicam; e III) entrevistas com especialistas. No tópico “*aplicação de BPA nos processos produtivos*” foram disponibilizados vídeos abordando os principais aspectos ambientais de 11 linhas de processamento, incluindo a aplicação de práticas ambientais inadequadas e as práticas corretas que devem ser adotadas. Para facilitar o entendimento do assunto e reduzir o tempo de cada vídeo, os mesmos foram disponibilizados por linha de processamento, ou seja, um vídeo para cada linha. Exceções ocorrem apenas para linhas com aspectos semelhantes, como as linhas de queijos, iogurte e bebida láctea, em que um único vídeo aborda mais de uma linha.

No tópico “*exemplos de indústrias que aplicam*” estão dispostos os vídeos sobre os procedimentos de aplicação de BPA no processo produtivo de dois laticínios que já implantaram um sistema de gestão ambiental. Estão disponíveis, também, depoimentos dos proprietários e colaboradores relatando as dificuldades do processo de implantação e os resultados obtidos.

Dentro do tópico “entrevistas com especialistas” estão disponíveis as entrevistas com dois profissionais, em que são discutidos temas relacionados às tendências da legislação de controle ambiental e cobrança pelo uso da água, implantação de políticas de produção mais limpas, apresentando os desafios e oportunidades. Além disso, são discutidos aspectos específicos da indústria de laticínios, relacionados às dificuldades de implantar um sistema de gestão ambiental nesse setor, além das peculiaridades e oportunidades que devem ser consideradas e os benefícios que isso pode gerar. Na Figura 43 está representada a interface de acesso aos vídeos sobre aplicação de BPA nos processos produtivos.



Figura 43 – Interface de acesso aos vídeos no Módulo “Programa de Treinamento sobre BPA”.

Todo material desse módulo foi apresentado na forma de vídeos narrados ou vídeos com áudio. Os recursos de mídia utilizados para elaboração e

disponibilização desse módulo estão de acordo com os resultados da avaliação de módulos instrucionais obtida por BRYAN et al. (2009), em que os usuários sugeriram acrescentar vídeos com narração para reduzir a quantidade de leitura exigida e o tempo de conclusão de cada módulo.

4.6- Módulo Aproveitamento de Subprodutos

Considerando que o grande desafio para as micro, pequenas e médias indústrias de laticínios ainda é a recuperação e aproveitamento total de subprodutos gerados no processo, como o soro e o leiteiro, esse módulo foi elaborado e disponibilizado com a finalidade de auxiliar os usuários na identificação e aplicação de alternativas para aproveitamento desses subprodutos de acordo com as peculiaridades de cada indústria.

Para facilitar a organização do material e entendimento, os conteúdos foram disponibilizados em três tópicos: I) Aproveitamento do soro e leiteiro – Aspectos gerais; II) Alternativas para aproveitamento do soro e leiteiro – Aplicações; e III) Artigos técnicos.

No tópico “Aproveitamento do soro e leiteiro – Aspectos gerais” são apresentadas as características desses subprodutos e discutidos os principais fatores gerais que devem ser considerados para aproveitá-los. Entre os fatores abordados estão qualidade da matéria prima soro e leiteiro, mercado pretendido, escala de produção, legislação vigente e viabilidade do produto.

No tópico “Alternativas para aproveitamento do soro e leiteiro – Aplicações” são apresentadas e discutidas as alternativas comuns e específicas para aproveitamento do soro e leiteiro, incluindo alimentação animal, venda in natura, produção de bebida láctea, sobremesas lácteas, concentração, secagem, isolados proteicos, entre outras. Para cada alternativa apresentada estão descritos os fluxogramas de processamento, equipamentos necessários, legislação referente ao produto e fatores que influenciam na viabilidade, como escala de produção, mercado e aspectos ambientais. O tópico “Artigos técnicos” foi criado com a finalidade de disponibilizar informações técnicas e científicas sobre as alternativas de aproveitamento do soro e leiteiro, de forma a manter o usuário atualizado quanto às pesquisas mais recentes sobre o assunto. Para elaboração do conteúdo foram utilizados recursos de texto, diagramas e

imagens. Diagramas e imagens têm a finalidade de reduzir a quantidade de textos e expor aos usuários situações reais da indústria.

4.7- Ferramenta de editor de mensagem

Considerando a velocidade que novas informações são geradas e as constantes mudanças na legislação ambiental, o sistema web foi criado para manter conteúdos dinâmicos, que podem ser atualizados ou adaptados de acordo com as necessidades do público alvo. Para facilitar essa troca de informação, o sistema web disponibiliza de uma ferramenta para edição de mensagens em que o usuário pode enviar sugestões de melhoria dos recursos de navegação, design da página e ajustes nos conteúdos, bem como da forma de apresentação dos módulos instrucionais.

4.8- Considerações gerais sobre os recursos de mídia utilizados para elaboração e disponibilização dos módulos instrucionais.

Todos os tópicos dos módulos instrucionais estão disponíveis para acesso do usuário com número reduzido de slides. Com algumas exceções, a maioria dos tópicos foi apresentada com número igual ou inferior a 30 slides. Esse limite máximo de slides foi adotado para evitar o desinteresse do usuário por cursos intermináveis e ao mesmo tempo criar a satisfação de mais uma tarefa cumprida, tornando a navegação mais interessante. Conforme apresentado na Figura 44, a versão final de todo material foi convertida em Flash e disponibilizada para acesso na extensão .swf. Esse recurso foi utilizado pela facilidade de se trabalhar com diversas mídias e gerar arquivos de tamanho reduzidos e boa resolução. Para todos os módulos, exceto Educação Ambiental e Programa de Treinamento sobre BPA, um conteúdo completo sobre o assunto no formato .pdf pode ser acessado no item “Saiba Mais”, permitindo ao usuário um maior aprofundamento sobre o tema.

Os recursos de mídia utilizados e a forma de estruturação e disponibilização dos módulos instrucionais estão de acordo com as recomendações de TAROUCO et al. (2008), que afirma a importância de considerar os aspectos de efetividade, eficiência e atratividade, abordando os diferentes estilos de aprendizagem e considerando as peculiaridades do público alvo. Para garantir o máximo atendimento a tais requisitos, todo material

elaborado contém a combinação de vários recursos de mídias, como textos, diagramas, vídeos, áudio, ilustração com fotos, imagens e animação.

O uso de diversos recursos de mídia no desenvolvimento de módulos instrucionais também corroboram com BRYAN et al. (2009) e outros autores que afirmam que o uso de uma variedade de tipos de recursos visuais e estilos de apresentação são mais propensos a manter a atenção dos usuários. Formato único e uniforme com apresentações de vídeo ou aqueles que usaram apenas texto são julgados menos interessantes.



Figura 44 – Ilustração da forma de apresentação dos conteúdos de cada tópico utilizando os recursos do Flash.

Outros aspectos importantes também foram observados, como a definição clara do conteúdo, público-alvo e os objetivos do programa de treinamento. Segundo JOIA e COSTA (2007), o êxito do treinamento baseado na web está

relacionado a três fatores chaves: a) a definição clara do conteúdo, público-alvo e objetivos do programa de treinamento; b) a motivação dos usuários; e c) a implementação no ambiente web de um nível adequado de suporte metacognitivo. Essas observações também estão de acordo com os resultados da avaliação dos módulos instrucionais obtida por BRYAN et al. (2009), em que os usuários sugeriram a definição dos objetivos de aprendizagem para cada seção. Dessa forma, é importante ressaltar que a organização que pretende utilizar esse recurso tenha uma política clara em relação à capacitação dos seus colaboradores e disponibilidade de gestores para orientar a aplicação do treinamento.

4.9- Software de Diagnóstico Ambiental e Simulação

O software de diagnóstico ambiental e simulação tem como finalidade auxiliar os proprietários, técnicos e gerentes na avaliação dos aspectos ambientais e na identificação e aplicação das alternativas de melhoria, constituindo-se numa ferramenta de suporte na tomada de decisão em relação à gestão ambiental da indústria de laticínios.

Como pode ser observado na Figura 45, o programa, para a facilidade do usuário, apresenta quatro módulos: empresa, produto, relatório e dimensionamento, além da página inicial, onde o usuário deve fazer o cadastro para ter acesso aos demais módulos e do módulo tutorial, que auxilia no uso do programa.

No módulo “*empresa*” o usuário deve cadastrar os dados característicos da empresa, que incluem razão social, volume de leite processado, dias e horas de funcionamento, produtos processados, volume de água consumido, volume e carga do efluente gerado. Após processar esses dados, o programa permite o acesso ao módulo produto, em que o usuário pode fazer um diagnóstico ambiental da sua empresa, fornecendo as informações solicitadas sobre cada linha de processamento. Para realização do diagnóstico são consideradas informações relacionadas ao volume de leite destinado a cada produto, tecnologia empregada no processo, alternativas adotadas para recuperação e aproveitamento dos subprodutos e aspectos de higienização.

Ao processar essas informações o usuário pode acessar o módulo “*relatório*” e obter as informações sobre os aspectos ambientais de cada linha.

Esse módulo, além de fornecer o relatório completo de cada linha e uma avaliação global dos aspectos ambientais da indústria, fornece também sugestões de ações corretivas, que podem ser aplicadas em cada linha de processamento, visando à redução dos impactos ambientais.



Figura 45 – Página inicial de acesso ao programa de diagnóstico ambiental e simulação.

O módulo “*dimensionamento*” permite ao usuário simular as dimensões e o custo para implantação de diferentes sistemas de tratamento de efluentes, considerando a situação atual da indústria ou diferentes cenários. Conforme ilustrado na Figura 46, o usuário pode adotar as sugestões de ações corretivas geradas no relatório, como alternativas de alterações no processo, e simular um novo cenário, com a avaliação dos impactos dessas mudanças nos aspectos ambientais relacionados à carga de poluição de cada linha de processamento. Além disso, com as simulações o usuário pode avaliar os impactos que as mudanças no processo irão proporcionar.

Sistema de Gestão Ambiental em Laticínios

SAIR

Início Empresa Produto Relatório Dimensionamento Tutorial

Usuário: DANILO SILVA Empresa: Danilo LTDA

Preencher Empresa > Preencher Produto > Gerar Relatório > Dimensionar > Simular Dimensionamento

Escolha cada um dos produtos no menu ao lado e aplique as ações corretivas sugeridas

Linha de produção	Carga atual por linha (kg de DQO/dia)	Carga por linha após correções (kg de DQO/dia)
Recepção de Leite	10.46	0.00
Pasteurização do Leite	2.66	0.00
Queijo Mussarela	2.98	2.98
Queijo Minas Frescal	44.63	2.98
Queijo Minas Padrão	27.65	2.98
Queijo Prato	27.65	2.98
Ricota	12.95	0.35
Aspectos gerais do queijos	15.59	0.00
Requeijão	166.78	2.98
Manteiga	7.00	
Iogurte	10.00	
Bebida Láctea	20.00	
Doce	81.60	
Total	429.94	133.82

Com as ações corretivas houve uma redução de **68.87%**

Para finalizar a simulação clique no botão abaixo:

Dimensionar uma simulação

cead COORDENADORIA DE EDUCAÇÃO ABERTA E A DISTÂNCIA © 2010 SGAAL

Figura 46 – Interface de simulação dos impactos na redução da carga de poluição após aplicação das ações corretivas por linha de processamento.

É importante ressaltar que esse programa foi desenvolvido baseado na Web. Segundo BYRNE, et al. (2010), a utilização da web para desenvolvimento de programas de simulação traz consigo uma série de vantagens, incluindo a facilidade de usar os recursos, colaboração, licença de modelos de implantação, a capacidade de reutilizar modelos, a capacidade de controle de acesso e as vantagens em termos de novas versões, manutenção e redução de custos. No entanto, existe também uma série de desvantagens, incluindo perda de velocidade, vulnerabilidade de segurança, estabilidade do aplicativo e restrições de licenciamento. No entanto, tais desvantagens estão sendo superadas com a evolução das tecnologias da web, tais como aplicações ricas de internet, que apresentam características e funcionalidade semelhante às aplicações baseadas em desktop e a disponibilidade de servidores de redes mais rápidas.

4.10- Avaliação do sistema multimídia

4.10.1- Aspectos gerais do ambiente multimídia, apresentação e organização dos módulos

Para os aspectos gerais do ambiente multimídia foi solicitada uma avaliação referente aos seguintes atributos: aspectos visuais da interface (apresentação das telas, estética e qualidade gráfica dos ambientes, cores e imagens); fonte, cor e legibilidade dos textos; qualidade das mídias (fotos digitais e vídeos); facilidade de navegação pelos ambientes por usuários não treinados; qualidade das informações escritas; e sequência lógica da apresentação do conteúdo.

No Quadro 28 está apresentado o resultado da avaliação de todos os avaliadores (grupo 1 e 2) para os diferentes atributos relacionados aos aspectos gerais do ambiente multimídia, além da apresentação e organização dos módulos, contendo a frequência de respostas para cada escore. Nas duas últimas colunas estão os resultados da frequência, em porcentagem, dos escores iguais ou superiores a sete (7) e a média dos escores para cada atributo avaliado. No Quadro 29 está apresentado o resultado da avaliação do grupo 2 (público alvo) para os mesmos parâmetros (atributos) descritos acima.

Para o resultado da avaliação dos dois grupos de avaliadores, conforme dados apresentados no Quadro 28 e Figura 47, de um total de seis (6) atributos avaliados, verifica-se que todos apresentaram frequências superiores a 91%, para escores iguais ou superiores a sete (7). Os atributos “qualidade das mídias” e “qualidade das informações escritas” apresentaram 100% de escores iguais ou superiores a sete (7). A melhor avaliação com média de escores igual a 8,70 também foi obtida pelo atributo “qualidade das informações escritas”, sendo a segunda maior média de escores, 8,57, recebida pelo atributo “aspectos visuais da interface”. A pior avaliação foi para o atributo “facilidade de navegação pelos ambientes por usuários não treinados”, obtendo uma frequência de 91,3 % para escores iguais ou superiores a sete (7) e média de escores igual a 8,09. Os demais atributos avaliados receberam média de escores que varia entre 8,26 a 8,48.

Para o resultado da avaliação pelos avaliadores do grupo 2 (público alvo), conforme dados apresentados no Quadro 29, de um total de seis (6) atributos

avaliados, verifica-se que todos os atributos, exceto “fonte, cor e legibilidade dos textos” apresentaram 100% de escores iguais ou superiores a sete (7). Tal atributo apresentou a pior avaliação, com frequência igual a 80%, para escores iguais ou superiores a sete (7) e média de escores igual a 8,20, sendo o mesmo valor de média de escores observado para o atributo “qualidade das mídias (fotos digitas e vídeos)”. Os atributos “aspectos visuais da interface” e “qualidade das informações escritas” receberam a melhor avaliação, com média de escores igual a 9,0 (valor máximo). Os atributos “sequência lógica de apresentação dos conteúdos” e “facilidade de navegação” receberam média de escores igual a 8,80 e 8,60, respectivamente.

Pode-se observar, pelos resultados apresentados na Figura 47, que os atributos aspectos visuais da interface; fonte, cor e legibilidade dos textos; e qualidade das informações escritas; receberam nota máxima (9) conferida por 70%, 61% e 74%, dos avaliadores, respectivamente.

Esse resultado mostra uma avaliação muito positiva em relação aos aspectos da interface, facilidade de navegação, qualidade das mídias e qualidade das informações, considerando que os escores 7, 8 e 9 significam bom, ótimo e excelente, respectivamente. É importante destacar que a avaliação do público alvo foi mais positiva que a avaliação dos demais profissionais (grupo 1), superando as expectativas em relação a possíveis obstáculos para uso do material, provenientes de dificuldade de entendimento do assunto e do uso de computadores. No entanto, a avaliação indica que alguns ajustes podem ser feitos para melhorar aspectos relacionados à facilidade de navegação e à fonte, cor e legibilidade dos textos.

Quadro 28 – Frequência de respostas de todos os avaliadores (grupo 1 e 2*) para cada escore, frequência, em percentagem, dos escores iguais ou superiores a sete (7) e média de escores, para a avaliação dos diferentes atributos relacionados aos aspectos gerais do ambiente multimídia, apresentação e organização dos módulos.

Tópicos Avaliados	Frequência dos escores									Escore ≥ 7 (%)	Média dos escores
	<u>9</u>	<u>8</u>	<u>7</u>	6	5	4	3	2	1		
Aspectos visuais da interface (apresentação das telas, estética e qualidade gráfica dos ambientes, cores e imagens)	16	5	1	1	-	-	-	-	-	95,65	8,57
Fonte, cor e legibilidade dos textos	14	7	1	1	-	-	-	-	-	95,65	8,48
Qualidade das mídias (fotos digitais e vídeos)	8	13	2	-	-	-	-	-	-	100,00	8,26
Facilidade de navegação pelos ambientes por usuários não treinados	9	9	3	2	-	-	-	-	-	91,30	8,09
Qualidade das informações escritas	17	5	1	-	-	-	-	-	-	100,00	8,70
Sequência lógica da apresentação do conteúdo	9	12	1	1	-	-	-	-	-	95,65	8,26

* Avaliadores do grupo 1 e 2 englobam os profissionais relacionados ao setor lácteo e o público alvo (proprietários, gerentes e técnicos que atuam na indústria de laticínios).

Quadro 29 - Frequência de respostas dos avaliadores do grupo 2* (público alvo) para cada escore, frequência, em porcentagem, dos escores iguais ou superiores a sete (7) e média de escores, para a avaliação dos diferentes atributos relacionados aos aspectos gerais do ambiente multimídia, apresentação e organização dos módulos.

Tópicos Avaliados	Frequência dos escores									Escore ≥ 7 (%)	Média dos escores
	<u>9</u>	<u>8</u>	<u>7</u>	6	5	4	3	2	1		
Aspectos visuais da interface (apresentação das telas, estética e qualidade gráfica dos ambientes, cores e imagens)	5	-	-	-	-	-	-	-	-	100,00	9,00
Fonte, cor e legibilidade dos textos	3	1	-	1	-	-	-	-	-	80,00	8,20
Qualidade das mídias (fotos digitais e vídeos)	1	4	-	-	-	-	-	-	-	100,00	8,20
Facilidade de navegação pelos ambientes por usuários não treinados	3	2	-	-	-	-	-	-	-	100,00	8,60
Qualidade das informações escritas	5	-	-	-	-	-	-	-	-	100,00	9,00
Sequência lógica da apresentação do conteúdo	4	1	-	-	-	-	-	-	-	100,00	8,80

*Avaliadores do grupo 2 englobam o público alvo (proprietários, gerentes e técnicos que atuam na indústria de laticínios).

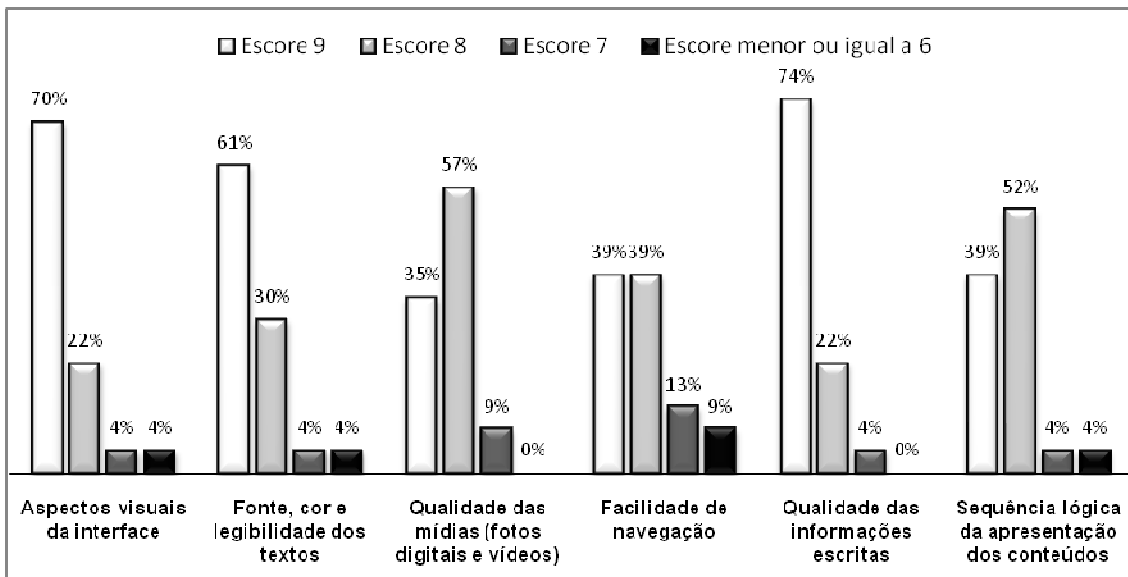


Figura 47 - Frequência de respostas de todos os avaliadores (grupo 1 e 2) para os escores 9, 8, 7 e menores ou igual a 6, em relação à avaliação dos diferentes atributos relacionados aos aspectos gerais do ambiente multimídia, apresentação e organização dos módulos.

4.10.2- Aspectos específicos sobre apresentação e organização de cada módulo no ambiente multimídia

Em relação aos aspectos específicos sobre apresentação e organização de cada módulo, foram solicitadas avaliações referentes aos seguintes atributos: quantidade de informação disponível, recursos multimídia utilizados e organização dos tópicos para o entendimento do assunto; adequação do conteúdo ao público alvo; e, por fim, foi solicitada uma avaliação geral sobre cada módulo do ambiente multimídia.

Nas Figuras 48 e 49 estão apresentados os resultados da frequência de escores para a avaliação geral (todos os avaliadores) e os resultados da avaliação pelo público alvo (grupo 2) respectivamente, em relação aos atributos: quantidade de informação disponível, recursos multimídia utilizados e organização dos tópicos para o entendimento do assunto, para cada um dos módulos instrucionais. No Quadro 30 estão apresentados os resultados das médias dos escores para os diferentes grupos de avaliadores.

Para o resultado da avaliação geral (todos os avaliadores), observa-se que os módulos “educação ambiental”, “programa de treinamento sobre BPA” e “aproveitamento de subprodutos” obtiveram 100% dos escores iguais ou

superiores a 7,0 em relação aos atributos avaliados. Os módulos sistema de gestão ambiental e resíduos obtiveram 96% dos escores iguais ou superiores a 7,0, sendo 4% dos escores iguais ou inferiores a 6,0. É importante ressaltar que, apesar de ter obtido 4% dos escores iguais ou inferiores a 6,0, o módulo sistema de gestão ambiental recebeu a melhor avaliação com média de escores igual a 8,70, sendo que 78% dos avaliadores deram escore igual a 9,0 (nota máxima). A segunda melhor avaliação foi para o módulo “educação ambiental”, com média de escores igual a 8,48. O módulo “resíduos” recebeu a pior avaliação, com média de escores igual a 8,26, sendo que os demais receberam média de escores variando entre 8,30 e 8,43.

Em relação ao resultado da avaliação pelo público alvo pode-se observar que todos os módulos receberam 100% dos escores iguais ou superiores a 8,0 em relação aos atributos avaliados. Merece destaque o módulo “resíduos”, que recebeu a melhor avaliação, com média de escores igual a 9 – ou seja, 100% dos avaliadores deram nota máxima. Em seguida, com média de escores igual a 8,80 e 80% dos avaliadores conferindo nota máxima ficaram os módulos educação ambiental e sistema de gestão ambiental. O módulo programa de treinamento sobre BPA recebeu média de escores igual a 8,60, sendo a pior avaliação conferida para o módulo aproveitamento de subprodutos, com média de escores igual a 8,40.

Pode-se observar que a média de escores da avaliação pelo público alvo foi superior à obtida por todos os avaliadores, o que confirma a tendência de uma avaliação mais positiva pelo público alvo. É importante ressaltar que o módulo “resíduos” recebeu a melhor avaliação pelo público alvo e a pior avaliação por parte dos demais avaliadores. Essa divergência pode estar relacionada ao maior grau de importância dado a esse módulo pelo público alvo, quando comparado aos demais avaliadores. O que talvez possa ser justificado pelo fato desse módulo fazer uma análise detalhada dos aspectos ambientais de cada linha de processamento, discutindo uma realidade mais próxima da rotina do público alvo.

Quadro 30 - Média dos escores obtida pela avaliação dos diferentes grupos de avaliadores para os cinco módulos, em relação aos seguintes atributos: quantidade de informação disponível, recursos multimídia utilizados e organização dos tópicos para o entendimento do assunto.

Tópicos Avaliados	Média dos Escores	
	Todos os Avaliadores	Público Alvo
Módulo Educação Ambiental	8,48	8,80
Módulo Sistema de Gestão ambiental	8,70	8,80
Módulo Resíduos	8,26	9,00
Módulo Programa de Treinamento sobre BPA	8,43	8,60
Módulo Aproveitamento de Subprodutos	8,30	8,40

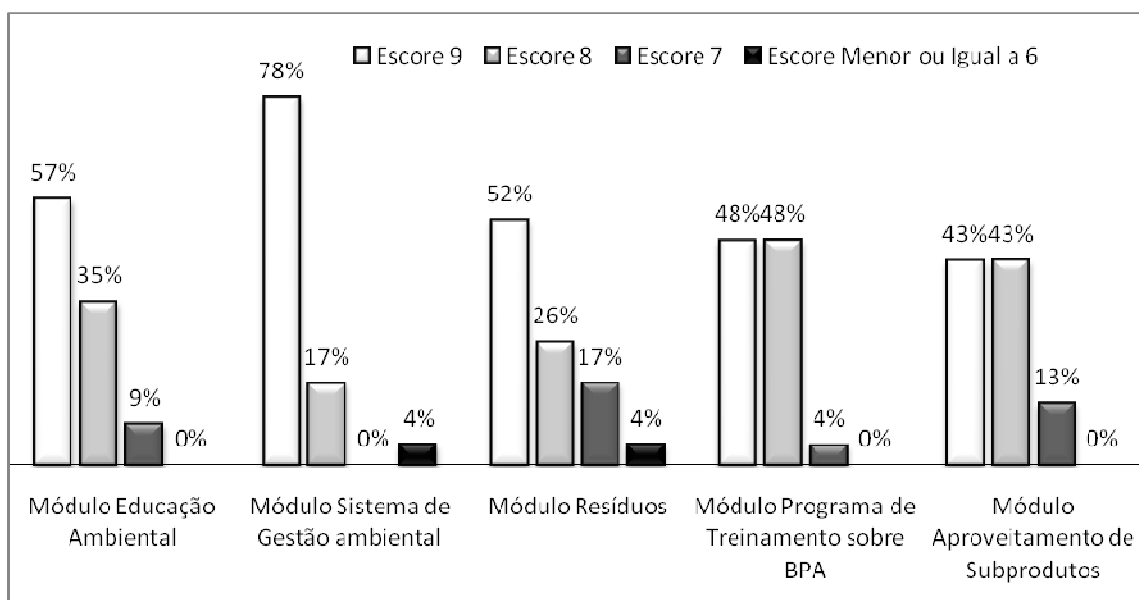


Figura 48 - Resultado da avaliação geral (todos os avaliadores) dos cinco módulos instrucionais em relação aos atributos: quantidade de informação disponível, recursos multimídia utilizados e organização dos tópicos para o entendimento do assunto.

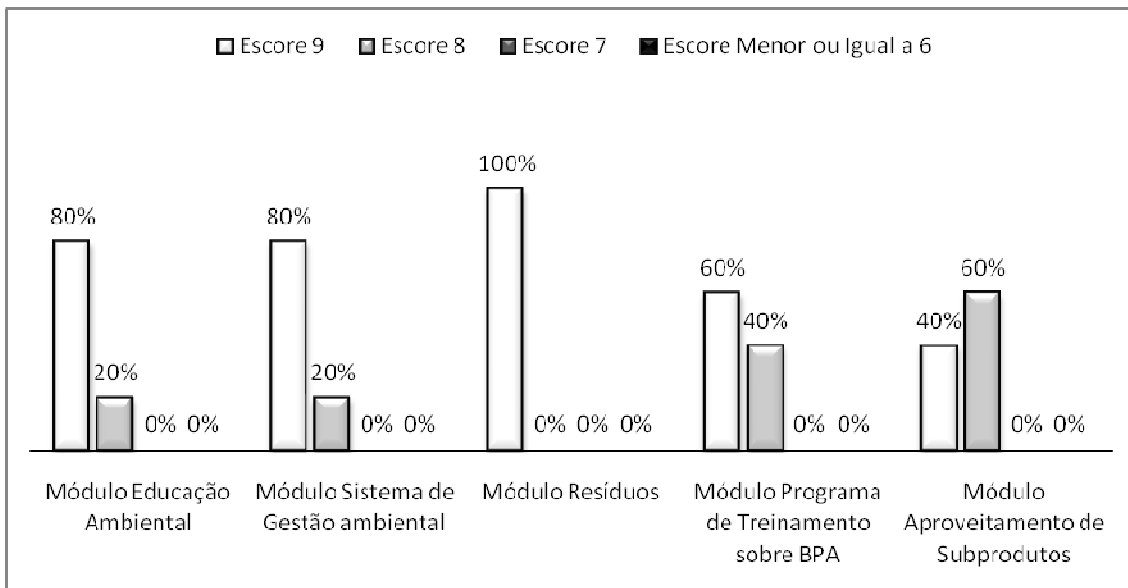


Figura 49 - Resultado da avaliação, pelo público alvo, dos cinco módulos instrucionais em relação aos atributos: quantidade de informação disponível, recursos multimídia utilizados e organização dos tópicos para o entendimento do assunto.

De modo geral, os resultados obtidos para os cinco módulos instrucionais mostram uma avaliação excelente em relação aos atributos: quantidade de informação disponível, recursos multimídia utilizados e organização dos tópicos para o entendimento do assunto. Vale destacar que a avaliação do público alvo foi mais positiva que a avaliação geral.

Nas Figuras 50 e 51 estão apresentados os resultados da avaliação geral (todos os avaliadores) e os resultados da avaliação do público alvo, respectivamente, em relação ao atributo “adequação do conteúdo ao público alvo”, para cada um dos módulos instrucionais.

Pelo resultado da avaliação geral (todos os avaliadores), pode-se observar que os módulos “resíduos” e “programa de treinamento sobre BPA” obtiveram 100% dos escores iguais ou superiores a 7,0, em relação ao atributo avaliado. Os módulos educação ambiental, sistema de gestão ambiental e aproveitamento de subprodutos obtiveram 96% dos escores iguais ou superiores a 7,0, sendo 4% dos escores iguais ou inferiores a 6,0. É importante ressaltar que apesar de ter obtido 4% dos escores iguais ou inferiores a 6 o módulo educação ambiental recebeu a melhor avaliação em relação à

adequação do conteúdo ao público alvo, com média de escores igual a 8,65, sendo que 78% dos avaliadores deram escores igual a nove (nota máxima).

Em relação ao resultado da avaliação pelo público alvo, pode-se notar que todos os módulos receberam 100% dos escores iguais ou superiores a 8,0 em relação ao atributo adequação do conteúdo ao público alvo. Merecem destaque os módulos “educação ambiental”, “sistema de gestão ambiental” e “resíduos”, que obtiveram 100%, 80% e 80% dos escores igual ao valor máximo (9), respectivamente.

Como pode ser observado no Quadro 31, pela avaliação geral (todos os avaliadores), o módulo “programa de treinamento sobre BPA” recebeu a segunda melhor avaliação, com média de escores igual a 8,61, sendo que os demais módulos receberam escore médio igual ou superior a 8,35. Pela avaliação do público alvo, semelhante ao observado para a avaliação geral, a maior média de escore foi obtida pelo módulo educação ambiental, sendo igual ao escore máximo (9), seguido dos módulos “sistema de gestão ambiental” e resíduos, com média de escore igual a 8,80. Os demais módulos receberam escore médio igual a 8,40. Esse resultando confirma a tendência de média de escores do público alvo superior à média obtida por todos os avaliadores, além de reforçar o grande potencial de utilização do material como apoio no treinamento e na conscientização para a aplicação de práticas ambientais adequadas.

Quadro 31 - Média dos escores obtida pela avaliação dos diferentes grupos de avaliadores em relação à adequação do conteúdo ao público alvo.

Tópicos Avaliados	Média dos Escores	
	Todos os Avaliadores	Público Alvo
Módulo Educação Ambiental	8,65	9,00
Módulo Sistema de Gestão ambiental	8,43	8,80
Módulo Resíduos	8,57	8,80
Módulo Programa de Treinamento sobre BPA	8,61	8,40
Módulo Aproveitamento de Subprodutos	8,35	8,40

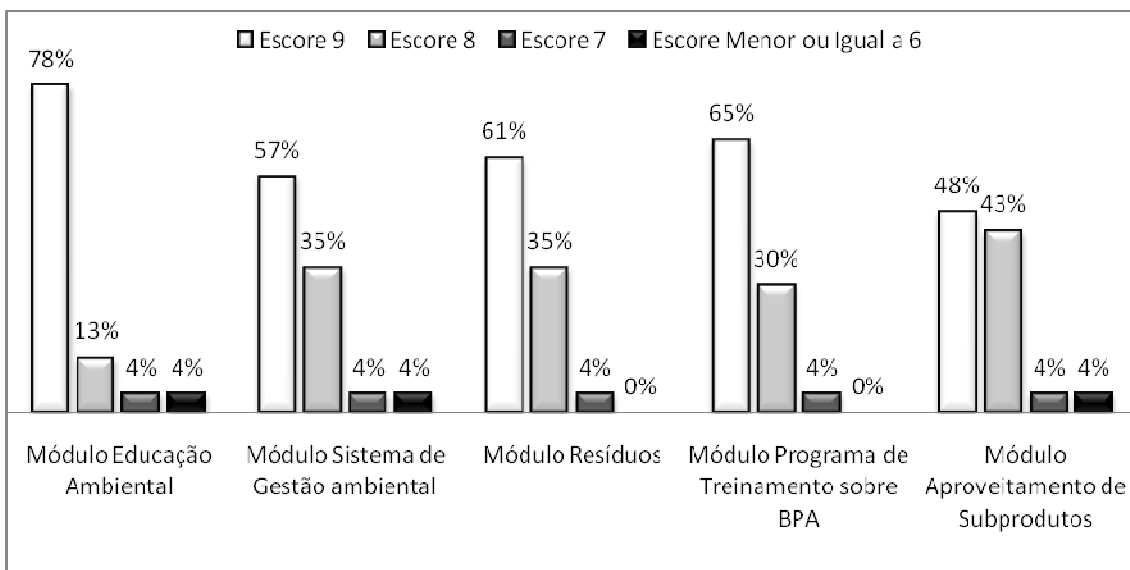


Figura 50 - Resultado da avaliação dos cinco módulos instrucionais, por todos os avaliadores (grupo 1 e 2), em relação ao atributo adequação do conteúdo ao público alvo.

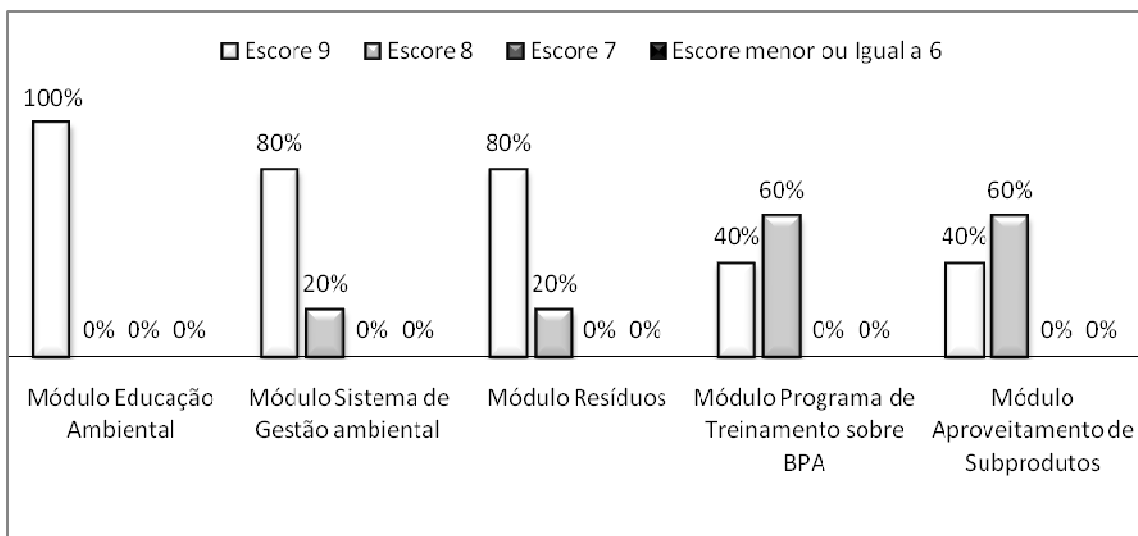


Figura 51 - Resultado da avaliação dos cinco módulos instrucionais, pelo público alvo, em relação ao atributo "adequação do conteúdo ao público alvo".

Nas Figuras 52 e 53 estão apresentados os resultados da avaliação de todos os avaliadores e os resultados da avaliação pelo público alvo, respectivamente, em relação ao atributo "avaliação geral de cada um dos módulos instrucionais".

Pelo resultado geral da avaliação (todos os avaliadores), pode-se observar que todos módulos obtiveram 100% dos escores iguais ou superiores a 7,0 em relação à avaliação geral, exceto o módulo “aproveitamento de subprodutos” e os tópicos “saiba mais”, “glossário” e “legislação” que obtiveram 4% dos escores iguais ou inferiores a 6,0. É válido ressaltar que o módulo “programa de treinamento sobre BPA” recebeu a melhor avaliação, com média de escores igual a 8,57, sendo que 65% dos avaliadores deram escore igual a nove (nota máxima).

Em relação ao resultado da avaliação pelo público alvo, pode-se observar que todos os módulos receberam 100% dos escores iguais ou superiores a 8,0 em relação à avaliação geral. Merecem destaques os módulos “educação ambiental”, “resíduos”, “programa de treinamento sobre BPA” e o tópico “glossário”, que obtiveram 80% dos escores igual ao valor máximo (9). No entanto, a melhor avaliação foi para o tópico “legislação”, com média de escores igual a 9,0, ou seja, 100% dos avaliadores deram nota máxima.

Como pode ser observado no Quadro 32, pela avaliação geral (todos os avaliadores), a segunda melhor avaliação foi para o tópico legislação, com média de escores igual a 8,52, seguido do módulo “sistema de gestão ambiental”, com 8,43. Os demais módulos receberam escore médio entre 8,30 e 8,39. Pela avaliação do público alvo, os módulos “educação ambiental”, “resíduos” e “programa de treinamento sobre BPA” receberam escore médio igual a 8,80, correspondendo à segunda melhor avaliação. O escore médio dos demais módulos foi igual a 8,60. Esse resultado confirma que o material é adequado ao público alvo e sugere que os recursos de mídia e as informações disponibilizadas atendem às expectativas do usuário. Esse resultado extremamente positivo pode estar relacionado também à carência de informações em relação a esse tema, reforçando a importância do material para a indústria de laticínios.

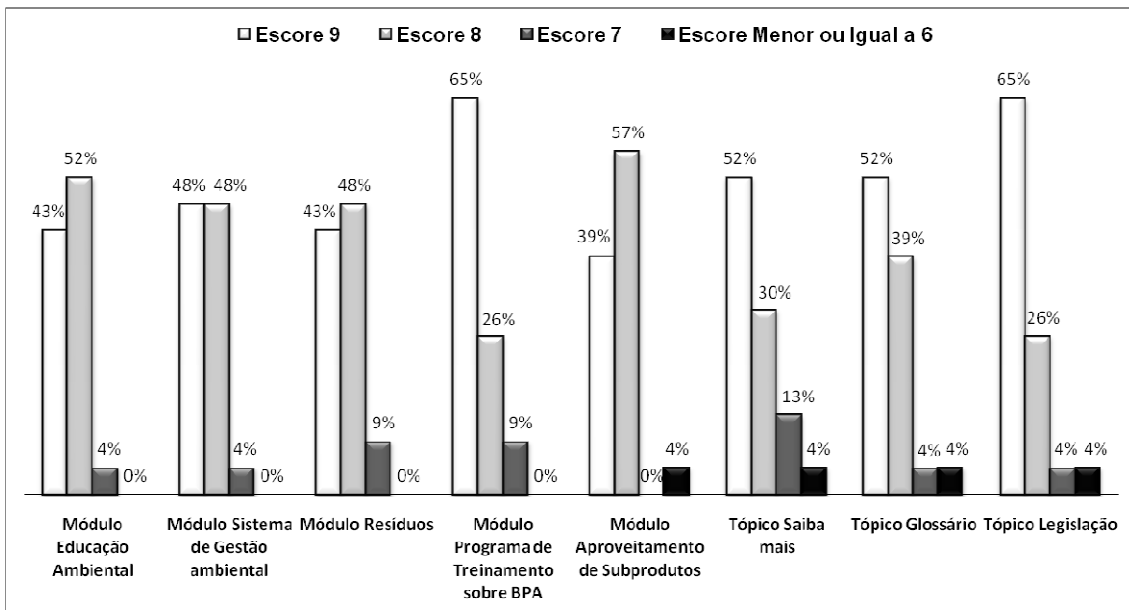


Figura 52 - Resultado geral da avaliação (todos os avaliadores) em relação à avaliação geral dos módulos instrucionais.

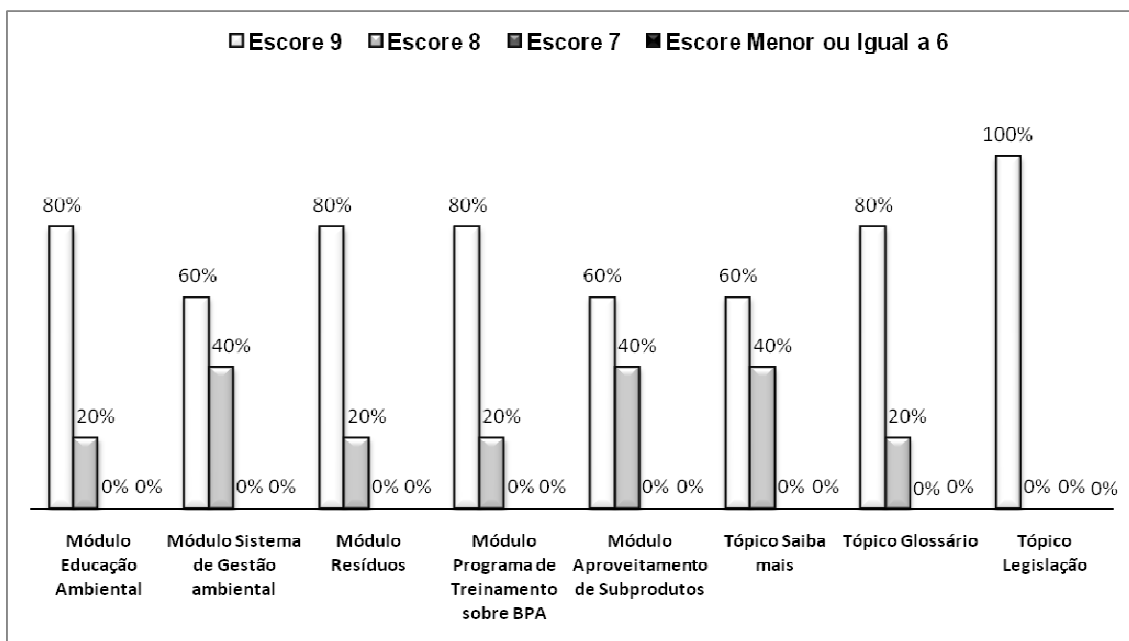


Figura 53 - Resultado da avaliação, pelo público alvo, em relação à avaliação geral dos módulos instrucionais.

Quadro 32 - Média dos escores em relação à avaliação geral dos módulos instrucionais para os diferentes grupos de avaliadores

Tópicos Avaliados	Média dos Escores	
	Todos os Avaliadores	Público Alvo
Módulo Educação Ambiental	8,39	8,80
Módulo Sistema de Gestão ambiental	8,43	8,60
Módulo Resíduos	8,35	8,80
Módulo Programa de Treinamento sobre BPA	8,57	8,80
Módulo Aproveitamento de Subprodutos	8,30	8,60
Avaliação geral do tópico Saiba mais	8,30	8,60
Avaliação geral do tópico Glossário	8,35	8,80
Avaliação geral do tópico Legislação	8,52	9,00

Para finalizar a avaliação específica do sistema multimídia, foi solicitado aos avaliadores que assinalassem as mudanças mais significativas que cada um sugeria para o material multimídia. O resultado dessa avaliação está apresentado na Figura 54. Pode-se observar que, para o grupo de todos os avaliadores, a sugestão de alteração mais assinalada refere-se a modificações na forma de apresentação dos conteúdos, refletindo a opinião de 39% dos avaliadores. Na sequência, representando a escolha de 17%, estão as sugestões de modificações na interface e outras modificações. Enquanto 13% dos avaliadores sugeriram modificações nos recursos multimídias utilizados, apenas 4% sugeriram modificações no conteúdo propriamente dito e 9% não sugeriram alguma alteração. Em relação à avaliação pelo público alvo, observa-se um comportamento ligeiramente diferenciado do grupo de todos os avaliadores, sendo que 40% sugeriram outras modificações ou não sugeriram nenhuma alteração. Enquanto 20% sugeriram alterações no visual da interface, nenhum dos avaliadores sugeriu alterações no conteúdo, forma de apresentação ou recursos multimídias utilizados. As sugestões de outras alterações resumem-se em alterações na cor da interface, melhoria nas combinações entre a cor da fonte e a cor de fundo de alguns slides (principalmente fluxogramas) e sugestão de alteração no treinamento sobre BPA, porém não foi especificado o tipo de alteração. Esse resultado reafirma a

grande aceitação pelo sistema multimídia, sendo realizadas sugestões de alterações superficiais, as quais não alteram a estrutura básica do sistema. Além disso, é importante ressaltar que nenhum dos atributos avaliados recebeu escores iguais ou inferiores a 3,0, o que significa que nenhum dos avaliadores considerou qualquer atributo desfavorável.

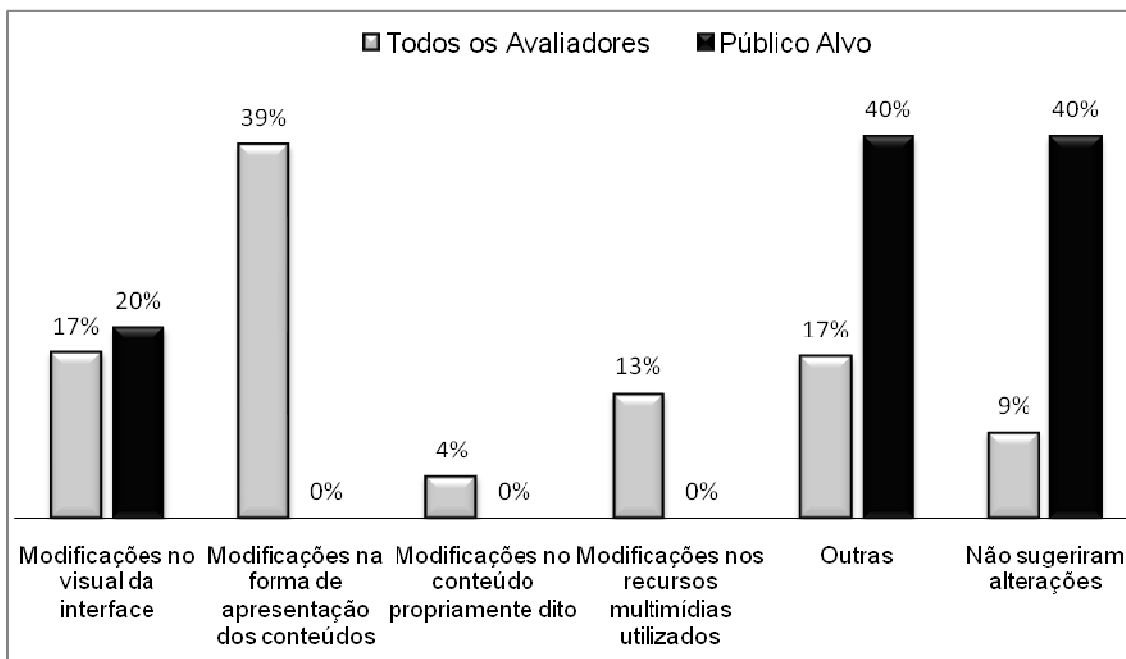


Figura 54 - Frequência de resposta para as principais sugestões de alterações no ambiente multimídia, de acordo com os diferentes grupos de avaliadores.

4.11- Avaliação do software de diagnóstico e simulação

O software foi avaliado em relação aos aspectos específicos, que incluem: apresentação das telas, estética e qualidade gráfica dos ambientes, cores e imagens na interface; facilidade de navegação pelos ambientes por usuários não treinados; legibilidade do texto e clareza das informações solicitadas nos questionários de cada linha de produção; organização, clareza e relevância das informações disponibilizadas nos relatórios por linha de produção e aspectos gerais da indústria; organização, clareza e relevância das informações disponibilizadas no relatório de simulação e dimensionamento da ETE; e adequação e utilidade das informações geradas nos relatórios ao público-alvo. Por fim, foi solicitada uma avaliação geral de cada uma das interfaces (telas) do software.

Nas Figuras 55 e 56 estão apresentados, respectivamente, os resultados da avaliação de todos os avaliadores e os resultados da avaliação pelo público alvo, em relação aos diferentes atributos relacionados aos aspectos específicos enumerados acima.

Pelo resultado da avaliação geral (todos os avaliadores), pode-se observar que os atributos “legibilidade do texto” e “clareza das informações solicitadas nos questionários de cada linha de produção”; “organização, clareza e relevância das informações disponibilizadas nos relatórios por linha de produção e aspectos gerais da indústria”; e “adequação e utilidade das informações geradas nos relatórios ao público-alvo” obtiveram 100% dos escores iguais ou superiores a 7,0. Os atributos “apresentação das telas, estética e qualidade gráfica dos ambientes, cores e imagens na interface”; “facilidade de navegação pelos ambientes por usuários não treinados”; e “organização, clareza e relevância das informações disponibilizadas no relatório de simulação e dimensionamento da ETE” obtiveram 96% dos escores iguais ou superiores a 7,0, sendo 4% iguais ou inferiores a 6,0. Conforme o resultado da média de escores apresentado no Quadro 33, verifica-se que o atributo “organização, clareza e relevância das informações disponibilizadas nos relatórios por linha de produção e aspectos gerais da indústria” recebeu a melhor avaliação, com média de escores igual a 8,52, sendo que 57% dos avaliadores conferiram escore igual a 9,0 (nota máxima).

Em relação ao resultado da avaliação pelo público alvo observa-se que todos os atributos receberam 100% dos escores iguais ou superiores a 8,0. Merece destaque o atributo adequação e utilidade das informações geradas nos relatórios ao público-alvo, que obteve 80% dos escores igual a 9,0 (valor máximo), recebendo a melhor avaliação, com média de escores igual a 8,80.

Pode-se observar pela avaliação geral (todos os avaliadores), que o atributo “facilidade de navegação pelos ambientes por usuários não treinados” recebeu a menor média de escores, correspondente a 8,04, sendo que os demais atributos receberam média de escores igual a 8,30. Seguindo a tendência observada para o sistema multimídia, a avaliação do público alvo em relação aos atributos específicos do software obteve média de escores ligeiramente superiores aos valores de todos os avaliadores. Além da maior média de escore recebida pelo atributo “adequação e utilidade das informações

geradas nos relatórios ao público-alvo”, os demais atributos receberam médias de escores variando entre 8,40 e 8,60. Esse resultado pode ser considerado muito positivo e sugere um grande potencial de aplicação do software para o auxílio na tomada de decisões sobre o controle ambiental adequado na indústria de laticínios.

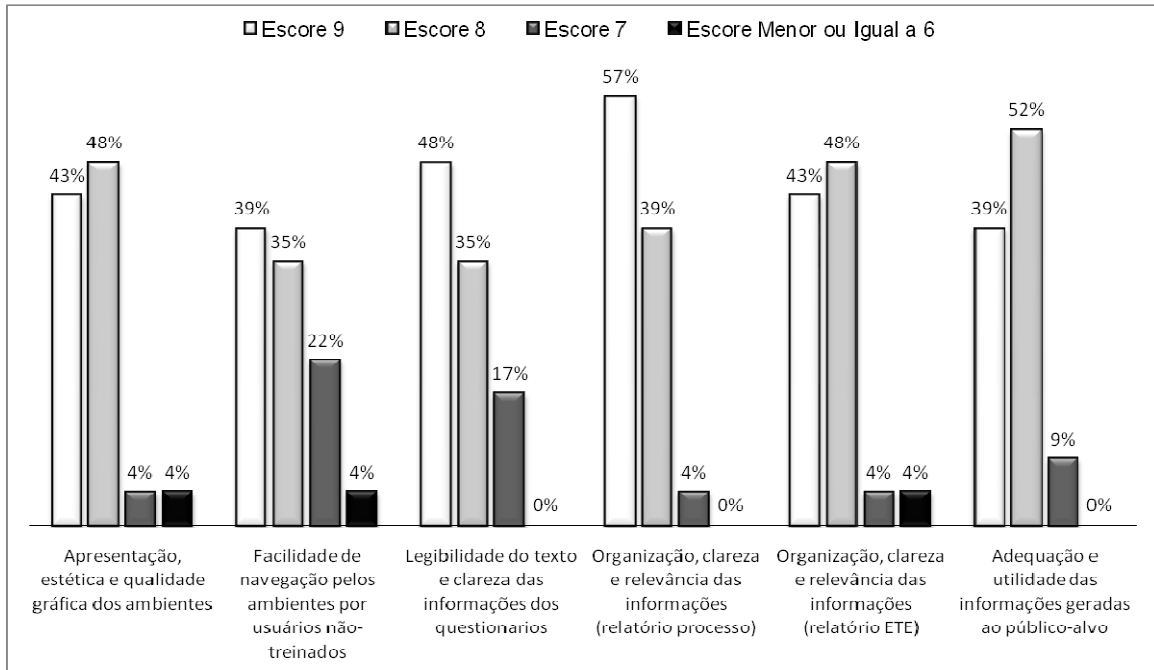


Figura 55 - Resultado da avaliação geral (todos os avaliadores) em relação aos atributos específicos do software.

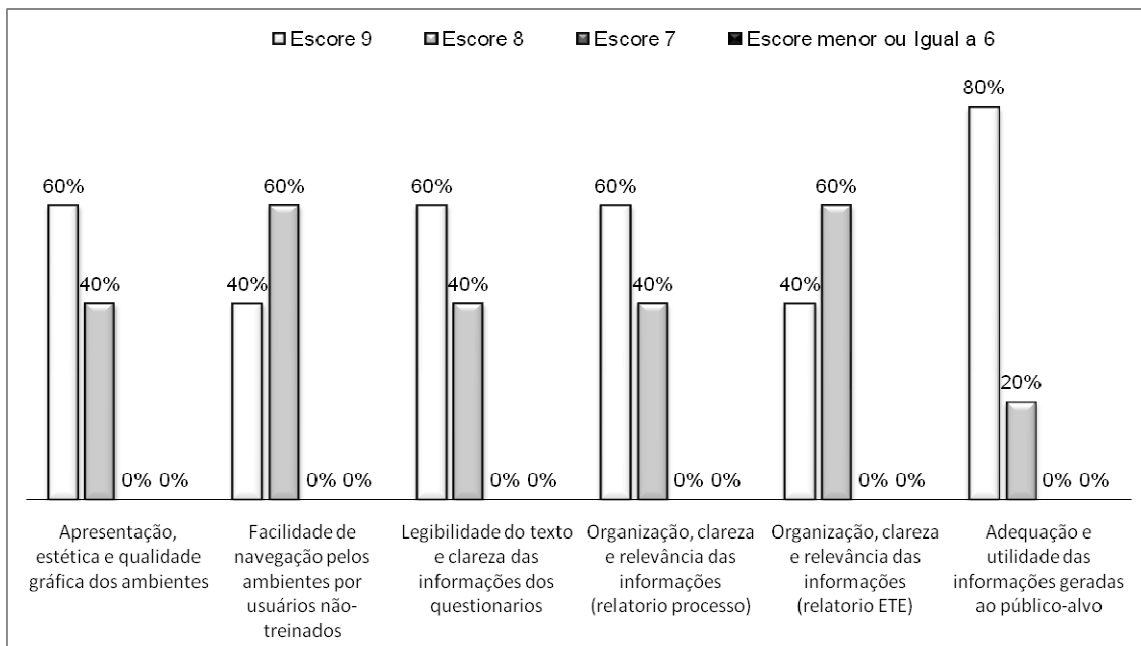


Figura 56 - Resultado da avaliação pelo público alvo em relação aos atributos específicos do software.

Quadro 33 - Média dos escores em relação à avaliação dos atributos específicos do software de diagnóstico e simulação para os diferentes grupos de avaliadores.

Tópicos Avaliados	Média dos Escores	
	Todos os Avaliadores	Público-Alvo
Apresentação das telas, estética e qualidade gráfica dos ambientes, cores e imagens na interface	8,30	8,60
Facilidade de navegação pelos ambientes por usuários não treinados	8,04	8,40
Legibilidade do texto e clareza das informações solicitadas nos questionários de cada linha de produção	8,30	8,60
Organização, clareza e relevância das informações disponibilizadas nos relatórios por linha e aspectos gerais da indústria	8,52	8,60
Organização, clareza e relevância das informações disponibilizadas no relatório de simulação e dimensionamento da ETE	8,30	8,40
Adequação e utilidade das informações geradas nos relatórios ao público-alvo	8,30	8,80

O resultado da avaliação geral de cada uma das interfaces (telas) do Software por todos os avaliadores e pelo público alvo está apresentado nas Figuras 57 e 58, respectivamente.

De acordo com a avaliação de todos os avaliadores, todas as interfaces do software receberam 100% dos escores iguais ou superiores a 7,0, exceto a interface “tela com os questionários por produto”, que obteve 96% dos escores iguais ou superiores a 7,0 e 4% iguais ou inferiores a 6,0.

Pela avaliação do público alvo, todas as interfaces receberam 100% dos escores iguais ou superiores a 8,0, sendo que as interfaces “tela inicial de cadastro e login do usuário” e “tela de cadastro ou alteração dos dados de uma empresa” receberam 80% dos escores iguais a 9,0 (valor máximo).

No Quadro 34 está representada a média dos escores para os diferentes grupos de avaliadores em relação à avaliação geral de cada interface do software. Pode-se observar, pela visão geral (todos os avaliadores), que todos os atributos receberam praticamente a mesma média de escores, que variou

entre 8,39 e 8,52. Em relação à avaliação pelo público alvo, seguindo comportamento semelhante aos outros atributos avaliados, obteve-se média de escores ligeiramente superiores aos valores conferidos por todos os avaliadores. Os atributos “tela inicial de cadastro e login do usuário” e “tela de cadastro ou alteração dos dados de uma empresa” receberam a maior média de escores, correspondente a 8,80. Os demais atributos receberam médias de escores variando entre 8,40 e 8,60. Esse resultado reflete uma boa aceitação por todos os ambientes do software e sugerem que não ocorreram dificuldades na navegação e interpretação das informações solicitadas ou fornecidas pelo software.

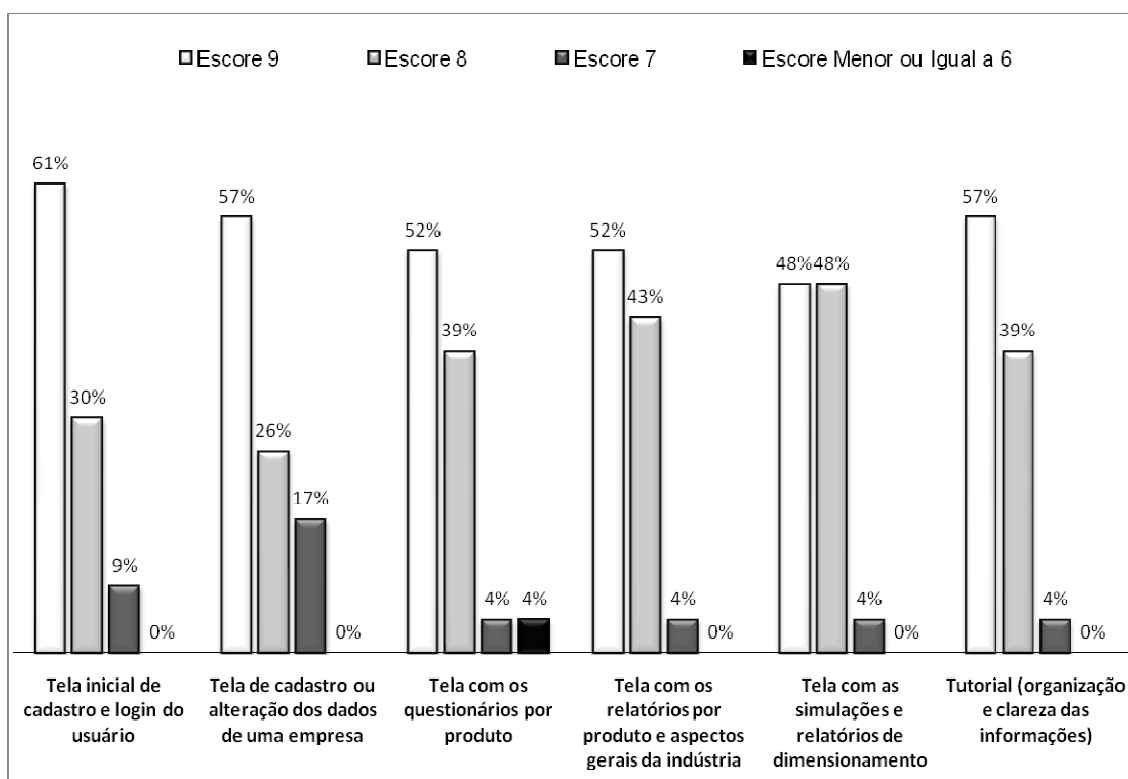


Figura 57 - Resultado da avaliação geral de cada uma das interfaces do software pelos diferentes grupos de avaliadores.

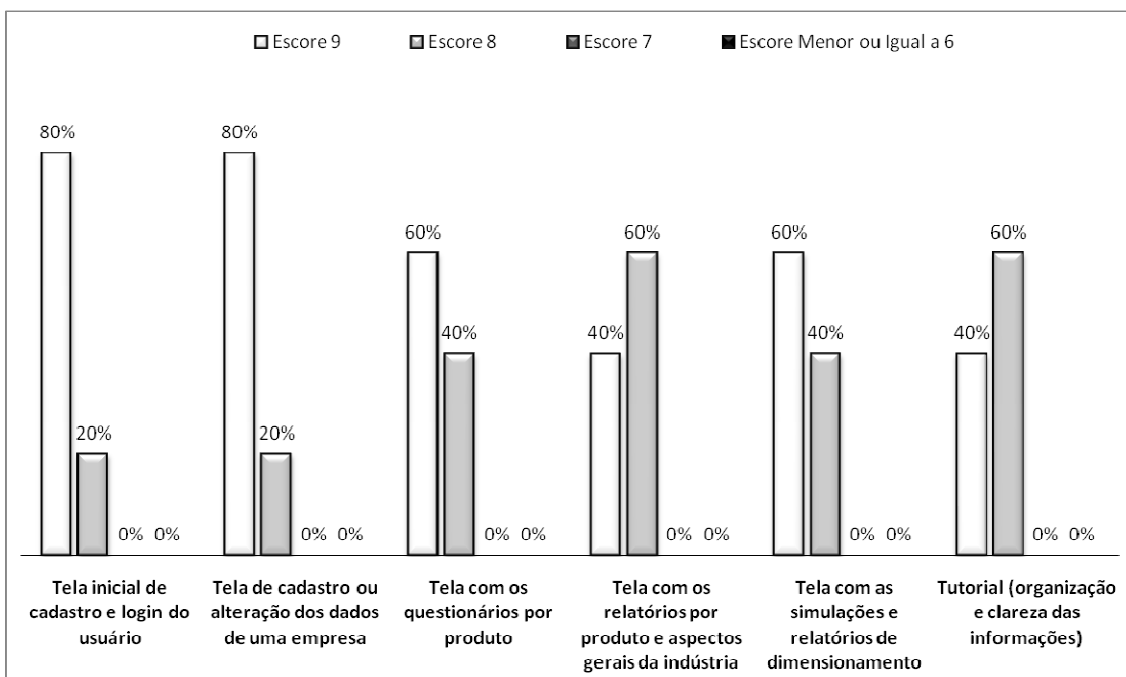


Figura 58 - Resultado da avaliação geral de cada uma das interfaces do software pelo público alvo.

Quadro 34 - Média dos escores em relação à avaliação geral de cada uma das interfaces do software de diagnóstico e simulação pelos diferentes grupos de avaliadores.

Tópicos Avaliados	Média dos Escores	
	Todos os Avaliadores	Público-Alvo
Tela inicial de cadastro e login do usuário	8,52	8,80
Tela de cadastro ou alteração dos dados de uma empresa	8,39	8,80
Tela com os questionários por produto	8,39	8,60
Tela com os relatórios por produto e aspectos gerais da indústria	8,48	8,40
Tela com as simulações e relatórios de dimensionamento	8,43	8,60
Tutorial (organização e clareza das informações)	8,52	8,40

4.12- Questões complementares sobre avaliação do ambiente multimídia e do software de diagnóstico e simulação

Para finalizar a avaliação do ambiente multimídia e do software de diagnóstico ambiental e simulação, foram aplicadas questões complementares, as quais solicitam aos avaliadores que opinassem sobre os seguintes itens: quais benefícios o material (ambiente multimídia e software) pode proporcionar como suporte para a gestão ambiental na indústria de laticínios; possíveis obstáculos esperados na utilização deste material pelo público alvo (proprietários, gerentes, técnicos e colaboradores da indústria de laticínios); além de questões abertas, solicitando que outras informações e/ou, ferramentas possam ser acrescentadas ao ambiente multimídia e ao software de diagnóstico ambiental e simulação; e, para finalizar, críticas e sugestões foram solicitadas.

Na Figura 59 estão apresentados os resultados da avaliação geral (todos os avaliadores) e da avaliação pelo público alvo, em relação ao questionamento: “Quais benefícios esse material pode proporcionar como suporte para a gestão ambiental na indústria de laticínios?”.

Pelo resultado da avaliação geral (todos os avaliadores) pode-se observar que o potencial de utilização do material para auxiliar na implantação de práticas adequadas de gestão ambiental na indústria é visto como o principal benefício que ele pode proporcionar, refletindo a opinião de 91% dos avaliadores. Em seguida, com 87% da opinião dos avaliadores, foi apontado o potencial de orientação da gerência e colaboradores em relação às práticas preventivas de controle ambiental. Os demais benefícios sugeridos na questão como opção de escolha também foram selecionados pela maioria, sendo que 83% concordam com o potencial de utilização do material para treinamento e desenvolvimento pessoal, 70% escolheram a contribuição para criar uma consciência ambiental em todos os níveis da empresa, e 52% concordam que o material pode contribuir para aumentar a interação entre gerência, equipe técnica e colaboradores. Além disso, 9% dos avaliadores apontaram outros benefícios.

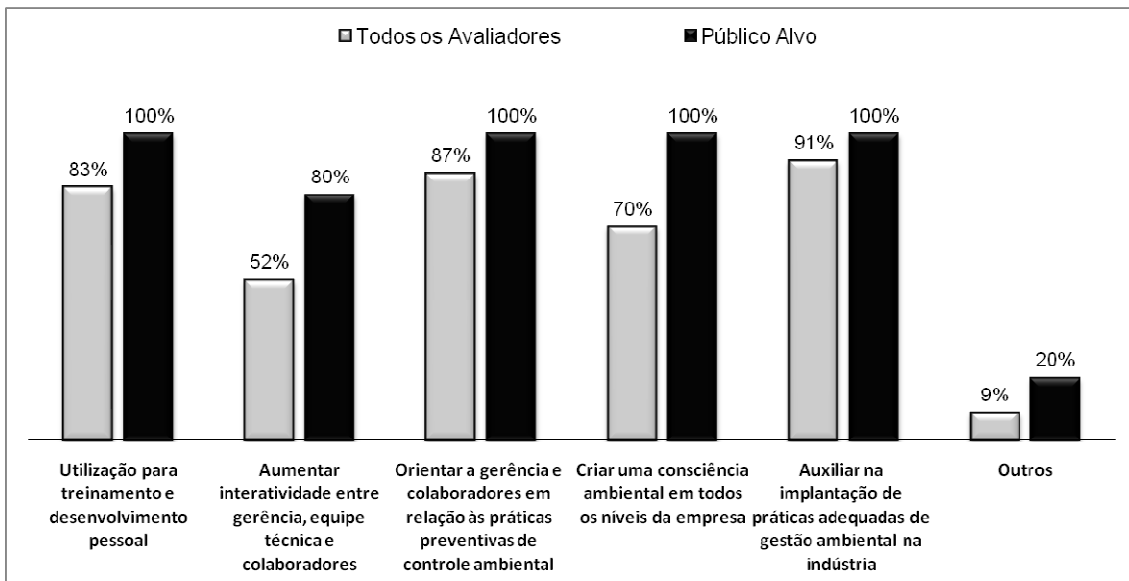


Figura 59 - Resultado da avaliação pelos diferentes grupos de avaliadores em relação ao questionamento: “Quais benefícios esse material pode proporcionar como suporte para a gestão ambiental na indústria de laticínios?”

Em relação à avaliação pelo público alvo, 100% concordam com o potencial do material para proporcionar todos os benefícios sugeridos como opções de escolha no questionário, exceto em relação à possibilidade de aumentar a interação entre gerência, equipe técnica e colaboradores, que foi escolhida como sendo a opinião de 80% dos avaliadores. Os outros 20% apontaram outros benefícios além dos sugeridos na questão. Os outros benefícios apontados pelos dois grupos de avaliadores podem ser resumidos em relação à possibilidade de auxiliar na tomada de decisão sobre o tipo de Estação de Tratamento de Efluente (ETE) a ser implantada e à possibilidade de melhoria do relacionamento com a comunidade.

Esse resultado reflete uma avaliação muito positiva em relação aos possíveis benefícios que o material pode proporcionar, sendo o público alvo mais otimista que os demais avaliadores.

Na Figura 60 estão apresentados os resultados da avaliação pelos diferentes grupos de avaliadores, em relação ao questionamento: “Assinale os possíveis obstáculos que você espera na utilização deste material pelo público alvo (proprietários, gerentes, técnicos e colaboradores da indústria de laticínios)”.

Pelo resultado da avaliação, é possível observar para os dois grupos de avaliadores que a não participação foi apontada como o principal possível obstáculo na utilização do material, sendo a opinião de 61% de todos avaliadores e de 40% do público alvo. Na sequência, foram apontados como possíveis obstáculos a falta de domínio no uso de computadores e seus recursos, sendo a opinião de 52% de todos avaliadores e 20% do público alvo, além da complexidade do assunto, refletindo a opinião de 30% de todos avaliadores e 20% do público alvo. Problemas técnicos na utilização do material e falta de adequação do material ao público alvo não foram apontados como possíveis obstáculos pelo público alvo, sendo a opinião de 22% e 13% de todos os avaliadores, respectivamente. Outros possíveis obstáculos foram apontados por 4% de todos os avaliadores e 20% do público alvo. Eles podem ser resumidos à dificuldade de acesso à internet.

A escolha da não participação pela maioria dos avaliadores como sendo o principal possível obstáculo para utilização do material pode estar relacionada à dificuldade que se espera na conscientização dos colaboradores, constituídos por uma mão-de-obra pouco qualificada, o que reflete inclusive um problema cultural. É importante ressaltar que um dos objetivos do material (módulo educação ambiental) é trabalhar a conscientização em todos os níveis da organização. No entanto, para o sucesso dessa etapa, é fundamental que ocorra a definição de uma política de melhoria ambiental com objetivos, metas e indicadores claros, que orientem a busca pela eficiência ambiental, integrada a uma política de valorização e motivação dos colaboradores. A definição dessa política de melhoria ambiental só ocorrerá se antes ocorrer uma conscientização da alta gerência, o que pode ser o maior obstáculo a ser vencido.

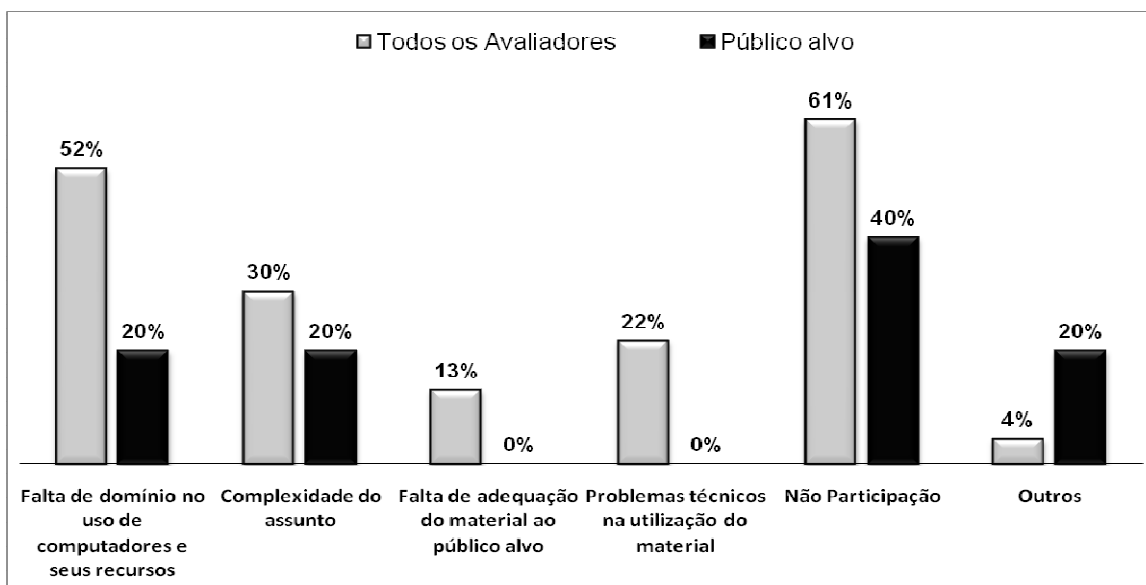


Figura 60 - Resultado da avaliação pelos diferentes grupos de avaliadores em relação ao questionamento: “Assinale os possíveis obstáculos que você espera na utilização deste material pelo público alvo (proprietários, gerentes, técnicos e colaboradores da indústria de laticínios)”.

A seguir é apresentado um resumo do resultado das opiniões dos avaliadores para as questões abertas. Em relação ao questionamento: “Para você, que outras informações e/ou, ferramentas poderiam ser acrescentadas ao ambiente multimídia e ao software de diagnóstico ambiental e simulação?” obteve as seguintes respostas:

Sistema multimídia:

- Criar apostilas em .pdf contendo os slides dos conteúdos de maior relevância;
- Acrescentar, ao sistema multimídia, um tópico sobre alternativas para aproveitamento ou destinação adequada dos resíduos sólidos;
- Acrescentar um tópico sobre fontes de emissões atmosféricas (como caldeira) e formas de controle;
- Acrescentar um tópico sobre os diferentes tipos de sistemas de tratamento de efluentes, contendo informações sobre o seu funcionamento, e sobre as vantagens e desvantagens de cada um;

- Criar um espaço para troca de experiências entre as empresas cadastradas, semelhantes a um fórum ou chat, onde elas possam discutir problemas e soluções;

Software de diagnóstico e simulação:

- Avaliar e acrescentar outras linhas de produção, como leite UHT, leite em pó e leite condensado. Avaliar outras possibilidades de tecnologias que podem ser utilizadas nas linhas de produção;
- Acrescentar ao software informações sobre custo operacional dos sistemas de tratamento de efluentes;

Pode-se observar, pelo resultado das opiniões dos avaliadores, que a maioria das sugestões se refere ao acréscimo de algum material complementar ao já disponibilizado, de forma a aumentar o suporte na tomada de decisão. Vale ressaltar a importância da sugestão de criação de um ambiente (fórum) para aumentar a interação entre as empresas. Todas as sugestões são positivas e não alteram a concepção básica do material.

Para finalizar o resultado da avaliação, é apresentado a seguir um resumo das críticas e sugestões dos avaliadores em relação ao sistema multimídia e ao software de diagnóstico e simulação:

Sistema multimídia:

- Criar um espaço público na página, para que os usuários deixem sugestões e comentem os resultados alcançados depois de implantar o SGA, ou uma página que permita ter um fórum e/ou chat para troca de informações, discussões de problemas e possíveis soluções entre os usuários. Isso ajudaria o intercâmbio de informações entre diferentes empresas, além de favorecer a divulgação do site.
- Criar alguns recursos, como download do material, para prever a questão das limitações que poderiam ser encontradas em alguns casos, em relação a uma internet lenta.
- Criar uma versão do material em CD, o que pode ser uma opção para substituir a dificuldade de alguns em acessar o material pela internet.

- Para facilitar a navegação, dentro de cada módulo deveria ter um link direcionado a outro tópico, ou a possibilidade de voltar para o anterior sem ter que retornar à página de apresentação do módulo.
- Acrescentar mais artigos técnicos sobre soro e leite.
- Mudar a cor de fonte e fundo de alguns tópicos e, principalmente, fluxogramas.
- Em relação ao layout do site, deve-se mudar a posição dos módulos: “Programa de Treinamento sobre BPA; Aproveitamento de Subprodutos; e Diagnóstico e simulação da indústria”, pois, se possuem a mesma hierarquia que os outros módulos, deveriam estar indicados da mesma maneira.
- Considerando o tipo de público alvo, a “linguagem” utilizada no site deveria ser mais informal e didática, de modo a induzir o usuário no passo-a-passo.
- O tópico educação ambiental dos colaboradores focou muito no lixo e pouco no que os resíduos de laticínios podem causar ao meio ambiente.
- Acrescentar o módulo “Resíduos” antes do módulo “Sistema de Gestão Ambiental”.
- O conteúdo está muito extenso e um pouco cansativo. Resumir o conteúdo para tornar mais dinâmica a utilização do software e, principalmente, do site
- Na página de apresentação de cada item, acrescentar títulos antes do texto: Objetivo e Público-alvo.
- Colocar o glossário para abrir na própria página ao invés de abrir um .pdf separado.

Software de diagnóstico e simulação:

- Formatar o software para permitir a utilização de números decimais (EX: 1,3 m³).
- Avaliar se as questões do software referentes à limpeza CIP devem aparecer para indústrias que só fazem a pasteurização lenta.
- O contador de distribuição de leite aparenta erro – Sugestão: mudar o símbolo
- Melhorar a formatação do fluxograma do tutorial.
- O tutorial deveria vir no início do programa (primeiro menu).

- Nos dados de pasteurização de leite, o item 17 está sem unidade de medida.
- Fazer uma simulação com um pequeno grupo de empresas para avaliar os resultados de aplicação do material.
- E, por fim, a crítica que mais se repetiu e reflete a opinião da maioria dos avaliadores pode ser resumida na seguinte frase: parabéns pelo trabalho! Trata-se de um material de grande utilidade para as indústrias de laticínios.

É importante ressaltar que, durante o período de avaliação do software, foi registrada apenas uma falha técnica, relacionada à impossibilidade de fazer as simulações após responder os questionários de todas as linhas cadastradas. Essa falha foi comunicada pelo avaliador e solucionada imediatamente.

De acordo com as sugestões e críticas feitas em relação ao sistema multimídia, observa-se que praticamente todas estão relacionadas a pequenos ajustes na interface, formas de organização, acesso e disponibilização dos conteúdos que podem facilitar a navegação pelos ambientes e o acesso às informações.

Em relação ao software, a principal sugestão refere-se à importância de fazer uma simulação com um pequeno grupo de empresas, a fim de validar a ferramenta e avaliar os resultados de aplicação do material. As demais sugestões referem-se a pequenos ajustes, que devem ser avaliados em relação à pertinência.

5- CONCLUSÕES

Considerando a estrutura final obtida para as duas ferramentas (sistema multimídia e software de diagnóstico e simulação) e, principalmente, os resultados da avaliação pelos diferentes grupos de avaliadores, pode-se concluir que:

- Observou-se uma ótima aceitação pelas duas ferramentas desenvolvidas, sendo identificado um grande potencial para aplicá-las como suporte para apoio na implantação de um sistema de gestão ambiental na indústria de laticínios;
- Todos os atributos avaliados receberam médias de escores superiores a 8,0, sendo que, de modo geral, as médias de escores recebidas pela avaliação do público alvo foram superiores às dos demais avaliadores, o que reflete uma avaliação mais otimista do usuário final;
- As principais sugestões e críticas feitas em relação ao sistema multimídia referem-se a pequenos ajustes na interface, formas de organização, acesso e disponibilização dos conteúdos, que podem facilitar a navegação e o acesso às informações, além de sugestões de acrescentar novos conteúdos;
- O maior desafio encontrado na elaboração dos módulos instrucionais baseado na web está relacionado à dificuldade em selecionar e resumir uma grande quantidade de informações e adequar a sua forma de disponibilização para obter um material conciso, objetivo e ao mesmo tempo atrativo e suficiente para transmitir a mensagem que se deseja;
- O maior obstáculo que se espera no uso das ferramentas é a não participação. Esse também pode ser considerado o maior desafio, uma vez que um dos principais objetivos do material é o suporte para treinamento e conscientização do público alvo. A forma de disponibilização do material e orientação para seu uso adequado pode ser fundamental para potencializar o alcance dos objetivos pretendidos;

CONCLUSÃO GERAL

Considerando as condições avaliadas e, de acordo com os resultados dos testes de reuso das soluções CIP's, os resultados do diagnóstico e balanço do consumo de água e geração de resíduos e o resultado do desenvolvimento e avaliação das ferramentas (sistema multimídia e software) de apoio à implantação de um sistema de gestão ambiental na indústria de laticínios, pode-se concluir:

- A aplicação da técnica de regeneração e reuso das soluções de soda e ácido mostrou-se adequada e suficiente para garantir a higienização dos equipamentos e tubulações, visto que, ao longo dos sucessivos usos, não ocorreram alterações microbiológicas nas soluções e nas superfícies dos equipamentos;
- Além da viabilidade técnica, o procedimento de reuso das soluções CIP's mostrou-se economicamente viável pela grande redução proporcionada no consumo de produtos químicos (alcalinos e ácidos) e, principalmente, pela possibilidade de redução dos custos ambientais, que podem representar o maior incentivo para a aplicação da técnica de reuso;
- Para as condições testadas na indústria pode-se afirmar que é possível reutilizar até cinco vezes a solução alcalina para a linha de envase, e quatro vezes para a linha de pasteurização. A solução ácida pode ser reutilizada até duas vezes para cada linha testada, obtendo uma economia mensal de R\$ 1.145,00 em relação ao consumo de produtos químicos;
- O parâmetro condutividade elétrica apresentou uma boa correlação e sensibilidade para monitorar as concentrações de alcalinidade e acidez nas soluções, podendo ser utilizado para definir a necessidade de correção das soluções, por se constituir em uma análise rápida e fácil;
- As características da linha de processamento influenciam na variação dos parâmetros físico-químicos das soluções CIP's durante seu uso, o que sugere a importância de definir procedimentos de reuso, monitoramento e avaliação específicos para cada indústria e linha de processamento;
- A instalação de um sistema CIP adequadamente projetado é fundamental para garantir a operacionalidade, viabilidade e segurança na aplicação da

técnica de regeneração e reuso e obter a eficiência desejada no procedimento de higienização;

- Foi identificado um grande potencial de reuso dos enxágues das soluções CIP's e suas respectivas misturas. A destinação dessas correntes de água, tanto para uso na caldeira quanto como água de remoção dos resíduos de leite, na pré-lavagem dos equipamentos e no início dos procedimentos de higienização, devem ser avaliadas;
- A tecnologia adotada nos processos produtivos exerce grande influência nos aspectos ambientais da indústria de laticínios;
- As indústrias menores e com menor nível de automação tendem a apresentar maiores impactos ambientais, principalmente pela dificuldade na coleta e aproveitamento dos subprodutos e pela ausência de procedimentos de reuso de correntes específicas de água, além do fator escala, que tende a aumentar o volume de efluente e a carga de poluição por m³ de leite processado;
- Nas indústrias menores, o nível de conscientização dos colaboradores exerce grande influência nos aspectos ambientais. Isso ocorre pela necessidade de maior manipulação em todas as etapas do processo;
- De modo geral, para todas as linhas avaliadas, as etapas que mais sofrem influência da tecnologia em relação aos aspectos ambientais estão relacionadas ao tratamento térmico, resfriamento e higienização;
- Nas linhas de produção de queijos, requeijão e ricota, a tecnologia adotada na separação do soro exerce grande influência nos aspectos ambientais da indústria;
- Independente do tamanho da indústria e da tecnologia adotada, é possível, com medidas simples e viáveis, reduzir o consumo de água e o volume e carga de poluição dos resíduos gerados;
- É fundamental que a indústria de equipamentos incorpore as preocupações com os aspectos ambientais no layout dos equipamentos, de forma a facilitar a coleta e o aproveitamento dos subprodutos e os procedimentos de

higienização, reduzindo assim o consumo de água, energia e a geração de resíduos;

- Observou-se uma ótima aceitação pelas duas ferramentas desenvolvidas (sistema multimídia e software de diagnóstico e simulação), sendo identificado um grande potencial para aplicá-las como suporte de apoio na implantação de um sistema de gestão ambiental na indústria de laticínios;
- O maior desafio encontrado na elaboração dos módulos instrucionais baseados na web está relacionado à dificuldade em selecionar e resumir uma grande quantidade de informações, além de adequar a sua forma de disponibilização para obter um material conciso, objetivo e, ao mesmo tempo, atrativo e suficiente para transmitir a mensagem desejada;
- O maior obstáculo que se espera no uso das ferramentas de gestão ambiental desenvolvidas é a não participação. Esse também pode ser considerado o maior desafio, uma vez que um dos principais objetivos do material é o suporte para treinamento e conscientização do público alvo. A forma de disponibilização do material e a orientação para seu uso adequado são fundamentais para potencializar o alcance dos objetivos pretendidos;
- Considerando um cenário onde a maioria das indústrias de laticínios não faz o controle ambiental ou focam apenas o controle final de tubo, pode-se afirmar que existe uma grande necessidade e, ao mesmo tempo, um grande potencial para a implantação de um sistema de gestão ambiental nessas indústrias. A aplicação de medidas simples, com foco na gestão do processo e controle preventivo, é suficiente para proporcionar grandes reduções no consumo de água e geração de resíduos, refletindo diretamente nos custos de produção dessas indústrias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMUNDSEN, A. **Preventive wastes minimization process for sustainable development.** Palestra no Prim. Congresso Internacional de Tecnologia Limpa Aplicada ao Setor de Alimentos. Florianópolis, ago. 1999.

ANDRADE, N. J. **Higiene na indústria de alimentos: avaliação e controle da adesão e formação de biofilmes bacterianos.** São Paulo: Varela, 2008.

ANDRADE, N. J.; MACÊDO, J. A. B. **Higienização na indústria de alimentos.** São Paulo: Varela, 1996.

ANTUNES, M. A. **Sistema multimídia de apoio à decisão em procedimentos de higiene, para unidades de alimentação e nutrição.** Viçosa: UFV, 2003. 80p.

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

BIAZUS, M. C. V. **É possível viver o digital na multimídia utilizada com fins educacionais?** Cinted-UFRGS. Novas Tecnologias na Educação. V.1 N^o2, 2003.

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

BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências.** Diário Oficial da União, Brasília, 26 de março de 2004.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa N^o 62, de 26 de Agosto de 2003. Métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas para produtos de origem animal e água.** Diário Oficial da União, Brasília, 26 de março de 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei de crimes ambientais** (Lei n^o 9.605, de 12 de Fevereiro de 1998). Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/gab/asin/lei.html>. Último acesso: 25/06/2011.

BRUNNER, J. J. **Educação no encontro com as novas tecnologias.** In: TEDESCO, J. C. (Org.), Educação e Novas Tecnologias: esperança ou incerteza? São Paulo: Cortez. 2004.

BRYAN, C. A. O.; CRANDALL, P. G.; ELLIS, K. S.; JOHNSON, D. M.; RICKE, S. C.; MARCY, J. Optimizing Web-Based Instruction: A Case Study Using Poultry Processing Unit Operations. **Journal of Food Science Education.** Vol. 8, p. 93-100, 2009; Institute of Food Technologists®

BYRNE, J.; HEAVEY, C.; BYRNE, P. J. **A review of Web-based simulation and supporting tools**. Simulation Modelling Practice and Theory. V.18, p. 253–276, 2010.

CARAWAN, R. E., PILKINGTON, D. H. **Reduction in Waste Load From a Meat Processing Plant-Beef**. North Carolina Agricultural Extension Service - North Carolina State University, Asheboro, N.C., 1986.

CAVALCANTE, J. F. M., **Sistema Multimídia de Apoio à Decisão na Fabricação de Queijo Coalho com Qualidade**, Viçosa: UFV, 2005. (Tese Doutorado).

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Guia Técnico Ambiental de Produtos Lácteos – Série P+L**. São Paulo, (2006).

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Nota Técnica sobre tecnologia de controle – Indústrias de laticínios (NT 17)**. São Paulo: CETESB, 1990. 30p. (Nota Técnica).

CHAVES, J. B. P. **Avaliação sensorial de alimentos**. Viçosa, MG. Imprensa Universitária, UFV, 1980. 69p. (Universidade Federal d Viçosa, 37).

COLEMANA, G.; REAA T.; HALLA M.; SAWYERA A.; HEMSWORTHB, P.H. **Multimedia training in the pig industry**. Computers & Education. V. 37 p. 257–271, 2001.

CNTL. **Centro Nacional de Tecnologias Limpas: Relatório**. Porto Alegre: FIERGS, 1998.

EMBRAPA. **Pesquisa trimestral do leite – Leite inspecionado no Brasil**. Embrapa Gado de leite, Junho/2011. Disponível em: <http://www.cnpqgl.embrapa.br/> Último acesso: Junho de 2011.

EUROPEAN COMISSION. **Integrated Pollution Prevention and Control (2006)**. Disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/pubs/studies.htm>. Último acesso: Fevereiro de 2011.

FAO. **Perspectivas dos Alimentos - Uma Análise dos Mercados Mundiais**, (2008). Disponível em [http://www.fao.org/docrep/011/ai474e/ai474e10.htm#Top Of Page](http://www.fao.org/docrep/011/ai474e/ai474e10.htm#Top%20Of%20Page). Último acesso: Fevereiro de 2011.

FIESP/CIESP. **Manual de Conservação e Reuso de Água para a Indústria**. Vol. 1, 2006. Disponível em [http://www.fiesp.com.br/download/publicacoes/meio ambiente /reuso.pdf](http://www.fiesp.com.br/download/publicacoes/meio_ambiente/reuso.pdf) . Último acesso: 31/01/2011.

FONSECA FILHO, A. A. **Protótipo de sistema multimídia para apoio ao gerenciamento da Qualidade total em laticínios**. Viçosa, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa; 94p. ,1998. (Tese M.S).

FREITAS, L. H. **Sistema especialista para diagnóstico de toxinfecções alimentares de origem bacteriana.** Viçosa, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa; 1995. (Tese M.S).

GUIZIOU, G. G.; ALVAREZ, N.; JACOB, D.; DAUFIN, G. **Cleaning-in-place coupled with membrane regeneration for re-using caustic soda solutions.** Separation and Purification Technology, 54, p. 329–339, 2007.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Pecuária Municipal, 2010.** Disponível: <http://www.milkpoint.com.br/estatisticas/ProducaoEstado.htm>. Último acesso: Fevereiro de 2011.

INDI. **A indústria de laticínios brasileira e mineira em números.** 2003. Disponível em: <http://www.indi.mg.gov.br/publicacoes/Laticinios>. Último acesso: 20/06/2005.

JOHNS M. R.. **Developments in wastewater treatment in the meat processing industry: a review.** Department of Chemical Engineering, The University of Queensland, Australia; 1995.

JOIA, L. A.; COSTA, M. F. C. **Fatores-chave de sucesso no treinamento corporativo a distância via web.** Rev. Adm. Pública, vol. 41 nº 4. Rio de Janeiro July/Aug. 2007.

JORDANO, J. C. **Boas práticas de fabricação na indústria de alimentos.** Pal. no 5º simpósio de tecnologia de produtos cárneos. Santa Maria, abr. 1997.

KOSIKOWSKI, F. V.; **Whey Utilization and Whey Products,** J. Dairy Science, v. 62 Pág 1149-1160, 1979;

KULKARNI, S. M.; ARNOLD, R. G.; MAXCY, R. B.; **Reuse Limits and Regeneration of Solutions for Cleaning Dairy Equipment.** Journal of Dairy Science. Vol. 58, Nº 8, Department of Food Science and Technology, University of Nebraska, Lincoln, 1974.

LEARNER, A. **E-learning,** 2006.. Disponível em: <http://agelesslearner.com/intros/elearning.html>. Acessado Julho de 2010.

LÉVY, P. **As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática.** Rio de Janeiro: Editora 34, 1993).

MACEDO, J. A. B. **Sistema especialista para controle e tratamento de água na indústria de alimentos.** Dissertação mestrado. Viçosa, UFV, 1995.

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

MARCHIORI, E.; Soro de leite – Muito além dos produtos lácteos. **Revista Indústria de Laticínios**. Ano 10, Nº 63 , Maio/junho 2006).

MDIC - Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Sistema Alice, 2010**. Disponível em: <http://www.milkpoint.com.br/estatisticas/ImportacoesBrasileiras.htm>. Último acesso: Fevereiro de 2011.

MINAS AMBIENTE/CETEC. **Pesquisa tecnológica para controle ambiental em pequenos e médios laticínios de Minas Gerais: Medidas de gestão e controle ambiental**. Belo Horizonte, 2000. 151p. (Relatório Técnico)

PAULI, G. **Emissão zero: a busca de novos paradigmas: o que os negócios podem oferecer à sociedade**. Trad. José W.M. Kathler; Maria T.R. Rodriguez. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1996.

PEREIRA, L. C.; TOCCHETTO, M. R. L. **Sistema de Gestão e Proteção Ambiental**. Disponível em: <http://www.tratamentodeesgoto.com.br/informativos/~>>. Último acesso: 28/04/2005.

POHLMANN, M. Água e efluentes na indústria frigorífica. **Revista Nacional da Carne**, Julho, 2004. Disponível em: <http://www.dipemar.com.br/carne/329~>>. Último acesso: 28/04/2005.

SANTOS, J.P.V. & FERREIRA, C.L.L.F. **Alternativas para o aproveitamento de soro de queijo nos pequenos e médios laticínios**. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes. v.56, n.321, p.44-50, 2001.

SEBRAE/SILEMG/UFV. **Diagnóstico da indústria de laticínios do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2006.

SENAI. **Guia do empresário para o sistema APPCC**. Rio de Janeiro: SENAI/DN, 1998.

SHELBOURN, M.; AOUD, G.; HOXLEY, M. **Multimedia in construction education: new dimensions**. Automation in Construction. V.10, 2001, p.265–274.

SILVA, D. J. P. **Diagnóstico do consumo de água e da geração de efluentes em uma indústria de laticínios e desenvolvimento de um sistema multimídia de apoio**. Viçosa, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa; 72p. 2006. (Dissertação de M.S).

SILVEIRA, Djalma D. **Modelo para seleção de sistemas de tratamento de efluentes de indústria de carnes**. Florianópolis, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina; 286p, 1999. (Tese D.S.).

SILVEIRA, W. B.; **Produção de etanol em permeado de queijo: efeito da concentração de substrato e do nível de oxigênio**, Tese de Mestrado UFV, 2004 (*in press*).

SPROESSER, R. L. **Utilização de técnicas de inteligência artificial no planejamento da produção e controle de qualidade na indústria de laticínios.** Dissertação mestrado. Viçosa : UFV, 1991.

TAROUCO, L. M. R.; FABRE, M. J. M.; KONRATH, M. L. P.; GRANDO; A. R. **Objetos de aprendizagem para m-learning.** Disponível em: http://objectosaprendizagem.no.sapo.pt/pdf/objetosdeaprendizagem_sucesu.pdf. Último acesso: 20/12/2008.

TAVARES, C. G.; CARVALHO A. N.B. D.; BELHOT, R. V. **Usando as tecnologias da web para o ensino de simulação.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 29, 2001, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: ABENGE, 2001.

TOCCHETTO, M. R. L.; PEREIRA, L. C. (a) **Desempenho Ambiental e Sustentabilidade.** Disponível em: <<http://www.tratamentodeesgoto.com.br/informativos/~>>. Último acesso: 28/04/2005.

TOCCHETTO, M. R. L.; PEREIRA, L. C. (b) **Qualidade Ambiental e Ecoeficiência: nova postura.** Disponível em: <<http://www.tratamentodeesgoto.com.br/informativos/~>>. Último acesso: 28/04/2005.

TROCHIM, W. M. **The Research Methods Knowledge Base.** 2^o Edition, 2000. Disponível em: <<http://trochim.human.cornell.edu/kb/index.htm>> data de acesso: 15/03/2006.

USDA- United States Department of Agriculture-Dairy. **World Markets and Trad/** December 2009. Disponível em: http://www.milkpoint.com.br/estatisticas/Producao_Mundial.htm. Último acesso: 25/02/2011.

VAUGHAN, T. **Multimídia na prática.** São Paulo. Makron Books, 1994. 545p.

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

ANEXO I: Modelo da ficha de avaliação do sistema multimídia e do software

AVALIAÇÃO DO SIGAL - Sistema de Gestão Ambiental em Laticínios.

Identificação do avaliador

Nome:

Ocupação:

Instituição/Empresa:

ESCLARECIMENTO SOBRE O SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL:

O sistema de gestão ambiental desenvolvido para a indústria de laticínios é constituído por duas ferramentas distintas. Uma se refere a um sistema multimídia organizado em cinco módulos instrucionais (Educação Ambiental, Sistema de Gestão Ambiental, Resíduos, Programa de Treinamento sobre Boas Práticas Ambientais-BPA e Aproveitamento de Subprodutos), além dos “Itens de Apoio”, que contêm saiba mais, glossário e legislação. Essa ferramenta tem como principal objetivo oferecer um material de apoio para o treinamento e conscientização dos proprietários, gerentes, técnicos e demais colaboradores da indústria de laticínios, em relação à aplicação de um sistema de gestão ambiental.

A outra ferramenta refere-se a um software para diagnóstico ambiental e simulação de alterações no processo, considerando 11 linhas de processamento. As simulações permitem avaliar os impactos ambientais das alterações nos procedimentos operacionais e mudanças na tecnologia, além de fornecer o dimensionamento com uma análise de custo para implantação das principais alternativas de tratamento de efluentes da indústria de laticínios, considerando diferentes cenários.

Acesse o ambiente multimídia pelo endereço:

<http://200.235.149.13/sgal/scripts/inicio.php>

Acesse o software de diagnóstico ambiental e simulação pelo endereço:

http://200.235.149.13/sad_sgal/scripts/inicio.php

OBS:O software também pode ser acessado pela página do ambiente multimídia.

Antecipadamente agradecemos.

Danilo e prof. Fred

Por favor, para fazer a avaliação quanto aos tópicos apresentados abaixo, assinale a opção que melhor indica sua opinião. Utilize como referência a seguinte escala:

Classificação da escala	Escore (nota)
Bom	9
	8
	7
Nem bom nem ruim	6
	5
	4
Ruim	3
	2
	1

Aspectos gerais do ambiente multimídia, apresentação e organização dos Módulos (questões 1 a 6).

1) Aspectos visuais da interface (apresentação das telas, estética e qualidade gráfica dos ambientes, cores e imagens)

1 2 3 4 5 6 7 8 9

2) Fonte, cor e legibilidade dos textos.

1 2 3 4 5 6 7 8 9

3) Qualidade das mídias (fotos digitais e vídeos).

1 2 3 4 5 6 7 8 9

4) Facilidade de navegação pelos ambientes por usuários não treinados.

1 2 3 4 5 6 7 8 9

5) Qualidade das informações escritas.

1 2 3 4 5 6 7 8 9

6) Sequência lógica da apresentação do conteúdo.

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Aspectos específicos sobre apresentação e organização de cada Módulo no ambiente multimídia. (questões 7 a 10).

7) Avalie cada módulo do ambiente multimídia em relação à quantidade de informação disponível, recursos multimídia utilizados e organização dos tópicos para o entendimento do assunto. Use a escala descrita anteriormente

Módulo Educação Ambiental	
Módulo Sistema de Gestão ambiental	
Módulo resíduos	
Módulo Programa de Treinamento sobre BPA	
Módulo Aproveitamento de Subprodutos	

8) Avalie cada módulo do ambiente multimídia em relação à adequação do conteúdo ao público alvo. Use a escala descrita anteriormente

Módulo Educação Ambiental	
Módulo Sistema de Gestão ambiental	
Módulo resíduos	
Módulo Programa de Treinamento sobre BPA	
Módulo Aproveitamento de Subprodutos	

9) Avalie de forma geral cada módulo do ambiente multimídia. Use a escala descrita anteriormente

Módulo Educação Ambiental	
Módulo Sistema de Gestão ambiental	
Módulo resíduos	
Módulo Programa de Treinamento sobre BPA	
Módulo Aproveitamento de Subprodutos	

10) Avalie de forma geral cada tópico dos “Itens de Apoio”. Use a escala descrita anteriormente

Saiba mais	
Glossário	
Legislação	

11) Assinale as mudanças mais significativas que você sugere para o material multimídia

- a. () Modificações no visual da interface.
- b. () Modificações na forma de apresentação (organização) dos conteúdos.
- c. () Modificações no conteúdo propriamente dito.
- d. () Modificações nos recursos multimídias utilizados
- e. () Outras.

Quais? _____

Avaliação do Software de diagnóstico ambiental e simulação (questões de 12 a 18)

OBS: Para o software gerar relatórios coerentes e completos é necessário fornecer informações que correspondam à realidade das indústrias de laticínios. Em caso de dúvidas, consulte o Anexo I (final desse questionário), onde existe uma sugestão de valores que podem ser utilizados para cadastro de uma empresa.

12) Apresentação das telas, estética e qualidade gráfica dos ambientes, cores e imagens na interface

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9

13) Facilidade de navegação pelos ambientes por usuários não treinados.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9

14) Legibilidade do texto e clareza das informações solicitadas nos questionários de cada linha de produção

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9

15) Organização, clareza e relevância das informações disponibilizadas nos relatórios por linha e aspectos gerais da indústria

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9

16) Organização, clareza e relevância das informações disponibilizadas no relatório de simulação e dimensionamento da ETE

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9

17) Adequação e utilidade das informações geradas nos relatórios ao público-alvo

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9

18) Avalie de forma geral cada uma das interfaces (telas) do Software. Use a escala descrita anteriormente

Tela inicial de cadastro e login do usuário	
Tela de cadastro ou alteração dos dados de uma empresa	
Tela com os questionários por produto	
Tela com os relatórios por produto e aspectos gerais da indústria	
Tela com as simulações e relatórios de dimensionamento	
Tutorial (organização e clareza das informações)	

Questões complementares (19 a 22):

19) Para você qual benefício ou quais benefícios esse material pode proporcionar como suporte para a gestão ambiental na indústria de laticínios.

- a. () Possibilidade de utilização para treinamento e desenvolvimento pessoal.
- b. () Aumentar interatividade entre gerência /equipe técnica /colaboradores.
- b. () Orientar a gerência e demais colaboradores no que se refere às práticas preventivas de controle ambiental facilitando o cumprimento da legislação.
- e. () Criar uma consciência ambiental em todos os níveis da empresa, caminhando assim para o desenvolvimento sustentável.
- f () Auxiliar na implantação de práticas adequadas de gestão ambiental na indústria de laticínios, reduzindo custos do controle ambiental e aumentando a competitividade da indústria.
- g. () Outro(s). Qual(is)? _____

20) Assinale os possíveis obstáculos que você espera na utilização deste material pelo público alvo (proprietários, gerentes, técnicos e colaboradores da indústria de laticínios).

- a. () Falta de domínio no uso de computadores e seus recursos.
- b. () Complexidade do assunto
- c. () Falta de adequação do material ao público alvo
- c. () Problemas técnicos na utilização do material.
- d. () Não participação.
- e. () Outros. Quais?

21) Para você, que outras informações e/ou, ferramentas poderiam ser acrescentadas ao ambiente multimídia e ao software de diagnóstico ambiental e simulação.

22) Críticas e sugestões:

MUITO OBRIGADO!

(Envie sua resposta para: danilojpsilva@yahoo.com.br)

Anexo I – Sugestão de dados para cadastro de uma empresa

1- Preencha os dados da sua empresa

- Informe o volume de leite recebido (L/dia): **20000**
- Informe o volume de leite processado (L/dia): **20000**
- Informe quantos dias na semana a indústria recebe e processa leite: **5**
- Informe quantas horas por dia, em média, a indústria funciona: **10**

2- Informe os produtos processados:

- Pode selecionar qualquer combinação de produtos

3- Qual o consumo diário de água e o volume e características do efluente gerado?

- Volume de água: **50** (m³/dia)
- Volume de efluente: **50** (m³/dia)
- Valor de DBO do efluente: **2000** (mg/L de O₂)
- Valor de DQO do efluente: **3000** (mg/L de O₂)

OBS: Pode-se informar qualquer volume de leite recebido e processado. Sugere-se usar uma relação de volume de água e efluente na faixa de 2,0 a 5,0 vezes o volume de leite processado.

Para os valores de DBO e DQO sugere-se uma faixa de 1500 a 2500 e 2000 a 3500, respectivamente.