



Grupo eumed.net / Universidad de Málaga y
Red Académica Iberoamericana Local-Global
Indexada en IN-Recs (95 de 136), en LATINDEX (33 DE 36), reconocida por el DICE, incorporada a la
base de datos bibliográfica ISOC, en RePec, resumida en DIALNET y encuadrada en el Grupo C de la
Clasificación Integrada de Revistas Científicas de España.
Vol 9. N° 27
Octubre 2016
www.eumed.net/rev/delos/27

PRODUÇÃO MAIS LIMPA COMO ALTERNATIVA PARA O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS EM LATICÍNIOS

Matheus Fernando Moro¹
mosmi@hotmail.com
Andreas Dittmar Weise²
mail@adweise.de

CONTENIDO

Resumo	2
Abstract	2
1 Introdução	3
2. Fundamentação teórica	4
2.1 Produção de queijos	4
2.2 Resíduos gerados nas indústrias de queijo	6
2.3 Produção mais limpa.....	7
3 Procedimentos metodológicos.....	8
4 Resultados e discussões	10
4.1 Diagnóstico e pré-avaliação.....	10
4.2 Propostas de medidas de PML	12
4.3 Viabilidade Econômica.....	13
5. Conclusões.....	16
6. Referências	17

1 Mestrando em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Maria - Brasil

2 Doutor em Engenharia Civil (UFSC), atualmente é professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Maria - Brasil

RESUMO

Com uma importante parcela no setor alimentício, a indústria de laticínios apresenta uma quantidade significativa de resíduos no seu processo de produção, gerando poluição através das águas residuárias e outras atividades. Considerando a importância desse setor industrial, o estudo teve como objetivo propor alternativas para o gerenciamento de resíduos em laticínios de produção de queijos do tipo prato e mussarela, ou similares, com base na metodologia de Produção Mais Limpa (PML). Analisou-se um laticínio da região oeste do Paraná, onde foram levantadas as principais etapas da elaboração dos queijos, assim como os resíduos oriundos dessas atividades. Foram propostas sugestões para o gerenciamento dos resíduos, com base no nível 1 e 2 de atuação da PML - redução na fonte e reciclagem interna. Identificou-se, com base nos cálculos de Valor Presente Líquido e Lucro Líquido, que a opção de secagem do soro, seria a solução mais rentável para destinar esse tipo de resíduo na indústria em estudo. A adoção de ações de PML apoiada por um efetivo planejamento gerencial possibilita a transformação de possíveis problemas, como os resíduos, em soluções lucrativas para a empresa.

Palavras-chave: Laticínios. Queijos. Gerenciamento de Resíduos. Produção Mais Limpa.

Classificação JEL: E20, M11, Q53, Q56.

ABSTRACT

With an important part in the food industry, the dairy industry has a significant amount of waste in the production process, generating pollution through wastewater and other activities. Considering the importance of this industrial sector, the study aimed to propose alternatives for waste management in dairy production type dish cheese and mozzarella, or similar, based on the Cleaner Production methodology (PML). We analyzed a dairy west of Paraná, where the main stages of preparation of cheeses have been raised, as well as waste from these activities. Suggestions were proposed for the management of waste, based on the level 1 and 2 activities of PML - reduction at source and internal recycling. It was identified based on the Net Present Value and Net Profit calculations, the serum drying option would be the most cost effective solution for this intended type of waste in the industry study. The adoption of PML actions supported by an effective management planning, enables the transformation of potential problems, such as waste, into profitable solutions for the enterprise.

Keywords: Dairy Industry. Cheeses. Waste Management. Cleaner Production.

JEL Classification: E20, M11, Q53, Q56.

1 INTRODUÇÃO

Há algum tempo as empresas vem sofrendo para resolver a problemática da gestão organizacional *versus* sustentabilidade ambiental. O fato é que não se pode frear o consumo, assim como não se pode ignorar a necessidade de manutenção do meio ambiente (SCHWANKE, 2013). Conforme Neto (2011), o crescimento e o desenvolvimento dos países apoiados pela expansão tecnológica, têm habituado a sociedade a criar necessidades ilimitadas, que dependem da utilização de recursos que são limitados.

Na maioria dos processos industriais, os recursos naturais são utilizados como insumos, o que acaba causando a geração de resíduos e a escassez de recursos naturais (DIAS, 2011). E são esses fatos, que têm intensificado as pressões sociais e governamentais sobre a indústria mundial, a fim de que consigam diminuir a utilização de recursos naturais e evitar a geração de resíduos envolvidos nos seus processos de fabricação. Nesse sentido, diversos setores industriais têm procurado adequar-se, investindo em aspectos como: modificações de processo e produto, aperfeiçoamento de mão de obra, substituição de insumos, redução da geração de resíduos e racionalização de consumo de recursos naturais.

Mesmo assim, ainda existem muitas empresas de pequeno e médio porte com processos produtivos que geram alta quantidade de resíduos, que não possuem conhecimento e/ou estrutura adequada, para reduzir ou eliminar o impacto ambiental causado pela produção do seu produto no meio ambiente, tendo em vista também, o fato de que dependendo do tipo de resíduo gerado, este processo pode envolver grandes investimentos.

Neste cenário, situa-se a indústria de laticínios, que segundo Fabbi et al. (2007) constitui uma parcela importante da indústria alimentícia, e representa uma atividade de grande importância na economia mundial, e tem o Brasil como o quinto maior produtor de leite do mundo, responsável em 2013 por aproximadamente 33 milhões de toneladas (INFORMA ECONOMICS FNP, 2015). Essa expressiva produção contribui significativamente em termos de poluição de águas receptoras, sendo necessário e obrigatório o tratamento prévio de seus despejos líquidos antes do lançamento ao meio ambiente (VOURCH et al., 2008; FERREIRA; SANDRI, 2011).

Os resíduos e efluentes de laticínios são resultados das diferentes etapas do processamento do leite que se inicia com a lavagem dos silos na plataforma da recepção até as lavagens das instalações após um dia de trabalho. Segundo Villa (2007), o grande volume de água necessário para o beneficiamento do leite coloca a indústria de laticínios como uma das principais geradoras de efluentes industriais. Estima-se que para cada litro de leite beneficiado sejam gerados cerca de 2 litros e meio de efluentes. Sperling (1997) comenta que o consumo de água específico para indústria de laticínio com queijaria varia de 2 a 10 m³ para cada 1000 litros de leites processados.

Diante do exposto, torna-se necessário a adoção de ferramentas que auxiliem as empresas a tornarem seus produtos e processos mais sustentáveis, como é o caso da Produção

Mais Limpa (PML), que atua de forma a reduzir o risco das operações sobre o meio ambiente e a sociedade, através da aplicação de uma metodologia preventiva.

Conforme Buccelli e Costa Neto (2014), a PML proporciona melhorias em diversos processos da cadeia de valor das empresas, assim como em seus processos de apoio, tendo em vista, que envolve ações que buscam reduzir o consumo de energia elétrica e água; otimizar o uso de matéria-prima; diminuir os índices de geração de resíduos; melhoria da ecoeficiência; entre outras.

Nesse sentido, dado a importância da indústria de laticínios no Brasil e o aspecto ambiental atrelado à atividade que desenvolve, pretende-se com este estudo, apresentar sugestões para o gerenciamento de resíduos em laticínios de produção de queijos do tipo prato e mussarela, por meio do diagnóstico dos resíduos gerados durante o processo de fabricação e a análise dos mesmos com base nos preceitos de aplicação da PML, assim como apresentar a viabilidade econômica para implementação de uma dessas opções de melhoria.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Produção de queijos

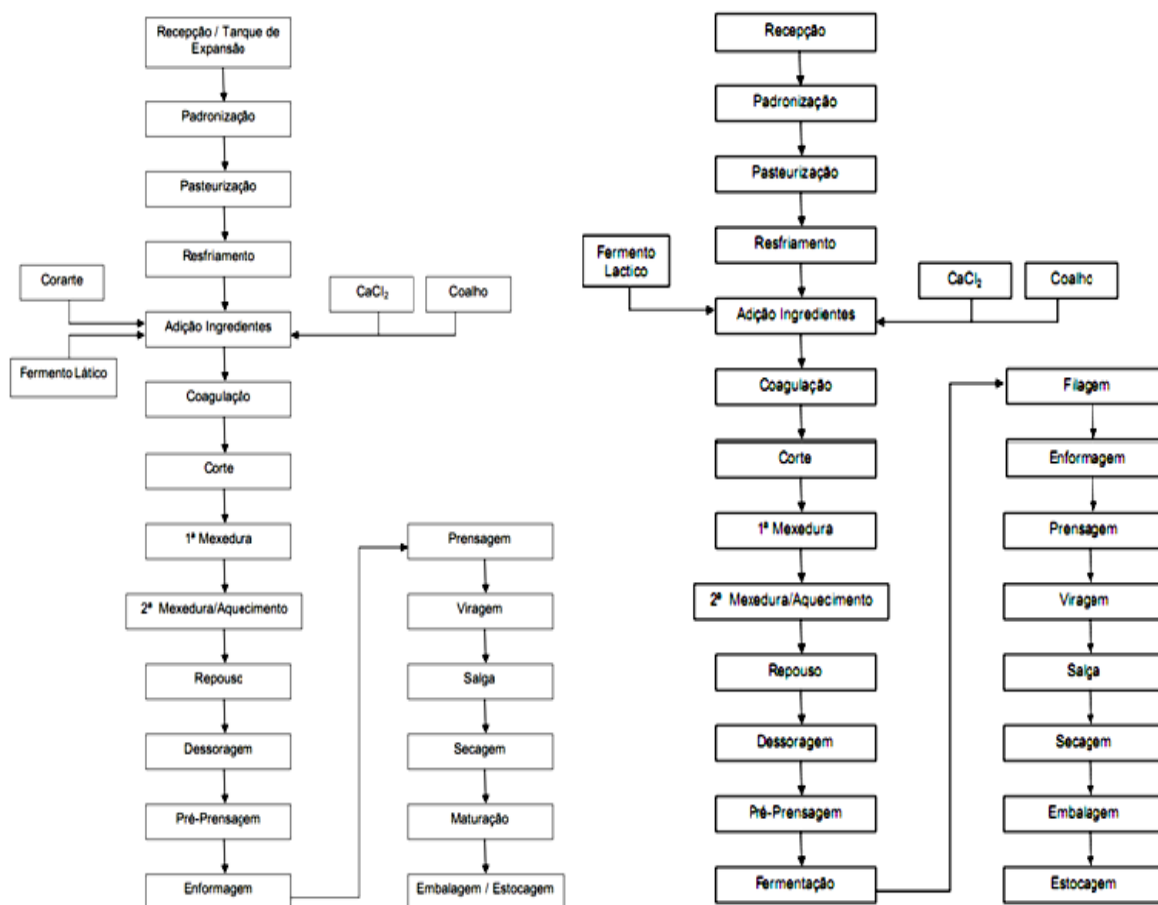
De acordo com a Portaria nº146 de 07/03/1996 (BRASIL, 1996), entende-se por queijo o produto fresco ou maturado que se obtém por separação parcial do soro do leite ou leite reconstituído (integral, parcial ou totalmente desnatado), ou de soros lácteos, coagulados pela ação física do coalho, de enzimas específicas, de bactéria específica, de ácidos orgânicos, isolados ou combinados, todos de qualidade apta para uso alimentar, com ou sem agregação de substâncias alimentícias e/ou especiarias e/ou condimentos, aditivos especificamente indicados, substâncias aromatizantes e matérias corantes.

Dall Bosco (2013) afirma que as indústrias de laticínios que atuam na produção de queijos, englobam grande número de operações e atividades que variam em função do tipo de queijo a ser produzido. Para garantir a qualidade do produto final, além dos cuidados que devem ser tomados no processo de fabricação, é essencial realizar previamente análises físico-químicas do leite (matéria prima essencial), para verificar se ele encontra-se nos padrões estabelecidos de acidez Dornic, densidade (kg/l) e porcentagem de gordura. Também são recomendados exames organolépticos, que englobam: cor, odor, sabor e aspecto do leite.

De acordo com Brasil (1996), o padrão para acidez Dornic é: <15ºD – leite fraudado com água ou com redutor de acidez; 15º a 18ºD – leite com acidez normal; 19 a 20ºD – leite ligeiramente ácido; >20ºD – leite excessivamente ácido. Geralmente para a produção de queijos utiliza-se leite com nível normal de acidez, porém aceita-se fazer uso de leite ligeiramente ácido para este fim. Ainda conforme Brasil (1996), para a densidade, o nível adequado é de 1,028 a 1,033 Kg/L e quanto a porcentagem de gordura, o leite deve possuir no mínimo 3,0% de gordura.

Para análises organolépticas podem ser utilizadas pequenas amostras do leite. As avaliações são realizadas da seguinte maneira: a análise da cor é feita visualmente, devendo o leite estar com sua cor característica; para verificar o odor do produto, deve-se cheirá-lo para identificar odores indicativos de alta acidez ou a possível presença de aditivos indesejáveis; a prova gustativa, não é indicada, a princípio, pois o leite pode estar contaminado por bactérias patogênicas, portanto esta avaliação deve ser feita após a pasteurização, onde ocorre a eliminação destes microrganismos; quanto ao aspecto, observa-se a amostra para detectar se há a presença de corpos estranhos. Os procedimentos utilizados para a produção de queijo prato e mussarela são apresentados, respectivamente, na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma da produção de queijo Prato e Mussarela



Fonte: Dados da pesquisa

Hohendorff e Santos (2006) comentam que as características físicas e químicas do queijo, como seu teor de umidade e consistência variam de acordo com o tipo de queijo a ser processado, o que interfere também no seu tempo de vida útil - quanto mais seco e mais duro, maior é o seu tempo de conservação.

O queijo mussarela, conforme Bezerra (2008) é de origem italiana, fabricado atualmente em grande quantidade com leite de vaca, possui uma estrutura esbranquiçada, firme e compacta. Seu sabor é ligeiramente ácido e seu formato pode variar, apresentando-se sob a forma de nozinhos, palitos, retangular ou de tranças, devendo ser conservado sob refrigeração, em temperatura de até 10°C.

Já o queijo prato, segundo o autor, é um queijo gordo, com média umidade, massa semicozida, consistência semidura e textura homogênea, com poucas e pequenas olhaduras, com sabor suave, levemente adocicado e cremoso. Sua cor é amarelo ouro devido à adição de corante e requer um prazo para maturação, em torno de 45 a 60 dias.

2.2 Resíduos gerados nas indústrias de queijo

Uma tendência atual na indústria de alimentos, mais especificamente o segmento de laticínios é a busca de novas tecnologias, principalmente visando ao aproveitamento de resíduos, implementação de sistemas de reuso de água e retorno econômico sobre outros efluentes (SILVA, 2006).

A indústria de laticínios gera efluentes líquidos, resíduos sólidos e emissões atmosféricas passíveis de impactar no meio ambiente (WISSMANN; HEIN; NEULS, 2013). Os efluentes industriais são despejos líquidos originários de diversas atividades desenvolvidas na indústria, que contêm leite e produtos do leite, detergentes, desinfetantes e condimentos diversos que são diluídos nas águas de lavagem de equipamentos, tubulações, pisos e demais instalações da indústria. (MACHADO, 2006).

Machado (2006) descreve ainda que o efluente líquido é considerado como um dos principais responsáveis pela poluição causada pela indústria de lácteos. Corroborando, Buss e Henkes (2014) mencionam que em muitos laticínios o soro é descartado junto aos efluentes líquidos, sendo considerado um forte agravante em razão de seu elevado potencial poluidor, principalmente na produção de queijos.

Na fabricação do queijo, as operações geradoras de despejos significativamente poluentes são: vazamentos e derramamentos dos tanques de estocagem, perdas nos tanques de coalho, derramamentos dos moldes, separação incorreta do soro e operações de limpeza. O soro é o resíduo considerado mais preocupante devido sua significativa taxa de matéria orgânica, representada principalmente pela lactose e pelas proteínas, o que pode causar acentuado impacto ambiental, se lançado ao meio ambiente sem tratamento (MORRIL et al., 2012; WISSMANN; HEIN; NEULS, 2013; SEO; SUNG; HAN, 2016).

A identificação de alternativas para um adequado aproveitamento do soro de leite é de fundamental importância em função de sua qualidade nutricional, do seu volume e de seu poder poluente (GAUCHE et al., 2009). Dentre as alternativas podem ser citadas o uso do soro *in natura* para alimentação animal, fabricação de ricota, fabricação de bebida láctea, concentração, produção de soro em pó, separação das proteínas e lactose com posterior secagem (MACHADO,

2002; BEGNINI; RIBEIRO, 2014), as quais constituem formas de valorização deste derivado lácteo, ao mesmo tempo contribuindo para a melhoria do meio ambiente e proporcionando ganhos às indústrias, porém cada alternativa, para ser aplicada, envolve análise técnica e econômica para sua viabilização (TESSER et al., 2010; PRAZERES et al., 2014; PRAZERES et al., 2016).

2.3 Produção mais limpa

Quando as empresas começaram a se preocupar com questões ambientais, o foco dos controles ambientais era apenas no final do processo (tecnologias de fim de tubo), contudo, a percepção que todo resíduo, efluente ou emissão representa um custo para a empresa, motivou o redesenho dos processos industriais que deu origem a uma gestão ambiental mais preventiva, a PML, sem perder de vista a rentabilidade (PEREIRA; SANT'ANNA, 2012).

Conforme a definição do SENAI (2003), a PML trata-se da aplicação contínua de uma estratégia técnica, econômica e ambiental integrada aos processos, produtos e serviços, com o objetivo de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, pela não geração, minimização ou reciclagem de resíduos e emissões, com benefícios ambientais, de saúde ocupacional e econômicos.

A metodologia aposta em uma mudança radical nos padrões de produção industrial, no momento que considera a trajetória de vida do produto desde a fase de sua concepção até o seu descarte pós-consumo, o chamado princípio de tratamento do produto do “berço ao berço” (AMATO NETO, 2011). Nesse sentido, o autor ressalta que a adoção da PML precisa envolver todos os níveis organizacionais e estender-se aos consumidores e a outros segmentos industriais.

Mesmo com uma fonte considerável de contaminantes e perdas indesejadas com alto impacto ambiental negativo, as pesquisas sobre a indústria de laticínios apresentam-se ainda bastante limitadas, o que ratifica os resultados de Nguyen e Durham (2004). Entretanto, é possível perceber estudos significativos para contribuições na área. Özbay e Demirer (2007), por exemplo, conduziram uma pesquisa visando avaliar as oportunidades de PML da unidade de análise visitada pelos autores. Os resultados demonstraram diversas oportunidades e economias significativas de energia, matéria-prima e recursos hídricos, gerando redução de custos e impactos ambientais negativos.

Há também contribuições metodológicas para a ferramenta. Berlin et al. (2007), na Suécia, desenvolveram um método heurístico, norteado pela minimização de desperdícios e normas de produção, objetivando averiguar se a metodologia ofereceria melhores alternativas em relação ao impacto ambiental do ciclo de vida dos produtos lácteos para comercialização. Na Austrália, Fisher e Scott (2008) realizaram uma avaliação no âmbito farmacêutico em uma fazenda de laticínios, verificando as potenciais ameaças à região e buscando um gerenciamento preventivo no local, evitando que emissão de produtos farmacêuticos prejudicasse a fauna e flora dos arredores da fazenda e região.

Kubota e Rosa (2013) identificaram que a ferramenta TRIZ (Teoria da Solução Inventiva de Problemas) pode ser integrada com a PML para melhorar os processos industriais. No estudo, comprovaram que essa abordagem se mostrou eficiente para o desenvolvimento de oportunidades e soluções de PML atraentes do ponto de vista técnico, ambiental e econômico, em laticínios. As soluções propostas demonstraram a viabilidade de incluir o meio ambiente nos processos de produção, sem que haja perdas financeiras ou técnicas.

Diante do exposto, Seiffert (2011) afirma que a PML não visa, restritamente, a identificação, quantificação, tratamento e disposição final dos resíduos, mas sim a eliminação da geração dos mesmos. Considerando os aspectos e impactos ambientais gerados pela indústria de laticínios, pode-se perceber que a ferramenta gera contribuições relevantes a este setor da economia. Não apenas na economia energética e de matéria-prima, mas também na redução de custos de produção e, conseqüentemente, na possibilidade de diferenciação competitiva, por meio da redução de preços e de produtos/serviços mais responsáveis ambientalmente.

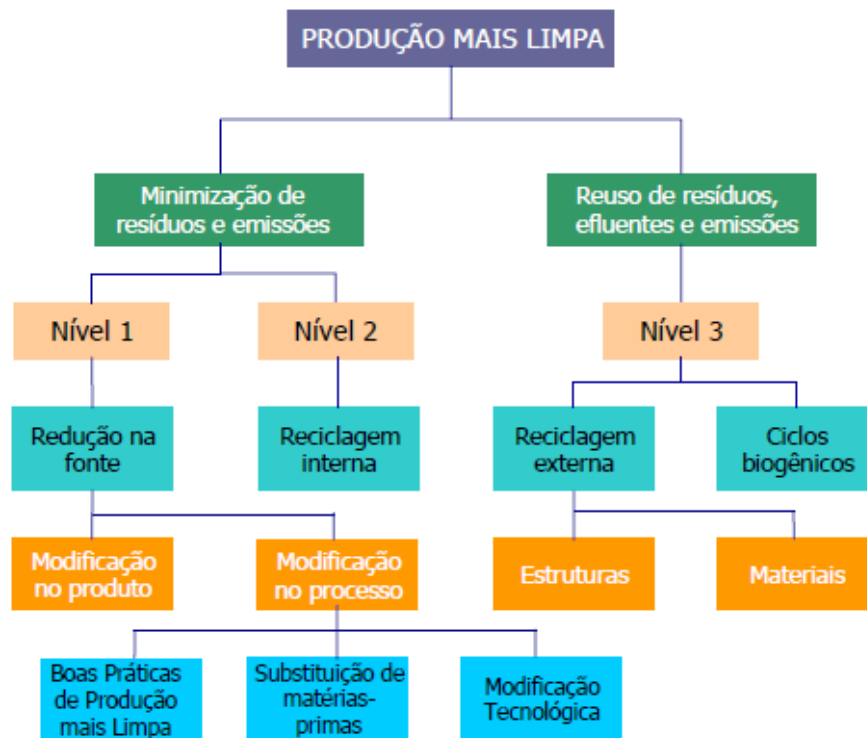
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

No intuito de apresentar sugestões para o gerenciamento de resíduos em laticínios que trabalhem com a produção de queijos do tipo prato e mussarela, realizou-se um estudo de caso em um laticínio de queijos do oeste do Paraná. A metodologia utilizada para a realização do levantamento dos dados na empresa foi realizada com base na proposta do SENAI (2003) para implementação de um programa de PML, que é composta pelas seguintes etapas:

- Etapa 1: Obtenção do comprometimento gerencial; identificação de barreiras à implementação e busca de soluções; estabelecimento da amplitude do programa de produção mais limpa na empresa e formação do ecotime.
- Etapa 2: Estudo do fluxograma do processo; realização do diagnóstico ambiental e de processo e seleção do foco de avaliação.
- Etapa 3: Análise quantitativa de entradas e saídas e estabelecimento de indicadores; identificação das causas da geração de resíduos e identificação das opções de produção mais limpa.
- Etapa 4: Avaliação técnica, ambiental e econômica e seleção de oportunidades viáveis.
- Etapa 5: Plano de implementação e monitoramento e plano de continuidade.

Para propor as medidas de minimização dos resíduos gerados em laticínios, através da redução na fonte e reciclagem interna, pelo conceito de PML, utilizou-se como metodologia, a Hierarquia de Gerenciamento de Resíduos do CNTL SENAI, representada na Figura 2.

Figura 2 - Hierarquia de gerenciamento de resíduos para Produção mais Limpa



Fonte: SENAI (2003, p. 27).

Ainda, segundo o SENAI (2003), a prioridade da PML é o nível 1 da hierarquia, pois deve-se primeiramente, evitar a geração de resíduos e emissões. Se houver resíduos que não puderem ser evitados, devem, preferencialmente, ser reintegrados ao processo de produção da empresa, que se trata do nível 2. Se não for possível desenvolver as ações destes dois níveis, deve-se atuar no nível 3 e realizar medidas de reciclagem fora da empresa. As técnicas de Produção mais Limpa utilizadas em um processo produtivo, estão atreladas a metas ambientais, econômicas ou tecnológicas da empresa. A priorização destas metas é definida pelos profissionais da mesma com base em sua política gerencial.

Posterior as proposições de melhorias, será realizado um estudo de viabilidade econômica, a fim de identificar dentre as opções de reaproveitamento de resíduos sugeridas, qual seria a mais rentável para o laticínio. Para esse estudo será utilizado o cálculo do Valor Presente Líquido (VPL), apresentado na Equação 1, bem como o valor do lucro líquido no final dos períodos analisados.

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (1)$$

FC: representa um fluxo de caixa

t : representa o momento em que o fluxo de caixa ocorreu

i : é a taxa de desconto (ou taxa de juros compatível ao risco que o investimento oferece)

A utilização do VPL justifica-se pelo fato que ele indica o potencial de criação de valor de um investimento, sendo maior que zero, o investimento fornece uma renda extra ao investidor, sendo assim um projeto favorável que pode ser aceito, se for negativo é porque há perda de dinheiro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Diagnóstico e pré-avaliação

Qualquer processo produtivo envolve insumos, processos e saídas, que resultam no produto final, entretanto muitas vezes em paralelo ao processo produtivo se realiza outro similar, cujo resultado é composto de desperdícios que podem representar uma parcela considerável dos custos de produção.

As entradas e saídas, apresentadas no processo produtivo de queijos, são designadas como aspectos ambientais, e a cada um destes aspectos está associado ao menos a um impacto ambiental, que conforme o CETESB (2008), é qualquer alteração das propriedades físico-químicas e/ou biológicas do meio ambiente, devido à ação humana.

Os principais impactos ambientais do setor de laticínios estão relacionados ao alto consumo de água, à geração de efluentes com alta concentração de orgânicos, ao alto consumo de energia, à geração de resíduos, às emissões atmosféricas e ao ruído e vibração provenientes de máquinas e equipamentos. O Quadro 1 apresenta todas as etapas do processo de produção dos queijos mussarela e prato na indústria de laticínios, com suas respectivas entradas e saídas.

Quadro 1 - Etapas do processo produtivo de queijos prato e mussarela e suas respectivas entradas e saídas

Etapas do processo produtivo	Queijo Mussarela	Queijo Prato	Entradas (matéria-prima, insumos, auxiliares)	Saídas (produtos, resíduos, subprodutos)
Recepção	X	X	Leite cru	Leite rejeitado
Padronização	X	X	Energia elétrica	Lodo
Pasteurização	X	X	Energia elétrica, Água, Vapor	Emissão atmosférica, Ruído, Vapor e Calor
Resfriamento	X	X	Energia elétrica	Calor, Ruído e Vapor

Etapas do processo produtivo	Queijo Mussarela	Queijo Prato	Entradas (matéria-prima, insumos, auxiliares)	Saídas (produtos, resíduos, subprodutos)
Adição de Ingredientes	X	X*	Cloreto de cálcio, Fermento láctico, Coalho *Corante Urucum para queijo prato	-----
Coagulação	X	X	Água, combustível	Soro
Corte da Coalhada	X	X	Água, combustível	Retalhos de queijo, Soro
Repouso	X	X	-----	-----
Primeira Mexedura	X	X	-----	-----
Segunda Mexedura e Aquecimento	X	X	-----	-----
Dessoragem	X	X	-----	-----
Fermentação	X			
Filagem	X			
Pré-prensagem	X	X	Energia elétrica	Soro
Moldagem e Enformagem	X	X	Energia elétrica	Soro
Prensagem	X	X	Energia elétrica	Soro
Viragem	X	X	-----	-----
Salga	X	X	Salmoura	Efluente líquido
Secagem	X	X	Energia elétrica e Combustível	Emissão atmosférica e Calor
Maturação		X		
Embalagem	X	X	Energia elétrica e Embalagens	Resíduos de embalagens, Restos de produto e Ruído
Estocagem	X	X	-----	-----

Fonte: Dados da pesquisa.

Ainda, é necessário identificar as entradas e saídas referentes aos processos de limpeza e desinfecção dos materiais e equipamentos, assim como as atividades envolvidas no processo de controle de qualidade dos produtos, em virtude da geração de resíduos no final dos processos, conforme consta no Quadro 2.

Quadro 2 - Entradas e saídas dos processos de limpeza e desinfecção e de controle de qualidade

Processo	Entradas	Saídas
Limpeza e desinfecção	Energia elétrica, combustível, água, produtos químicos	Vapor, calor, efluentes líquidos, emissões atmosféricas, resíduos
Controle de qualidade (análises físico-químicas e microbiológicas)	Amostras, produtos químicos, materiais de laboratório, microrganismos	Resíduos, efluentes líquidos, material autoclavado, meios de cultura, soluções fora da validade e/ou contaminadas

Fonte: Dados da pesquisa.

4.2 Propostas de medidas de PML

Inicialmente procurou-se, considerando os resíduos e efluentes gerados pela indústria de laticínios, propor medidas de PML, visando minimizar seus impactos no meio ambiente, por meio da destinação adequada dos produtos, subprodutos e resíduos gerados. Estas medidas são apresentadas nos Quadros 3 e 4.

Quadro 3 - Sugestões para o Gerenciamento de Resíduos em Laticínios com base no Nível 1 da PML

Sugestão	Descrição
Minimização das embalagens das matérias-primas (Housekeeping)	Através do planejamento da compra da matéria-prima é possível adquirir matérias-primas em embalagens que contenham o máximo de insumo necessário.
Controle de materiais armazenados (Housekeeping)	Afeta diretamente na redução da perda de materiais e geração de resíduo. Pode ser através do Sistema <i>Just in Time</i> , Sistema FIFO (<i>First in fort out</i>), entre outros métodos. Com essas medidas podem-se diminuir os impactos ambientais e redução na compra de matéria-prima.
Separação do Lodo gerado na clarificação (Modificação tecnológica)	O uso de centrifugas para clarificação do leite facilita a segregação do lodo e seu eventual uso posterior. O lodo pode ser preparado e utilizado na alimentação do gado devido ao seu alto teor nutritivo, porém, deverão ser eliminados possíveis organismos patogênicos de modo a não permitir que se tornem fonte de infecção. Haverá redução no custo do tratamento do efluente final; possibilidade de negócio com a venda para produção de alimentação animal.
Realização do processo da salga à seco (Modificação no processo)	Muitas queijarias realizam o processo de imersão na salmoura. Sugere-se que o processo seja realizado à seco. No caso, o sal é passado ou espalhado uniformemente sobre a superfície do queijo a qual deve aderir. A remoção a seco do sal não afeta o produto final, mas apresenta benefícios ambientais e também para a indústria, já que o sal removido pode ser reusado enquanto mantiver condições higiênicas apropriadas. Haverá uma redução na carga poluidora do efluente, especialmente condutividade.
Utilização da água pressurizada para limpeza de superfícies (Housekeeping)	O uso de água pressurizada aumenta a eficiência da limpeza devido a ação mecânica exercida para a remoção da sujeira. Com esta medida pode-se reduzir o consumo de água e a quantidade de final de resíduo.
Uso do sistema CIP para limpeza (Modificação tecnológica)	O CIP (<i>Clean in Place</i>) é um processo no qual a solução de limpeza e desinfecção circula num circuito que não precisa ser desmontado. Consiste na passagem sequencial de produtos de limpeza, desinfecção e enxague através de tubulação interna aos equipamentos/máquinas. A princípio haverá um custo de equipamentos e energia, porém os benefícios gerados são compensadores: redução no consumo de água, redução nas embalagens de limpeza, redução nos produtos químicos, reuso da água.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 4 - Sugestões para o Gerenciamento de Resíduos em Laticínios com base no Nível 2 da PML

Sugestão	Descrição
Utilização do soro (Reciclagem interna)	Ao considerar que a produção de soro pode chegar a nove vezes a quantidade de queijo produzido, verifica-se que sua contribuição no efluente final é muito significativa. Propõe-se a utilização do soro como matéria-prima para fabricação de alimentação animal, soro em pó, leite fermentado, entre outras. A adoção desta medida reduz o custo de tratamento do efluente e de sua carga orgânica, além de gerar benefício econômico.
Recuperação de energia do tratamento térmico do leite (Reciclagem interna)	O tratamento térmico do leite demanda grande consumo de energia. Visando recuperar essa energia, pode-se optar pelo uso de trocadores de calor: na saída do pasteurizador/esterilizador, no preaquecimento do leite refrigerado e na entrada e circuito de circulação do mesmo. Deste modo a energia elétrica será reutilizada e consequentemente o consumo será reduzido.
Reutilização/Recirculação da água (Reciclagem interna)	Recirculação da água não poluente (resfriamento). Utilização da última água de lavagem dos equipamentos para a limpeza do chão (por exemplo). Com isso haverá redução de consumo de água, levando a uma economia financeira e corroborando com o meio ambiente.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com base nos resultados é possível observar que as medidas propostas abrangem todos os níveis da organização, fato este, que segundo Silva et al. (2013) é uma das características da implantação da metodologia PML, uma vez que ela pressupõe mudanças em todos aspectos organizacionais relacionados com a produção e processos e a busca pela melhoria contínua, o que também é uma meta de gestão da qualidade. É possível identificar, que nas ações propostas no nível 2 da PML relacionadas a reciclagem interna, muitas vezes podem trazer lucros para a empresa, como é o caso do soro. Buss e Henkes (2014) afirma que o beneficiamento do leite gera resíduos que ao mesmo sendo altamente poluidores, podem se tornar lucrativos se tiverem uma destinação final adequada.

4.3 Viabilidade Econômica

Dentro da gestão da qualidade nas organizações, a preocupação com o meio ambiente é a pedra-fundamental em discussão hoje em prática sobre o direcionamento do processo produtivo para a gestão responsável dos recursos, e não apenas para a geração de riqueza e consumo. O tratamento de efluentes industriais está inserido neste cenário, e com este propósito, diversas formas para tratar os efluentes foram estudadas e desenvolvidas. Porém, antes de escolher qualquer opção de tratamento, deve-se levar em consideração a necessidade de cada empresa, assim como, área para a construção, tipo de efluente a serem tratados, parâmetros e valores estabelecidos por lei a serem obedecidos, condição climática do local e o mais importante a disponibilidade de recursos financeiros.

Nesse contexto, vários laticínios, como o em estudo, têm seus questionamentos voltados ao destino do soro do leite, visto que esse é um dos mais representativos efluentes das queijarias, porém, estas deparam-se com suas limitações financeiras. Conforme Kubota e Rosa (2013), a situação ideal seria que o soro de leite não existisse na fabricação de queijo, no entanto como isso é impossível, é preciso investir na busca de opções de utilização deste resíduo como matéria-prima para a fabricação de outros subprodutos. Deste modo, procurou-se realizar um estudo de viabilidade econômica comparativa com três processos distintos relacionados com o destino do soro do leite a fim de mostrar qual o processo mais rentável que a empresa poderá investir.

Inicialmente procurou-se quantificar a quantidade de leite recepcionada, produção de queijo e de geração de soro, na Tabela 1 é apresentada essas quantificações.

Tabela 1- Quantificação de produção de queijo, recepção de leite e soro de queijo

	Dia	Mês
Produção de queijo (kg)	10000	200000
Recepção de leite (l)	92000	1840000
Soro do queijo (l)	79000	1580000

Fonte: Elaborado pelos autores.

O laticínio em estudo possui instalado o processo de resfriamento do soro, sendo assim o soro é resfriado e posteriormente enviado para indústrias de secagem do soro, deste modo a empresa lucra com essa venda, porém também há um custo com esse processo. Diante disso, outras duas propostas de destinos do soro do queijo são propostas, além do resfriamento, que é o processo de resfriamento do leite dentro de tanques por meio de placas de água gelada, as outras duas são:

- Processo de pré-concentração:* é um processo que elevará a concentração dos sólidos totais (ST) de 6 a 18% dando origem ao soro pré-concentrado, que resultará no soro de leite em pó desmineralizado, com destino a indústria alimentícia (como de chocolates) e indústria de rações;
- Processo de secagem:* processo de retirada da umidade que terá como produto final o leite em pó comum, destinado às indústrias de panificação, sorvetes, embutidos e rações;

Os investimentos nesses três processos para o destino do soro do leite são apresentados no Quadro 5. Salienta-se que mesmo a empresa já tendo instalado em sua planta o processo de resfriamento, adicionaram-se aqui as informações para servir de base para pequenas queijarias que querem obter uma nova forma de lucro por meio da venda do soro do leite visto que muitas queijarias não possuem esse sistema de resfriamento instalado.

Quadro 5 - Informações de valores utilizados sobre investimento e custos para a instalação de unidades de resfriamento

	Resfriamento	Pré-concentração	Secagem
Investimentos	Resfriador para 18.000 litros/hora = R\$17.400,00 (conjunto de placas de circulação de água gelada x soro quente) + tanque 30.000 litros + compressor de frio	Equipamento capacidade de 6.000 l/hora = R\$300 mil - Valor considerado na análise financeira: R\$ 310 mil	- Torre de secagem para até 380.000 litros de soro fluido /dia = 2,45 milhões; Valor considerado na análise financeira: R\$ 2,5 milhões
Custos Operacionais	R\$ 0,02 por litro R\$	R\$ 0,06 por litro	R\$ 1,30/kg
Valor de venda	R\$ 0,04 por litro	R\$ 1,40/kg de sólidos, equivalente a R\$ 0,09 por litro pré-concentrado	R\$ 2,90/kg
Outras informações	- Manutenção do resfriador: 2 vezes por ano R\$ 1.800,00; - Na maioria das vezes, o soro é entregue resfriado sem custo para indústrias de secagem ou para produtores rurais.		- Substituição de membrana: R\$80 a 120 mil a cada 2 anos; - Equivalência técnica: 1 kg de soro seco consome 17 litros de soro in natura

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tendo os valores de investimentos necessários, custos de produção e valores de venda realizou-se o cálculo de VPL para 12 meses, 36 meses e 60 meses. Usou-se a taxa Selic (1,1628% a.m.) baseada no mês de março para prover os cálculos. Na Tabela 2 pode-se observar a comparação entre os cenários criados.

Tabela 2 - Valor Presente Líquido e Lucro Líquido para 12, 36 e 60 meses

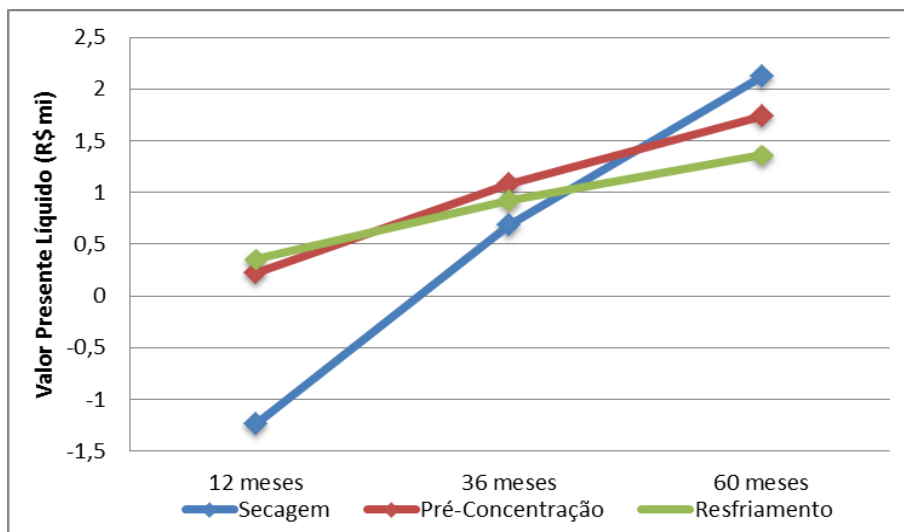
Cenários	12 meses		36 meses		60 meses	
	VPL (R\$)	L.L. (R\$)	VPL (R\$)	L. L. (R\$)	VPL (R\$)	L. L. (R\$)
Resfriamento	352.029,18	379.200,00	925.191,31	1.137.600,00	1.359.478,79	1.896.000,00
Pré-concentração	221.607,01	258.800,00	1.081.350,22	1.396.400,00	1.732.781,43	2.534.000,00
Secagem	(1.239.162,03)	(1.172.800,00)	683.848,26	1.396.600,00	2.121.751,91	3.966.000,00

Fonte: Elaborado pelos autores.

VPL: Valor Presente Líquido.

L.L.: Lucro Líquido no final do período.

Verifica-se que para o prazo de um ano o resfriamento é a melhor opção, visto o valor de VPL e do Lucro Líquido (L.L.), salienta-se que o laticínio já trabalha com esse processo. Corroborando com o diagnóstico da Tabela 2, no Gráfico 1 é possível verificar conjuntamente o resultado por meio da inspeção gráfica.

Gráfico 1 - Comparação do VPL entre os três cenários e processos de destino do soro

Fonte: Elaborado pelos autores.

Diante de um prazo médio, de 36 meses, o processo de pré-concentração apresentou melhor resultado, com um VPL maior que o processo de Resfriamento e Secagem e o Lucro Líquido ao final do período sendo praticamente equivalente ao do processo de secagem. Entretanto, uma gestão bem elaborada nas organizações, é aquela que apresenta um planejamento estratégico eficiente, planejando seus resultados ao longo prazo, dentro disso na análise de 60 meses, o processo de secagem é altamente viável, sendo a melhor opção, apresentando o melhor VPL e um L.L no final desses anos de aproximadamente 4 milhões de reais. Este valor é mais que o dobro do valor, caso a empresa continue utilizando o processo de resfriamento e posterior venda do soro. Reitera-se que para mais de 60 meses, o investimento mais viável continuará sendo o de Secagem.

Nesse sentido, embora a alternativa tenha um custo elevado, é importante que a indústria invista na prevenção dos impactos causados pela sua atividade. Wissmann, Hein e Neuls (2013) já comprovaram em seus estudos na indústria de laticínios, que com o passar dos anos, os gastos que eram considerados como despesas ou custos adicionais, passaram a ter uma conotação de aplicação de recursos em ganhos futuros, tendo em vista que a maioria das empresas não tem a consciência que perdas de produção, se aplicadas corretamente, podem vir a se tornar uma fonte de lucro.

5. CONCLUSÕES

Os resultados permitem inferir que as medidas propostas no estudo podem ser utilizadas como um modelo para empresas que ainda não adotaram soluções para o gerenciamento dos

seus resíduos, tendo em vista que o tipo de resíduo gerado não difere muito dentre as indústrias do setor de laticínios.

As ações propostas conseguiram abranger os níveis 1 e 2 da metodologia de Produção Mais Limpa, o que demonstra que através da aplicação das medidas propostas, é possível reduzir a geração do resíduo na fonte através de modificações no processo produtivo e reaproveitar alguns resíduos para outros fins, como é o caso do soro e da água.

Percebe-se a necessidade do desenvolvimento de uma cultura ambiental dentro das empresas, que viabilize a identificação dos impactos ambientais gerados pelos seus resíduos no meio ambiente e que busque soluções para destinação dos mesmos, posto isto, foram propostas três opções de destinação para o soro do laticínio, com base nos cálculos de VPL e L.L., a opção de secagem demonstrou ser a mais rentável para esse laticínio, no longo prazo, mesmo demandando de alto investimento inicial. Assim, a secagem do soro demonstra ser uma alternativa eficiente tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico.

Neste cenário, a adoção de metodologias como a PML torna-se fundamental, uma vez que ela abrange a geração de resíduos desde o início do processo de produção, tentando evita-los. Por fim, é importante salientar que dar um destino correto a alguns resíduos nem sempre é uma tarefa simples, muitas vezes envolve grandes investimentos, porém no comparativo final sobre os resultados obtidos tornam perceptíveis a compreensão sobre a transformação de possíveis problemas em soluções vantajosas para a empresa estudada.

6. REFERÊNCIAS

- AMATO NETO, J. (Org.). (2011). **Sustentabilidade e Produção: teoria e prática para uma gestão sustentável**. São Paulo: Atlas, 2011.
- BEGNINI, B. C., RIBEIRO, H. B. (2014). Plano para redução de carga poluidora em indústria de laticínios. **Meio Ambiente**, v. 3, n. 1, p. 19-30, 2014.
- BERLIN, J.; SONESSON, U.; TILLMAN, A. M. (2007). A life cycle based method to minimise environmental impact of dairy production through product sequencing. **Journal of Cleaner Production**. v. 15, n. 4, p. 347-356, 2007.
- BEZERRA, J. R. M. V.(2008). **Tecnologia de Fabricação de derivados do leite**. Departamento de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual Do Centro-Oeste (Unicentro). Editora Unicentro. Guarapuava, 2008.
- BRANDÃO, S. (1994). Soro: um desafio para as fábricas de queijo. **Leite & Derivados**, n. 15, p 13-19, 1994.
- BRASIL. (1996). Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Portaria nº 146, de 07/03/96. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos**. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1996.

- BUCCELLI, D. O.; COSTA NETO, P. L. O. (2014). Importância dos processos gerenciais nos resultados de produção mais limpa: um estudo na indústria do plástico. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 662-673, 2014.
- BUSS, D. A.; HENKES, J. A. (2014). Estudo dos impactos ambientais causados por laticínios com foco no reaproveitamento dos resíduos gerados. **Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 3, n. 2, p. 384-395, 2014.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. (2008). **Guia Técnico Ambiental de Produtos Lácteos - Série PL**. 2008. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/producao_limpa/documentos/laticinio.pdf>. Acesso em: 4 de Março de 2016.
- CRITTENDEN, B.; KOLACZKOWSKI, S. (1995). **Waste minimization: a practical guide**. England: IChemE, 1995. 81 p.
- DALL BOSCO, W. A. (2013). **Programa de produção mais limpa em uma indústria de laticínios de médio porte**. Florianópolis: UFSC, 2013. 109 p. Monografia – Programa de graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.
- DIAS, R. **Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. (2011). São Paulo: Atlas.
- FABBI, L. M.; FRANÇA, R. G.; TOMAZELLI, I. B.; FILLIPINI, T. A. (2007). Monitoramento de efluentes de agroindústrias de Chapecó, Santa Catarina. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v. 1, n. 2, p 67-82, 2007.
- FERREIRA, D. G.; SANDRI, D. (2011) Influência da aplicação das boas práticas de fabricação sobre a quantidade e qualidade do efluente bruto de uma indústria de laticínios em Caldazinha-GO. **Revista brasileira de Ciências Ambientais**, v. 20, p.66-82, 2011.
- FISHER, P. M. J.; SCOTT, R. (2008). Evaluating and controlling pharmaceutical emissions from dairy farms: a critical first step in developing a preventative management approach. **Journal of Cleaner Production**. v. 16, n. 14, p. 1437-1446, 2008.
- GAUCHE, C.; TOMAZI, T.; BARRETO, P. L. M.; OGLIARI, P. J.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. (2009). Physical properties of yoghurt manufactured with mil whey and transglutaminase. **LWT - Food and Science Technology**, v. 42, p. 239-243, 2009.
- HOHENDORFF, C. G.; SANTOS, D. (2006). **Produção de Queijos**. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos. Florianópolis, 2006.
- INFORMA ECONOMICS FNP. (2016). **Produção mundial de leite**. Disponível em: <<http://www.leitebomcomtudo.com.br/blog/mercado/producao-mundial-de-leite/>>. Acesso em: 10 Abr. 2016.
- KONING, A. (2008). **Comportamento das águas residuárias brutas e tratadas provenientes de uma industria de laticínios durante um dia de funcionamento**. In: Congresso

- Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, XXVII, 2008, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: 2008.
- KUBOTA, F. I.; ROSA, L. C. da. (2013). Identification and conception of cleaner production opportunities with the Theory of Inventive Problem Solving. **Journal of Cleaner Production**, v. 47, p. 199-210, 2013.
- MACHADO, R. M. G. (2006). Responsabilidade Ambiental. **Revista Leites & Derivados**, v.15, p. 29, 2006.
- MORRILL, W. B. B.; ROLIM, M. M.; BEZERRA NETO, E.; PEDROSA, E. M. R.; OLIVEIRA, V. S.; ALMEIDA, G. L. P. de. (2012). Produção e nutrientes minerais de milho forrageiro e sorgo sudão adubado com soro de leite. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 2, 2012.
- NGUYEN, M. H.; DURHAM, R. J. (2004). Status and prospects for cleaner production in the dairy food industry. **Australian Journal of Dairy Technology** v. 59, n. 2, p. 171-173, 2004.
- ÖZBAY, A.; DEMIRER, G. N. (2007). Cleaner production opportunity assessment for a milk processing facility. **Journal of Environmental Management** v. 84, n. 4, p. 484-493, 2007.
- PEREIRA, G. R.; SANT'ANNA, F. S. P. (2012). Uma análise da produção mais limpa no Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 24, p. 17-26, 2012.
- PRAZERES, A. R.; CARVALHO, F.; RIVAS, J.; PATANITA, M. DORES, J.(2014). Reuse of pretreated cheese whey wastewater for industrial tomato production. **Agricultural Water Management**, v. 10, p. 87-95, 2014.
- PRAZERES, A. R.; RIVAS, J.; PATANITA, M.; ALMEIDA, M. A.; DORES, J. CARVALHO, F. (2016). Agricultural reuse of cheese whey wastewater treated by NaOH precipitation for tomato production under several saline conditions and sludge management. **Agricultural Water Management**, v. 167, p. 62-74, 2016.
- SENAI RS, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. (2003). **Implementação de Programas de Produção mais Limpa**. Porto Alegre: Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS/UNIDO/INEP, 2003.
- SCHWANKE, C. (Org.).(2003). **Ambiente: tecnologias**. Porto Alegre: Bookman.
- SEIFFERT, M. E. B. (2011). **Gestão Ambiental: Instrumentos, Esferas de Ação e Educação Ambiental**. 2 ed. São Paulo: Atlas.
- SEO, Y. H.; SUNG, M.; HAN, J. I. (2016). Lactulose production from cheese whey using recyclable catalyst ammonium carbonate. **Food Chemistry**, v. 197, p. 664-669, 2016.
- SILVA, P. C. da. (2006). Responsabilidade Ambiental. **Revista Leites & Derivados**. Editora Dipemar: São Paulo, Ano 15, p. 29, maio/jun, 2006.
- SILVA, D. A. L.; DELAI, I.; CASTRO, M. A. S.; OMETTO, A. R. (2013). Quality tools applied to Cleaner Production programs: a first approach toward a new methodology. **Journal of Cleaner Production**, v. 47, p. 174-187, 2013.

- SPERLING, V. (1997). **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. v. 4. Lodos Ativados. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e ambiental, 1997.
- TESSER, I. C.; FARINA, L. O.; SCHREPP, T.; MENDONÇA, S. N. T. G. (2010). Elaboração de pão de queijo adicionado de soro de queijo em pó. **Revista do Instituto de Laticínio Candido Tostes**, v. 6, n. 372, p. 3-8, 2010.
- VIEIRA, J. E. de A. (2015). **Portaria Nº 146 de 07 de março de 1996 - Anexo I - Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos**. Publicado no DOU, de 11 de março de 1996. Disponível em: <<http://www.sfdk.com.br/imagens/lei/Portaria%20146%20-%20ANEXO%20I.htm>>. Acesso em: 28 de Março de 2015.
- VILLA, R. D.; SILVA, M. R. A.; NOGUEIRA, R. F. P. (2007). Potencial de aplicação do processo foto-fenton/solar como pré-tratamento de efluente da indústria de laticínios. **Química nova**, São Paulo, v. 30, n. 8, p. 1799-1803, 2007.
- VOURCH, M.; BALANNEC, B.; CHAUFER, B.; DORANGE, G. (2008). Treatment of dairy industry wastewater by reverse osmosis for water reuse. **Desalination**, v. 219, p. 190-202, 2008.
- WISSMANN, M. A.; HEIN, A. F.; NEULS, H. (2013). Geração de resíduos: uma análise da ecoeficiência nas linhas de produção em uma indústria de laticínios e a influência sobre os custos ambientais. **Custos Agronegócios Online**, v. 9, n. 4, p. 83-104, 2013.