

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - *CAMPUS* RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

**OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA *CLEAN IN PLACE* EM
ESTERILIZADORES DE PRODUTOS LÁCTEOS**

Autor: Fábio Martins de Paula
Orientador: Dr. Marco Antônio Pereira da Silva
Coorientadora: Dr^a. Geovana Rocha Plácido

Rio Verde - GO
Novembro - 2016

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - *CAMPUS* RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

**OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA *CLEAN IN PLACE* EM
ESTERILIZADORES DE PRODUTOS LÁCTEOS**

Autor: Fábio Martins de Paula
Orientador: Dr. Marco Antônio Pereira da Silva
Coorientadora: Dr^a. Geovana Rocha Plácido

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - *Campus* Rio Verde - Área de concentração Ciência de Alimentos.

Rio Verde - GO
Novembro - 2016

Paula, Fábio Martins de.

Otimização do sistema *clean in place* em esterilizadores de produtos lácteos/Fábio Martins de Paula. - 2016.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antônio Pereira da Silva.
Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos.

1. Esterilizadores Rossi & Catelli; CIP; Incrustação; Biofilmes; Derivados lácteos. Dissertação (Mestrado). I. Marco Antônio Pereira da Silva. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde.


**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**


**OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA *CLEAN IN PLACE* EM
ESTERILIZADORES DE PRODUTOS LÁCTEOS**


Autor: Fábio Martins de Paula
Orientador: Marco Antônio Pereira da Silva

TITULAÇÃO: Mestre em Tecnologia de Alimentos – Área de Concentração
em Tecnologia e Processamento de Alimentos.

APROVADA em 11 de novembro de 2016.


Prof. Dr. Edmar Soares Nicolau
Avaliador externo
UFG/Goiânia


Prof^ª. Dr^ª. Karen Martins Leão
Avaliadora interna
IF Goiano/Rio Verde


Prof. Dr. Marco Antônio Pereira da Silva
Presidente da banca
IF Goiano/Rio Verde

Dedico a Deus, a minha esposa Rosimeire Reinaldo da Silva Martins e filha Lorrainy da Silva Martins, aos meus Pais Geni Martins de Paula e Maria Martins Rodrigues, às minhas irmãs Édna Aparecida Martins e Viviane Martins de Paula, ao meu orientador Dr. Marco Antônio Pereira da Silva.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, ao nosso Senhor Jesus Cristo, por ter guiado meus passos e ao Espírito Santo, por ter me capacitado nessa conquista tão importante e sonhada para a minha vida, tenho consciência de que esta vitória só foi possível com a permissão Deles.

Em especial a minha esposa Rosimeire e filha Lorrainy, pela paciência e compreensão, por estarem apoiando meus esforços sem nada cobrarem. Obrigado por vocês existirem, seria muito difícil conseguir sem a presença e o carinho das duas, sem dúvida nenhuma, um dos melhores presentes dados por Deus é a nossa família e eu sou muito grato por isso.

Aos meus Pais, Geni e Maria, que sempre ensinaram com veemência os verdadeiros valores da vida, as minhas irmãs Édna e Viviane, pelo carinho que sempre depositaram em mim.

Ao meu orientador Dr. Marco Antônio Pereira da Silva, pela dedicação, paciência e confiança depositadas ao longo de todo o mestrado, pela sua amizade e extraordinária competência nas revisões realizadas, foi o fator fundamental para a conclusão dos trabalhos. Serei sempre grato por tudo, tenho certeza que Deus colocou o orientador certo na hora certa.

A minha coorientadora Dr^a. Geovana Rocha Plácido, ao Professor Dr. Edmar Soares Nicolau e a Professora Dr^a. Karen Martins Leão, pela confiança depositada em mim.

Aos meus colegas mestrados, que mesmo com toda pressão e dificuldades encontradas ao longo de nossa caminhada, sempre nos apoiamos e mantivemos continuamente o bom humor.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Fábio Martins de Paula, filho de Geni Martins de Paula e Maria Martins Rodrigues, nasceu no dia 29 de setembro de 1978, na cidade de Santa Helena de Goiás, Goiás. Iniciou as atividades profissionais em laticínios em maio de 1998, atuando como ajudante geral, no ano de 1999 foi promovido a auxiliar de produção, em 2001 foi promovido a operador de máquinas, no ano de 2003, foi promovido a operador líder. Em agosto de 2002, ingressou no curso Técnico em Alimentos do Centro Federal de Educação Tecnológica de Rio Verde – GO, concluindo em dezembro de 2003. Em 2006, ainda na indústria de laticínios foi promovido a líder de produção. Em fevereiro de 2006, iniciou no curso de Licenciatura em Matemática na Universidade Estadual de Goiás (UEG) na cidade de Santa Helena de Goiás – Goiás, tendo concluído em dezembro de 2010. Ainda em 2010, passou a trabalhar em outro laticínio como encarregado de turno, no ano de 2014, foi promovido a supervisor de produção. Em agosto de 2011, iniciou a Pós-Graduação *Lato Sensu* em Matemática e Física oferecido pela Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas ministrada no Instituto Cidade, em Rio Verde - Goiás, tendo concluído em 2013. Em setembro de 2015, iniciou o Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde - GO, sob a orientação do Professor Dr. Marco Antônio Pereira da Silva, tendo concluído o mesmo em novembro de 2016. Em outubro de 2016, passou a trabalhar em nova indústria de laticínios como Coordenador de Pesquisa e Desenvolvimento de Novos Produtos.

ÍNDICE

	Página
INTRODUÇÃO GERAL	14
REVISÃO DA LITERATURA	16
Higiene na Indústria.....	16
Sistema <i>Clean In Place</i> (CIP).....	17
Formação de Biofilmes.....	18
Otimização da Limpeza CIP.....	19
Alterações nos Tempos de Circulação de Solução Alcalina e Ácida.....	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
OBJETIVOS	24
OBJETIVO GERAL	24
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
METAS	24
CAPÍTULO I: OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA <i>CLEAN IN PLACE</i> EM ESTERILIZADORES DE PRODUTOS LÁCTEOS	25
INTRODUÇÃO	26
MATERIAL E MÉTODOS	27
Cálculos Utilizados para Determinar os Tempos de Produção dos Esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30.....	27
Ensaio Laboratoriais.....	29
Ensaio com Solução Alcalina.....	29
Ensaio com Solução Ácida.....	30
Ensaio nos Equipamentos Rossi & Catelli.....	31
Eficácia do Clean In Place (CIP) com Solução Alcalina e Ácida em Esterilizadores Rossi & Catelli.....	31
1º Teste – CIP's Realizados nos Esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30, utilizando o Método Tradicional sem Alteração de Tempos e Temperaturas....	32
2º Teste – Realizados nos Esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30 com 90°C e Concentração de 3,0% para a Solução Alcalina e 70°C e Concentração de 1,0% para Solução Ácida sem Alteração de Tempos.....	33
3º Teste – Realizados nos Esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30 com 90°C e Concentração de 3,5% para a Solução Alcalina e 70°C e Concentração de 1,0% para Solução Ácida com Alteração de Tempos.....	33
4º Teste – Realizados nos Esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30 com 90°C e Concentração de 3,0% para a Solução Alcalina e 70°C e Concentração de 1,0% para Solução Ácida com Alteração de Tempos.....	34
5º Teste – Realizados nos Esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30 com 90°C e Concentração de 4,0% para a Solução Alcalina e 70°C e Concentração de 1,0% para Solução Ácida com Alteração de	34

Tempos.....	35
Contagens de Aeróbios Mesófilos, Coliformes Totais e Termotolerantes.....	35
Teste de Adenosina Trifosfato (ATP).....	36
Análise estatística.....	36
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
Testes Laboratoriais.....	37
Contagens de Aeróbios Mesófilos, Coliformes Totais e Termotolerantes e ATP nas Superfícies dos Equipamentos Rossi & Catelli 20 e 30.....	45
Benefícios com a Otimização do CIP nos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30.....	48
CONCLUSÃO.....	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
CONCLUSÃO GERAL.....	52

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
CAPÍTULO I: OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA <i>CLEAN IN PLACE</i> EM ESTERILIZADORES DE PRODUTOS LÁCTEOS.....	25
TABELA 1 – Descrição das alterações realizadas nos cinco testes citados, relatando: tempo (minutos), temperatura (°C) e concentração (%). Nas situações de circulação lado leite (CLL) e circulação lado inverso (CLI).....	32
TABELA 2 - Valores médios do tempo de ação (minutos) do detergente alcalino (soda cáustica líquida) sob sujidades do esterilizador Rossi & Catelli em diferentes temperaturas e concentrações.....	37
TABELA 3 - Valores médios do resíduo solubilizado (%) em detergente ácido (ácido nítrico) sob sujidades do esterilizador Rossi & Catelli em diferentes temperaturas e concentrações.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO I: OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA <i>CLEAN IN PLACE</i> EM ESTERILIZADORES DE PRODUTOS LÁCTEOS.....	25
FIGURA 1 – Incrustação do esterilizador Rossi & Catelli após dois ciclos de 30 horas de produção, com um <i>clean in place</i> intermediário entre os ciclos.....	29
FIGURA 2 – Ensaio com solução alcalina. 2 A – Resíduo de sujidade imergido na solução alcalina; 2 B – Resíduo de sujidade no início da agitação; 2 C – Resíduo de sujidade durante a agitação e 2 D – Resíduo de sujidade totalmente solubilizada.....	30
FIGURA 3 – Ensaio com solução ácida. 3 A – Resíduo de sujidade imergido na solução ácida; 3 B – Resíduo de sujidade no início da agitação; 3 C – Resíduo de sujidade durante a agitação e 3 D – Resíduo de sujidade após 75 minutos de agitação.....	31
FIGURA 4 - Incubação para análise de swab. 4 A - Cotonete imerso na água salina fisiológica; 4 B - Amostra sendo incubada na placa 3M™ Petrifilm™ para contagem de aeróbios; 4 C – Amostra sendo incubada na placa 3M™ Petrifilm™ para contagem de coliformes.....	36
FIGURA 5 – Superfície antes do CIP. 5A – Superfície interna da câmara de vácuo; 5B – Superfície interna do tubo de retardamento, 5C – Superfície interna da válvula 107; 5D – Superfície da membrana de nível da câmara de vácuo.....	40
FIGURA 6 – Superfície após CIP aplicado no 1º teste. 6A – Superfície interna da câmara de vácuo; 6B – Superfície interna do tubo de retardamento, 6C – Superfície interna da válvula 107; 6D – Superfície da membrana de nível da câmara de vácuo.....	41
FIGURA 7 – Superfície após CIP aplicado no 2º teste. 7A – Superfície interna da câmara de vácuo; 7B – Superfície interna do tubo de retardamento, 7C – Superfície interna da válvula 107; 7D – Superfície da membrana de nível da câmara de vácuo;.....	42
FIGURA 8 – Superfície após CIP aplicado no 3º teste. 8A – Superfície interna da câmara de vácuo; 8B – Superfície interna do tubo de retardamento, 8C – Superfície interna da válvula 107; 8D – Superfície da membrana de nível da câmara de vácuo.....	43
FIGURA 9 – Superfície após CIP aplicado no 4º teste. 9A – Superfície interna da câmara de vácuo; 9B – Superfície interna do tubo de retardamento, 9C – Superfície interna da válvula 107; 9D – Superfície da membrana de nível da câmara de vácuo.....	44
FIGURA 10 – Superfície após CIP aplicado no 5º teste. 10A – Superfície interna da câmara de vácuo; 10B – Superfície interna do tubo de retardamento, 10C – Superfície interna da válvula 107; 10D – Superfície da membrana de nível da câmara de vácuo.....	45
FIGURA 11 - Resultados médios da contagem de aeróbios mesófilos nos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30. 11A – Tanque de equilíbrio. 11B – Tubo de retardamento. 11C – Válvula 107. 11D – Câmara de vácuo.....	46
FIGURA 12 - Resultados médios da contagem de adenosina trifosfato (ATP)	47

nos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30. 12A – Tanque de equilíbrio. 12B
– Tubo de retardamento. 12C – Válvula 107. 12D – Câmara de vácuo.....

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Símbolo	Sigla
%	Por cento
≅	Aproximadamente
AC	Aerobic count
APPCC	Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle
ASF	Água salina fisiológica
ATP	Adenosina Trifosfato
BPF	Boas práticas de fabricação
BPL	Boas práticas de laboratório
CC	Coliform count
CIP	Clean in place
CLI	Circulação lado inverso
CLL	Circulação lado leite
CLP	Controlador lógico programável
g	Gramas
h	Horas
IF Goiano	Instituto Federal Goiano
L	Litros
L/h	Litros por hora
min.	Minutos
mL	Mililitro
°C	Graus celsius
pH	Potencial hidrogeniônico
PLC	Programmable logic controller
PPHO	Procedimento padrão de higiene operacional
UFC	Unidades formadoras de colônia
URL	Unidade relativa de luz

RESUMO

PAULA, Fábio Martins. Otimização do sistema *clean in place* em esterilizadores de produtos lácteos. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Instituto Federal Goiano, Rio Verde, 2016. 52p.

No processo de limpeza *clean in place* (CIP), dos esterilizadores italianos “Rossi & Catelli”, todo o processo é executado por um controlador lógico programável (CLP) ou do inglês Programmable Logic Controller (PLC), que reduz o risco de erro humano. Sendo necessárias duas soluções para a limpeza, uma alcalina e outra ácida. No presente estudo foram utilizados tempos, temperaturas e concentrações variadas para cada solução, quanto ao fluxo foi adotado o mesmo durante a circulação das duas soluções. Constituindo para o produto alcalino a concentração de 3,5% a 4,0% com temperatura de 85°C a 90°C pelo período de 60 minutos, com o fluxo no sentido em que o produto é esterilizado e durante 30 minutos é circulado no tubo localizado na parte superior a câmara de vácuo “tubão”. Para a solução de ácido foram utilizados os seguintes padrões: concentração de 1,0% a 1,5% com temperatura de 70°C a 75°C pelo período de 50 min com o fluxo no sentido em que o produto é esterilizado e durante 25 minutos é circulado no tubo localizado na parte superior a câmara de vácuo “tubão”, durante todo o CIP a vazão do fluxo do equipamento ficou com 26.000L/h no Rossi & Catelli 30 e 19.000L/h no Rossi & Catelli 20, sendo monitorado por um medidor de vazão da marca promag 33. Mesmo com a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) e Boas Práticas de Fabricação (BPF) implantados na indústria, garantindo que os tempos, concentrações, temperaturas e fluxos sejam respeitados, o CIP era ineficiente, ao término é realizada verificação visual (check list) executada pelo operador juntamente com o encarregado do setor, e as sujidades identificadas são removidas manualmente, ocasionando perda de tempo e ranhuras no equipamento causados pela força mecânica empregada na limpeza manual, nesta etapa é utilizado detergente neutro e fibra de limpeza da marca 3M para remoção das sujidades que ainda ficam aderidas no equipamento, mesmo após o processo CIP. As ranhuras podem facilitar a aderência de matéria orgânica e microrganismos, podendo causar formação de biofilmes. O objetivo principal deste trabalho é avaliar a eficiência dos tempos, temperaturas, fluxo e concentrações da solução alcalina e ácida utilizados durante o sistema CIP dos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e Rossi & Catelli 30, com vistas à otimização do processo de limpeza, reduzindo tempo de ação humana após a execução do CIP.

Palavras-chave: Esterilizadores Rossi & Catelli; Incrustação; Biofilmes; Derivados lácteos.

ABSTRACT

In the clean-in-place (CIP) cleaning process of the Italian "Rossi & Catelli" sterilizers, the entire process is performed by a Programmable Logic Controller (PLC), which reduces the risk of human error. Two cleaning solutions are required, one alkaline and one acid. In the present study, different times, temperatures and concentrations were used for each solution, the same flow was adopted during the flow of the two solutions. For the alkaline product the concentration is 3.5% to 4.0% with a temperature of 85 ° C to 90 ° C for a period of 60 minutes with the flow in the direction in which the product is sterilized and for 30 minutes circulating in the tube located in the Top of the vacuum chamber. For the acid solution the following standards were used: 1.0% to 1.5% concentration with a temperature of 70 ° C to 75 ° C for a period of 50 min with flow in the direction in which the product is sterilized and for 25 minutes circulating in the tube above the vacuum of tube chamber. During the entire CIP the flow of the equipment was 26,000L h⁻¹ in the Rossi & Catelli 30 and 19,000L h⁻¹ in the Rossi & Catelli 20, being monitored by A promag 33 flow meter. Even with Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) and Good Manufacturing Practices (GMP) in the industry, ensuring that times, concentrations, temperatures and flows are respected, CIP was inefficient because of the check list executed by the operator together with the person in charge of the sector, where the identified soils are removed manually, causing time waste of time and slots in the equipment caused by the mechanical force used in manual cleaning. In this phase Neutral detergent and 3M brand cleaning fiber are used to remove dirt that is still adhered to the equipment even after the CIP process. The grooves can facilitate the adhesion of organic matter and microorganisms, and can cause formation of biofilms. The main objective of this work is to evaluate the efficiency of the times, temperatures, flow and concentrations of the alkaline and acid solution used during the CIP system of the Rossi & Catelli 20 and Rossi & Catelli 30 sterilizers, in order to optimize the cleaning process, reducing time of human action after the implementation of the CIP.

Key words: Sterilizers Rossi & Catelli; Embedding; Biofilms; Dairy products.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Apesar da legislação embasada nas boas práticas de fabricação (BPF) e no sistema de análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC), percebe-se várias falhas inerentes à segurança do alimento nas indústrias produtoras de alimentos, causando risco não apenas à saúde dos consumidores, mas a própria lucratividade e imagem, demonstrando que mesmo as grandes empresas estão susceptíveis a esses riscos, não se atentando na maioria das vezes às medidas de verificação dos mesmos (BERTI & SANTOS, 2016).

Na indústria, o leite percorre internamente tubulações e conexões de material sanitário que iniciam na ordenha ou plataforma de recebimento da matéria-prima e se estendem até o envase, sendo necessário sistema específico de higienização interna dessas tubulações e conexões (SALCEDO, 2014).

O processo de limpeza *clean in place* (CIP) apresenta papel importante na indústria química e de alimentos, a qualidade e segurança dos produtos somente são possíveis se for executado CIP que permita remoção eficaz de qualquer resíduo químico, orgânico ou microbiológico dos equipamentos e/ou linhas de processo (CARRERA, 2015).

O leite é altamente perecível, existindo a necessidade de execução de tratamentos térmicos como pasteurização e processo UAT (ultra alta temperatura), tendo como principal objetivo preservar a qualidade do produto.

O CIP é o método mais comum e eficaz utilizado nas indústrias de laticínios que envasam produtos como leite e bebidas lácteas, circulando e recirculando soluções de limpeza, e realizando enxágue até a limpeza total em circuito fechado, ou seja, sem a mínima remoção de componentes do sistema para esta tarefa. Os procedimentos de realização do CIP também permitem a proteção do equipamento, aumentando o rendimento de produção (BLEL et al., 2009).

O contato dos alimentos com superfícies mal higienizadas pode acarretar aumento da incidência de microrganismos, que comprometem a qualidade e aumentam os riscos aos quais estão expostos os consumidores ao ingerir esses alimentos. Os resíduos podem ocasionar problemas operacionais em equipamentos, tendo como exemplo, trocadores de calor, acarretando queda de eficiência nas trocas térmicas e elevando a perda de carga do sistema. Esses fatores são fundamentais para justificar a importância da execução de um plano de higienização correto, nas linhas de

processamento de alimentos (JUNIOR et al., 2015).

Os padrões de qualidade estão cada vez mais presentes nas mais variadas etapas do processo produtivo, conseqüentemente, maiores são os lucros para a empresa, aumentando assim a confiabilidade perante ao consumidor e ao mercado (BERTI & SANTOS, 2016).

Além de garantir a qualidade do produto, ultimamente existe maior preocupação com a higienização das superfícies dos equipamentos utilizados no processamento dos alimentos, tendo como foco a redução da velocidade de proliferação de microrganismos sobreviventes ao processo de higienização, contaminação por produtos estranhos ao processo ou resíduos de processamentos anteriores (JUNIOR et al., 2015).

A modernidade dos métodos de produção e processamento de alimentos é baseada em uma gama de variedades e formas tecnológicas e seguras para limpeza e higienização de equipamentos, visando fornecer e manter simultaneamente a segurança alimentar do produto processado e ao mesmo tempo, garantir a qualidade inalterada desde o momento da produção até o consumo final (MEMISIA et al., 2015).

REVISÃO DA LITERATURA

Higiene na Indústria

O método de higienização dos equipamentos nas indústrias de alimentos geralmente baseia-se em experiências empíricas, deixando os equipamentos à mercê de informações oriundas dos fornecedores de detergentes e sanitizantes. São adotados parâmetros semiempíricos provenientes de resultados finais de higienização considerados satisfatórios. Os fenômenos existentes nas reações de remoção têm grande complexidade e requerem a intensificação de trabalhos científicos visando contribuir com os procedimentos adotados pelas indústrias (SISLIAN, 2012).

Cada vez mais as indústrias têm tendência para períodos de produção mais longos, sendo assim, a utilização de equipamentos cada vez mais complexos, a automação de plantas de produção e os padrões microbiológicos cada vez mais rigorosos, vêm trazendo maior preocupação em relação a contaminação de produtos lácteos (BREMER et al., 2006).

As incrustações de resíduos de leite depositadas nas superfícies dos trocadores de calor dos laticínios têm se tornado um dos grandes problemas, sendo necessário na maioria das vezes interromper a produção para limpeza e higienização da planta de processamento na indústria de alimentos uma vez por dia (PAUL et al., 2014).

A higienização ineficiente das superfícies de equipamentos tais como trocadores de calor tem como consequência o acúmulo de resíduos minerais que podem formar incrustações de difícil remoção (MIGUEL et al., 2013).

A eficiência da higiene na indústria de alimentos se transforma em um assunto de constantes estudos e programas, a existência de falhas nos procedimentos de higienização pode favorecer a aderência de resíduos às superfícies e equipamentos, transformando assim, em substrato para multiplicação de microrganismos e consequentemente, fonte de contaminação (SANTOS, 2009 b).

Na indústria de alimentos é considerado como etapa imprescindível o processo de higienização, consistindo na utilização de conjunto de práticas, permitindo a manutenção das boas condições de higiene de todos os equipamentos, utensílios e superfícies das instalações (RODRIGUES, 2014).

A necessidade do desenvolvimento de diversas técnicas de limpeza existe, em razão do vasto processamento de alimentos por máquinas, sendo necessário não deixar resíduos em locais em que podem proliferar microrganismos que contaminam os

alimentos a serem processados posteriormente (SISLIAN, 2012).

Sistema *Clean in Place* (CIP)

Na indústria de laticínios, incrustações de leite são grandes problemas encontrados nas superfícies de transferência de calor, durante o tratamento térmico do leite. As incrustações de leite formadas em condições normais de pasteurização, geralmente contêm 50% a 60% de proteína, 30% a 40% de minerais e 4% a 8% de gordura. Tais depósitos de incrustação diminuem a eficiência de transferência de calor e exerce efeito adverso sobre a qualidade do produto e segurança (PAUL et al., 2014).

O sistema CIP é definido como a limpeza em circuitos fechados, realizada nos equipamentos e tubulações sem a necessidade de abertura, tendo pouco ou nenhum envolvimento manual. O processo envolve a pulverização de superfícies, através da circulação de soluções de limpeza, em condições de aumento da velocidade e turbulência (BREMER et al., 2006).

A eficiência da limpeza nos equipamentos de laticínios depende basicamente de quatro fatores: mecânico, químico, térmico e tempo. Uma característica do sistema CIP evidente em sistema de escala laboratorial e industrial é a variabilidade na eficácia da eliminação de bactérias aderentes a superfície (BREMER et al., 2006).

O objetivo principal da limpeza é a remoção completa de resíduos minerais e orgânicos aderidos às superfícies, compostos principalmente por proteínas, carboidratos, sais minerais e gorduras (ANDRADE, 2008).

Os procedimentos CIP são amplamente utilizados, especialmente nas indústrias farmacêutica e alimentar, é uma forma de assegurar a higiene e segurança dos produtos processados. O sistema CIP também permite proteger o equipamento, aumentar o rendimento de produção e otimizar todo o processo produtivo (DIF et al., 2013).

Se os processos operacionais forem estendidos antes da realização da limpeza, a indústria terá economia de tempo de higienização, conseqüentemente, a lucratividade será maior (NEMA & DATTA, 2005).

Avanços na tecnologia de limpeza em superfícies e equipamentos provavelmente vão ajudar a prevenir e controlar a formação de biofilmes, evitando o uso excessivo de desinfetantes que dão origem a resistência. Tais abordagens poderão ser estratégias de mitigação mais eficazes, tendo como objetivo melhorar a segurança alimentar e reduzir o risco de contaminação (WENG et al., 2016).

Formação de Biofilmes

A formação de biofilmes em superfícies de equipamentos para processamento de alimentos é a principal causa de deterioração dos alimentos e contaminação. A deterioração dos alimentos causa mudanças no alimento tornando-o impróprio e até mesmo prejudicial ao consumo humano. São usadas estratégias de controle do biofilme, com o intuito de prevenir a contaminação e deterioração dos alimentos, sendo que, algumas das estratégias mais eficazes incluem o CIP e a desinfecção dos equipamentos utilizados no processamento dos alimentos (DHAYAKARAN et al., 2015).

Os biofilmes formados em superfícies de equipamentos utilizados na indústria, é um dos fatores mais relevantes em relação a contaminação de alimentos. A aderência de células bacterianas, causam a formação de biofilmes sobre superfícies, sendo mais resistentes a atuação de agentes físicos e químicos usados nos procedimentos de higienização. Tornando assim, mais difícil a remoção, visto que as formações de biofilmes persistem nas indústrias de alimentos tendo por consequência, a crescente chance de contaminação futura (SANTOS, 2009 a).

Uma das grandes preocupações das indústrias de alimentos é a segurança alimentar e a qualidade dos produtos processados, sendo necessárias investigações mais abrangentes nos processos de limpeza para a remoção de microrganismos que são depositados na superfície (SEN et al., 2014).

As superfícies dos equipamentos e tubulações devem ser devidamente limpas no lugar em que estão instalados, sendo que um dos sistemas mais comuns de limpeza a serem utilizados na indústria assegurando que estejam livres de contaminantes inorgânicos e orgânicos é o sistema CIP (SISLIAN, 2012).

Nos laticínios, a formação de biofilmes dentro da linha de produção eleva a carga microbiana e, na maioria das vezes, contamina os alimentos devido ao eventual desprendimento de porções aderidas, podendo colocar em risco a saúde do consumidor, além de causar prejuízos financeiros à indústria (SANTOS, 2009 b).

Existindo falhas nos procedimentos de higienização, os resíduos aderidos às superfícies e aos equipamentos transformam-se em possível fonte de contaminação. Com o acúmulo de nutrientes, as células se reproduzem e formam colônia, iniciando assim a formação de biofilmes. É muito difícil a remoção de biofilmes já constituídos, devido a forte adesão gerada pelas bactérias à superfície (KASNOWSKI et al., 2010).

Um grande risco a saúde do consumidor está relacionado a contaminação do leite, que pode favorecer a formação de biofilmes com a adesão bacteriana sobre

superfícies, podendo desprender fragmentos vindo a causar contaminação do produto durante o processo de beneficiamento. Os microrganismos aderidos no biofilme estão mais resistentes à ação de agentes físicos e químicos, como os sanificantes usados na realização dos procedimentos de higienização (SANTOS, 2009 b).

As incrustações representam um dos maiores problemas na operação de equipamentos, visto que comprometem o desempenho e prejudicam o funcionamento, além de causar maiores investimentos com produtos químicos na realização do processo de higienização e, além disso, devido à presença de resíduos minerais nas superfícies mal higienizadas, pode haver a adesão e a formação de biofilmes por microrganismos (MIGUEL et al., 2013).

O contato da célula com a superfície utilizada no processamento de alimentos tende a fixar-se na mesma, competindo pelo espaço e nutrientes disponíveis com outras. Sendo que em condições apropriadas, estas conseguem aderir às superfícies através da produção de polissacarídeos extracelulares. Estando estes fixados, vão se desprendendo e replicando, formando microcolônias originando novos biofilmes. Os biofilmes são formados por sujidades aprisionadas pelas próprias células e pelos polissacarídeos extracelulares chamados de glicocálix (RODRIGUES, 2014).

Otimização da Limpeza CIP

Nos últimos anos, a otimização das técnicas de limpeza dos equipamentos utilizados para o processamento de alimentos vem sendo cada vez mais necessária. No passado, as limpezas dos equipamentos nas fábricas de laticínios eram feitas por trabalhadores que tinham que desmontá-los para alcançar as áreas que havia necessidade de limpar. Os produtos eram frequentemente contaminados por equipamentos insuficientemente limpos. O CIP cada vez mais é adaptado para as variadas instalações de produção, de modo a alcançar bons resultados na limpeza e sanitização (MEMISI et al., 2015).

O avanço na automação de sistemas CIP ocorreu com o desenvolvimento do Controlador Lógico Programável (CLP) ou do inglês Programmable Logic Controller (PLC), equipamento eletrônico que substituiu com grande avanço os painéis de relés abolindo todos os problemas apresentados por estes. Quando adicionalmente integrados com uma interface homem-máquina adequada, mostram em tempo real para o operador todo o processo, registrando também os alarmes e eventos ocorridos (ESTEVEES, 2009).

A limpeza e a subsequente esterilização ou desinfecção de qualquer item ou equipamento de uma instalação industrial de processamento de alimentos, produtos farmacêuticos ou de bebidas devem ser realizadas com o máximo de cuidado e atenção para assegurar a qualidade do produto final (GORMEZANO, 2007).

A definição do tempo adequado ao processo de higienização é extremamente importante para a eficiência do processo, devendo ser suficientemente prolongado para que as reações químicas e as influências físicas ocorram de maneira satisfatória e eficaz; não devendo ser excessivo, pois diminuiria a produtividade e conseqüentemente a lucratividade da indústria (SISLIAN, 2012).

Alterações nos Tempos de Circulação de Solução Alcalina e Ácida

Conforme informação nutricional expressa na embalagem do leite UAT produzido no laticínio em que foi realizada a pesquisa, uma porção de 200 mL de leite possui 105 mg de sódio e 240 mg de cálcio, sendo assim, a maior composição se dá por proteína, gordura e carboidratos

Segundo Tragirdh (1988), a limpeza ácida visa remover espécies catiônicas multivalentes, tais como sais de dureza e hidróxidos de metais (incrustação mineral), enquanto a alcalina promove a clivagem de polissacáridos e proteínas em açúcares menores e amidas, demonstrando eficiência também na dissolução da matéria orgânica fracamente ácida.

Seguindo a teoria citada por Tragirdh (1988), mediante informações nutricionais contidas na embalagem do leite UAT produzido no laticínio em que foi realizada a pesquisa, percebeu-se a necessidade de aumentar o tempo de circulação de soda e reduzir o tempo de circulação de ácido, já que a quantidade de sais minerais existentes no leite é muito pequena em relação a proteína gordura e demais matérias orgânicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Nélcio José de. **Higienização na indústria de alimentos: avaliação e controle da adesão e formação de biofilmes bacterianos**. São Paulo: Varela, 2008. 412 p.

BERTI RC e SANTOS DC. Importância do Controle de Qualidade na Indústria Alimentícia: Prováveis Medidas Para Evitar Contaminação Por Resíduos de Limpeza

em Bebida UHT. *Atas de Ciências da Saúde, São Paulo*, vol. 4, n°. 1, pág. 23-38, 2016.

BREMER, Philip J.; FILLERY, Suzanne; QUILLAN, A. James Mc. Laboratory scale Clean-In-Place (CIP) studies on the effectiveness of different caustic and acid wash steps on the removal of dairy biofilms. *International Journal of Food Microbiology* 106 (2006) 254 – 262.

BLEL, W.; GENTIL-LELIÈVRE, C. Le; BENEZECH, T.; LEGRAND, J.; LEGENTILHOMME, P.. Application of turbulent pulsating flows to the bacterial removal during a cleaning in place procedure. Part 1: Experimental analysis of wall shear stress in a cylindrical pipe. *Journal of Food Engineering* 90 (4), 422-432. 2009.

CARRERA, Santiago Cadena. Validação do Processo CIP como Ferramenta para Melhorar a Qualidade e a Produtividade: Estudo de Caso em Microcervejaria. (Mestrado em Engenharia de Alimentos) apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis – Santa Catarina. 2015.

DIF, Mehdi;, BLEL, Walid;, TASTAYRE, Gilles;, LENDORMI, Thomas;, SIRE, Olivier;. Identification of transfer mechanisms involved in soiled CIP solutions regeneration at extreme pH and high temperature. *Journal of Food Engineering* 114, 2013.

DHAYAKARAN, Rekha Priyadarshini Albert; NEETHIRAJAN, Suresh;, XUE, Sophia Jun; , SHI, John. Characterization of antimicrobial efficacy of soy isoflavones against pathogenic biofilms. *LWT - Food Science and Technology* 63, 2015.

ESTEVEZ, A. C. Desenvolvimento de Modelo Matemático de Trocador de Calor Tipo Casco-Tubos. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) apresentado a Escola de Engenharia de Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia. São Caetano do Sul. 2009.

GORMEZANO, Lucien. Desenvolvimento e Implementação de Sistema Para Avaliar a Cinética de Remoção de Resíduos Presentes no Interior de Tubo de Protótipo de

Trocador de Calor Feixe Tubular. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) apresentado a Escola de Engenharia de Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia. São Caetano do Sul. 2007.

JUNIOR, Valdir Meler; AUGUSTO, Sérgio Ribeiro; KUNIGK, Leo; SISLIAN, Rodrigo; FILHO, Ubirajara Coutinho; GEDRAITE, Rubens. Contribuição ao Emprego se Modelos Matemáticos em Sistemas CIP. UNOPAR Científica Ciências Exatas e Tecnológicas 12.1, 2015.

KASNOWSKI, Maria Carmela ; MANTILLA, Samira Pirola Santos; OLIVEIRA, Luiz Antônio Trindade; FRANCO, Robson Maia. Formação de Biofilme na Indústria de Alimentos e Métodos de Validação de Superfícies. Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária, 2010.

MEMISI, Nurgin; MORACANIN, Slavica Veskovic; MILJASEVIC, Milan; BABIC, Jelena; DJUKIC, Dragutin. CIP cleaning processes in the dairy industry. Procedia Food Science 5, 2015 .

MIGUEL, Elisângela Michele; CARVALHO ,Antônio Fernandes; ANDRADE, Nélio José; PIRES, ANA Clarissa dos Santos, PAULA, Junio Cesar Jacinto; COSTA, Renata Golin Bueno. Formação de Biofilmes em Trocadores de Calor e seus Efeitos em Leite e Derivados. Revista do Instituto de Laticínios Candido Tostes, 2013.

NEMA, P.K. & DATTA, A.K., A Computer Based Solution To Check The Drop In Milk Outlet Temperature Due To Fouling In A Tubular Heat Exchanger. Journal of Food Engineering 71 (2005) 133–142.

PAUL, Tanmay; JANA , Arijit; DAS, Arpan;, MANDAL, Arpita; HALDER, Suman K.; MOHAPATRA, Pradeep K. Das; PATI, Bikas R.; MONDAL, Keshab Chandra. Smart cleaning-in-place process through crude keratinase: na eco-friendly cleaning techniques towards dairy industries. Journal of Cleaner Production 76 , 2014.

RODRIGUES, Luís Carlos Cardoso. Verificação e Validação do Programa de Higienização das Unidades Alimentares da Universidade do Minho. 2014. Dissertação

(Mestrado Integrado em Engenharia Biológica) apresentado a Universidade de Minho, Escola de Engenharia, 2014.

SALCEDO, Livia Rodrigues. Sistema de higienização CIP em indústria de leite. 2014. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br/industria/radar-tecnico/higiene-industrial/sistema-de-higienizacao-cip-em-industria-de-leite-91724n.aspx>> Acesso em: 18 jun. 2016.

SANTOS, Milla Gabriela dos. Eficiência do Processo *Clean In Place* (CIP) na Remoção de Biofilmes formados por *Listéria Monocytogenes* Simulando Diferentes Condições Encontradas em Laticínios. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) apresentado a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

SANTOS, Suzy Sviech. Investigação da Presença e da Formação de Biofilmes por *Estafilococos* em Micro-Usina de Beneficiamento de Leite. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) apresentado a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária do Campus de Jaboticabal, UNESP, Jaboticabal, 2009

SEN, Shampa; DASU, Veeranki Venkata; MANDAL, Bishnupada; RAJENDRAN, Kumar. Enzymatic Removal Of Burnt-on Protein Residues From Solid Surface: A Potential Food Equipment Cleanser. *Food Control* 40, 2014.

SISLIAN, Rodrigo. Estudo de Sistema de Limpeza CIP Usando Identificação de Sistemas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) apresentado a Faculdade de Engenharia Química. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas – São Paulo. 2012.

TRAGIRDH, Gun. Membrane Cleaning. Desalination. Department of Food Engineering, Unrversrty of Lund, 71 (1989) 325–335, 1988.

WENG, Xuan; NIEKERK, Jan Van; NEETHIRAJAN, Suresh; WARRINER, Keith. 2016. Characterization of antimicrobial efficacy of photocatalytic polymers against food-borne biofilms. *LWT - Food Science and Technology* 68, 2016.

2. OBJETIVOS

Objetivo Geral

Avaliar a eficiência dos tempos, temperaturas, fluxo e concentrações da solução alcalina e ácida utilizados durante o sistema CIP dos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e Rossi & Catelli 30, com vistas à otimização do processo de limpeza, reduzindo tempo de ação humana após a execução do CIP.

Objetivos Específicos

Otimizar o sistema CIP dos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30;

Aumentar a produtividade dos esterilizadores;

Reduzir o tempo gasto com o processo de limpeza manual e coleta de swab, de 02 horas para 01 hora;

Eliminar ou minimizar o processo de limpeza manual existente no equipamento após o CIP alcalino e ácido;

Preservar a integridade física dos operadores responsáveis pela limpeza e operação dos esterilizadores, com a eliminação ou minimização da limpeza manual;

Conservar a superfície interna dos esterilizadores e tubulações em que são realizadas as limpezas manuais;

Reduzir o risco de formação de biofilmes.

3. CAPÍTULO I

OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA *CLEAN IN PLACE* EM ESTERILIZADORES DE PRODUTOS LÁCTEOS

Resumo: A permanência de sujidades em superfícies mal higienizadas tende a aumentar a incidência de microrganismos e proporcionar a formação de biofilmes e atraso na limpeza manual dos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30. A identificação da melhor dinâmica do processo *clean in place* (CIP) contribui para a melhoria da eficiência, reduzindo o desgaste do equipamento por ações mecânicas empregadas nas operações de limpeza manual. Os processos de limpeza CIP, atualmente na maioria das vezes é administrada com base em procedimentos padronizados. A indústria de laticínios localizada no sudoeste Goiano em que foi realizada a pesquisa tem implantado nos esterilizadores o CLP (Controlador Lógico Programável), garantindo assim a veracidade dos tempos e temperaturas utilizadas em todo o processo CIP. Foram realizados testes laboratoriais para definir a melhor solução e temperatura a serem adotadas no CIP dos esterilizadores, após a definição das melhores temperaturas, tempo e concentrações de soluções ácidas e alcalinas, foram feitos testes nos esterilizadores, foi adotado o tempo padrão e em seguida foram alterados os tempos de circulação para cada solução utilizada durante a limpeza, verificando assim que além da melhoria da eficiência do CIP na remoção de sujidades, houve também resultados positivos quanto as contagens de aeróbios mesófilos e no teste de adenosina trifosfato (ATP), gerando por consequência o aumento de produtividade sem a necessidade de investimentos.

Palavras-Chave: Rossi & Catelli. Eficiência. Produtividade.

SYSTEM OPTIMIZATION OF *CLEAN IN PLACE* SYSTEM IN DAIRY PRODUCTS STERILANTS

Abstract: Dirt stay in poorly sanitized surfaces tends to increase the incidence of microorganisms and provide the formation of biofilms and delayed manual cleaning of sterilizers Rossi & Catelli 20 and 30. The identification of the best dynamics of the process *clean in place* (CIP) contributes to improving efficiency, reducing equipment wear by mechanical actions employed in manual cleaning operations. The CIP currently cleaning processes most often is administered based on standard procedures. The dairy industry located in Southwest Goiás has deployed in sterilizers PLC (Programmable Logic Controller), thus ensuring the accuracy of the times and temperatures used throughout the CIP process. Laboratory tests were conducted to determine the best solution and temperature to be adopted in the CIP of sterilizers, after setting the best temperature, time and concentration of acid and alkaline solutions, in sterilizers tests were done, the standard time was adopted and then were changed the circulation times for each solution used during cleaning, thus verifying that besides the improvement of CIP efficiency in removing dirt, there were also positive results as the aerobic

mesophilic counts and adenosine triphosphate test (ATP) generating by consequently increasing productivity without the need for investment.

Key words: Rossi & Catelli. Efficiency. Productivity.

3.1 INTRODUÇÃO

Com a chegada da era industrial, os alimentos passaram a ser processados, sendo necessário empregar diversas tecnologias para a elaboração, conservação, transporte e manuseio, despertando expressiva preocupação na eficiência dos programas de higienização, sendo necessário adotar métodos que levem em conta as instalações, equipamentos, utensílios e manipuladores (SISLIAN, 2012).

No passado, a limpeza dos equipamentos nas fábricas de laticínios era realizada por trabalhadores que necessitavam desmontar e na maioria das vezes necessitava entrar dentro dos equipamentos para alcançar a área que deveria ser limpada, conseqüentemente, os produtos eram frequentemente contaminados, devido falhas de limpeza (MEMISI et al., 2015).

Para obter produtos microbiologicamente seguros, as operações de limpeza são de extrema importância nas indústrias de laticínios e alimentos, a higiene industrial nos processos lácteos é de grande valia para assegurar a qualidade da produção. A acumulação de uma camada de depósito de resíduos aumenta a queda de pressão e diminui a eficiência de transferência de calor, podendo também afetar a qualidade do produto, através de contaminação cruzada e crescimento microbiano sobre o depósito (PAUL et al., 2014).

Para a realização do CIP, é necessário utilizar um processo de três fases, na primeira fase é feito o enxague dos equipamentos com água potável, na segunda fase é necessário usar solução alcalina quente, na terceira etapa é realizado enxague com água potável, uma quarta fase que também deve ser realizada uma vez por semana, é a circulação de solução ácida seguida de enxágue com água potável (TIWARI, 2016).

O CIP realizado nos esterilizadores italianos Rossi & Catelli, deve ser bem compreendido, para conseguir melhor eficiência, obtendo assim aumento de produtividade sem o uso de investimentos, a partir da melhoria nas técnicas de limpeza, abrangendo as etapas de circulação de soluções alcalina e ácida.

Com o aumento da globalização e conseqüentemente com a grande competitividade do mercado, a todo instante surgem, soluções que visem aumentar a

qualidade, produtividade dos sistemas de controle e eficiência dos equipamentos (ESTEVES, 2009).

A eficiência do CIP é afetada por variáveis específicas dos equipamentos de processo, sendo importante um regime de limpeza de acordo com as condições da planta, adotando uma maneira simples e confiável para garantir que a limpeza seja eficaz, sendo que avaliações feitas sobre a eficiência do CIP na remoção de biofilmes de caráter lácteo, mostram que o tratamento cáustico é mais eficiente que o ácido nítrico para a remoção de resíduos orgânicos (BREMER et al., 2006).

Visando tornar mais eficaz o sistema CIP, é necessário que o equipamento seja ligado no circuito de limpeza e o mesmo necessita ser fácil para limpar. Todas as superfícies que são lavadas devem ser acessíveis a soluções. Os equipamentos e tubulações não podem ter “pontos mortos” nos quais venham a dificultar o fluxo das soluções. A composição dos materiais da linha de processo deve ser de boa qualidade, para que não deixem cheiro ou sabor ao produto, necessitando também ser resistente ao contato com soluções e desinfetantes durante o processo de limpeza e sanitização (MEMISI et al., 2015).

Avaliar tempos, temperaturas, fluxo e concentrações da solução alcalina e ácida utilizados durante o sistema CIP dos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e Rossi & Catelli 30, com vistas à otimização do processo de limpeza torna-se necessário para melhorias no sistema CIP.

Objetivou-se avaliar a eficiência dos tempos, concentrações, temperaturas e fluxo da solução alcalina e ácida utilizados no sistema CIP dos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e Rossi & Catelli 30, com vistas à otimização do processo de limpeza, reduzindo tempo de ação humana após a execução do CIP.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em uma indústria de laticínios localizada na região sudoeste de Goiás, no período de junho a setembro de 2016. Foram avaliadas as melhores concentrações, temperaturas e tempos para serem aplicados no CIP dos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30. Realizou-se ensaios laboratoriais com nove repetições cada e ensaios nos esterilizadores com três repetições cada.

Cálculos utilizados para determinar os tempos de produção dos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30

Os esterilizadores estudados, são equipamentos Italianos que possuem capacidades diferentes de produção, o Rossi & Catelli 20 atinge produção de 18.000L/h e o Rossi & Catelli 30 atinge 24.000L/h. O laticínio localizado no sudoeste Goiano, onde foi realizado a pesquisa, produz com os dois esterilizadores de maneira simultânea, 42.000L/h.

O laticínio operava em sistema de três turnos, desta forma abrangia produção de 24 horas por dia. A escala de revezamento da fábrica era ajustada de maneira que atendesse a legislação trabalhista e permitisse a realização do ciclo contínuo de produção durante os 365 dias do ano. Com este conceito de escala adotado pela fábrica e tendo como limitante 30 horas para cada ciclo de produção e limpeza dos esterilizadores tem-se as seguintes situações:

CIP Intermediário - Após as primeiras 30 horas de produção do esterilizador, é realizado um CIP, o equipamento continua em alta temperatura para não perder a esterilização, neste CIP foi utilizada somente solução alcalina com concentração de 3,5% e temperatura constante de 150°C, seguido de enxague, o tempo gasto para a realização completa desta limpeza foi de \cong 02 horas. Neste CIP é realizado somente circulação lado leite (CLL).

CIP final - Na sequência foi realizado novo ciclo de produção com mais 30 horas ininterruptas, ao término foi executada nova limpeza chamada de CIP final, em que o esterilizador não se encontrava esterilizado. Foram circuladas soluções alcalina e ácida de acordo com os tratamentos testados, todas seguidas de enxague e de limpeza manual para remoção das sujidades nas quais o CIP não foi eficiente para remover, na sequência foram coletadas amostras para contagens de mesófilos aeróbios, coliformes totais e termo tolerantes e teste de ATP, em seguida o equipamento foi esterilizado com vapor a 150°C por 50 minutos. Todo o período de CIP final, até que o esterilizador estivesse em produção normal foram gastos \cong 07 horas. Neste CIP são realizadas somente circulações lado leite (CLL) e lado inverso (CLI).

Considerando que o dia possui 24 horas e o mês 30 dias, mensalmente o laticínio dispunha de 720 horas de produção. Os esterilizadores produzem por dois ciclos de produção com duração de 30 horas cada, totalizando 60 horas de produção. Lembrando que para cada ciclo de produção existem dois intervalos para CIP, gastando duas e sete horas, a soma do tempo consumido nos CIP's foi de nove horas.

O objetivo deste trabalho foi a redução de $\cong 01$ hora no tempo gasto na limpeza manual, com esta redução o laticínio conseguiria produzir a mais mensalmente um total de 436.800 L, conforme cálculo abaixo: $10,4 \times 42.000 = 436.800$. Considerando que o ano possui 12 meses, o aumento na produção anual seria de 5.241.600 L de leite processado.

Ensaio Laboratoriais

Ensaio com Solução Alcalina

Os ensaios com solução alcalina (hidróxido de sódio - NaOH a 50%), foram realizados utilizando 0,60 g de resíduo (sujidade retirada da parte interna do esterilizador Rossi & Catelli) após dois ciclos de 30 horas de produção, com um *clean in place* intermediário entre os ciclos, imersos em soluções alcalinas com 3,0%; 3,5% e 4,0% de concentração e temperaturas de 80°C; 85°C e 90°C, perfazendo nove combinações de solução e temperatura, diferentes. Em seguida foram submetidas à agitação constante até decompor todo o resíduo, tendo como parâmetro a mensuração do tempo gasto (minutos), com uso de agitador magnético com aquecimento, modelo 78HW-1, com mensuração da temperatura a cada 5 minutos.

A Figura 1 ilustra a sujidade retirada da parte interna dos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30.



FIGURA 1 - Incrustação do esterilizador Rossi & Catelli após dois ciclos de 30 horas de produção, com um *clean in place* intermediário entre os ciclos.

As fases do ensaio com solução alcalina a 4,0% de concentração e a temperatura de 90°C, podem ser vistas na Figura 2.

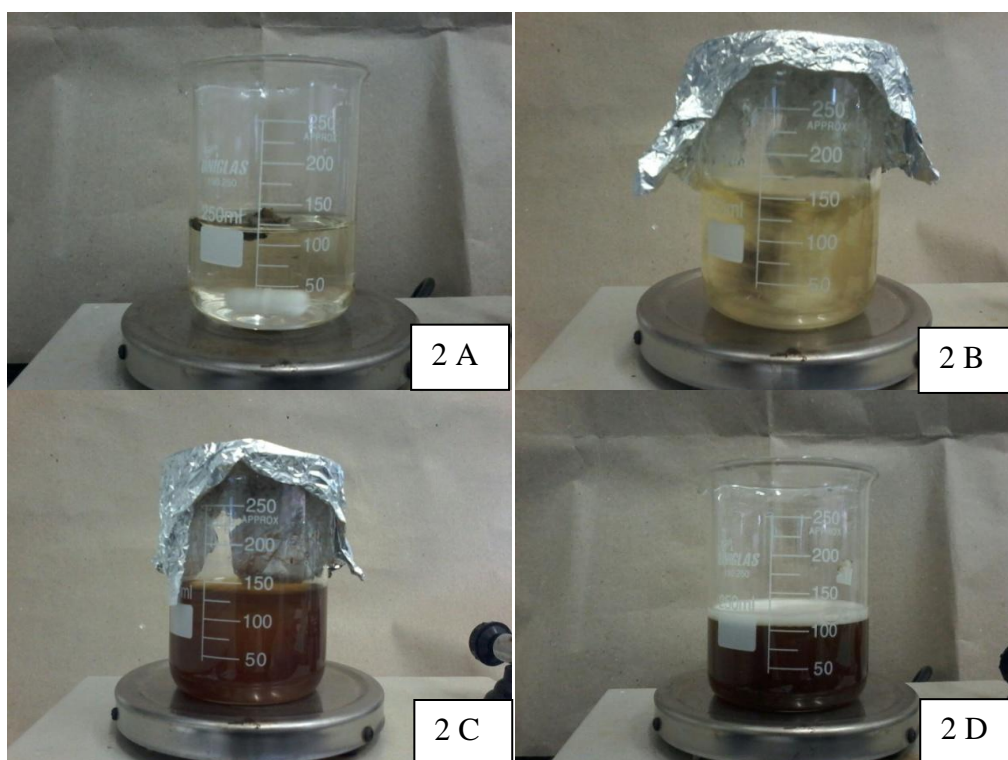


FIGURA 2 - Ensaio com solução alcalina. 2 A - Resíduo de sujidade imergido na solução alcalina; 2 B - Resíduo de sujidade no início da agitação; 2 C - Resíduo de sujidade durante a agitação e 2 D - Resíduo de sujidade totalmente solubilizada.

Ensaio com Solução Ácida

Os ensaios com solução ácida (ácido nítrico - HNO_3 a 53%), foram realizados utilizando 0,60 g de resíduo (sujidade retirada da parte interna do esterilizador Rossi & Catelli) após dois ciclos de 30 horas de produção, com um *clean in place* intermediário entre os ciclos, colocados em soluções ácidas com 1,0%; 1,5% e 2,0% de concentração e temperaturas de 65°C; 70°C e 75°C, perfazendo nove combinações de solução e temperatura diferentes. As respectivas soluções correspondentes às diferentes concentrações e temperaturas foram submetidas à agitação constante, tendo como objetivo a decomposição de todo o resíduo. O limite máximo de agitação para a solução ácida foi de 75 minutos, tendo como parâmetro a mensuração do tempo gasto (minutos), com uso de agitador magnético com aquecimento, modelo 78HW-1, com mensuração da temperatura a cada 5 minutos.

As fases do ensaio com solução ácida a 1,0% de concentração e a temperatura de 70°C podem ser visualizadas na Figura 3.

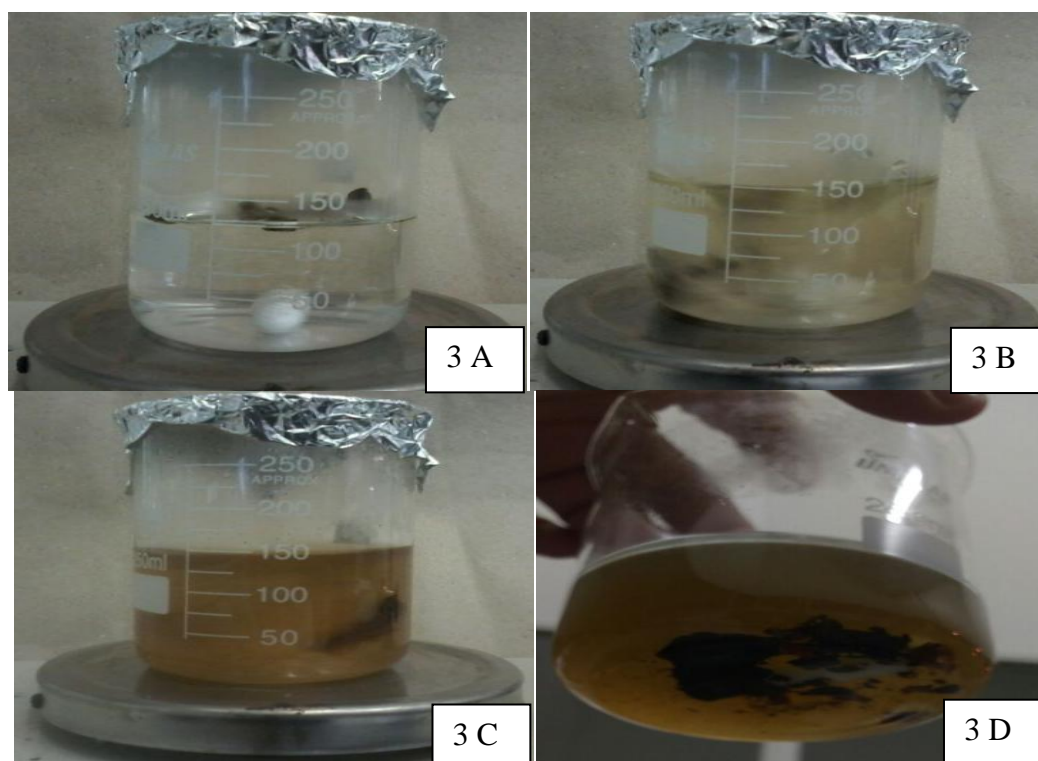


FIGURA 3 - Ensaio com solução ácida. 3 A - Resíduo de sujeira imerso na solução ácida; 3 B - Resíduo de sujeira no início da agitação; 3 C - Resíduo de sujeira durante a agitação e 3 D - Resíduo de sujeira após 75 minutos de agitação.

O resíduo final não solubilizado foi filtrado em disco de lentine, em seguida foi seco em estufa a 37°C por duas horas, na sequência foi pesado em balança de precisão GEHAKA® SG 2000. Foi utilizado o seguinte cálculo para obtenção do percentual de solubilidade do resíduo final:

$$\frac{(\text{Peso inicial} - \text{peso final})}{\text{peso inicial}} \times 100$$

Ensaio nos Equipamentos Rossi & Catelli

Na avaliação dos ensaios com soluções alcalinas e ácidas, o foco principal foi o tempo gasto para a eliminação dos resíduos de sujeira existentes na superfície interna dos esterilizadores, após o ciclo contínuo de 30 horas de produção. Em seguida os melhores resultados, representados nas tabelas 2 e 3, foram aplicados nos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e Rossi & Catelli 30, com modificações de tempos.

Eficácia do *Clean In Place* (CIP) com Solução Alcalina e Ácida em Esterilizadores Rossi & Catelli

Conforme resultados dos ensaios laboratoriais, os esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30, foram submetidos a dois ciclos de produção de 30 horas ininterruptas cada, em que após o primeiro ciclo foi realizado CIP como de costume, em alta temperatura, com o equipamento ainda esterilizado, utilizando somente solução alcalina com concentração de 3,5% e temperatura constante de 150°C, seguido de enxague, chamado de limpeza intermediária, na sequência foi realizado novo ciclo de produção com mais 30 horas, ao término foi executado outro CIP, nesta fase o esterilizador não se encontrava esterilizado.

Foram aplicadas as soluções alcalina e ácida com concentração e temperatura, estipulados conforme resultados adquiridos nos ensaios laboratoriais. O fluxo utilizado no equipamento durante o CIP se manteve como antes, sendo de 28.000L/h no Rossi & Catelli 30 e no Rossi & Catelli 20 foi de 19.000L/h durante todo o processo de CIP, ao término da limpeza foi realizada verificação visual (check list), com o intuito de identificar a eficiência do CIP realizado e verificar se ainda existiam sujidades aderidas na superfície interna dos esterilizadores, havendo sujidades, novos testes foram realizados (Tabela 1).

TABELA 1 - Ensaio realizados nos esterilizadores Rossi & Catelli expressos em tempo (minutos), temperatura (°C) e concentração (%). Nas situações de circulação lado leite (CLL) e circulação lado inverso (CLI).

Testes	CLL NaOH			CLI NaOH			CLL HNO ₃			CLI HNO ₃		
	Min.	°C	%	Min.	°C	%	Min.	°C	%	Min.	°C	%
1	60	85	3,8	30	85	3,8	50	75	1,2	25	75	1,2
2	60	90	3,0	30	90	3,0	50	70	1,0	25	70	1,0
3	72	90	3,0	36	90	3,0	38	70	1,0	19	70	1,0
4	72	90	3,5	36	90	3,5	38	70	1,0	19	70	1,0
5	72	90	4,0	36	90	4,0	38	70	1,0	19	70	1,0

1º teste realizado nos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30, utilizando o método tradicional sem alterações de tempos e temperaturas

Após primeiro ciclo de 30 horas de produção ininterruptas nos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30, foi realizado CIP Intermediário, na sequência foi realizado novo ciclo de produção com mais 30 horas, ao término com os equipamentos sem esterilização foi executado CIP final, com soluções alcalinas e ácidas, para a solução alcalina foi utilizado a concentração de 3,8% (padrão tradicional é de 3,5% a 4,0%) com temperatura de 85°C (padrão tradicional 85°C a 90°C), por um período de 60 minutos com o fluxo no sentido em que o produto é esterilizado (CLL) e durante 30 minutos é

circulado no tubo localizado na parte superior a câmara de vácuo “tubão” (CLI) seguido de enxágue.

Para a solução ácida foi utilizada concentração de 1,2% (padrão tradicional é de 1,0% à 1,5%) com temperatura de 75°C (padrão tradicional 70°C à 75°C) pelo período de 50 minutos com o fluxo no sentido em que o produto é esterilizado (CLL) e durante 25 minutos é circulado no tubo localizado na parte superior a câmara de vácuo “tubão” (CLI) seguido de enxágue, durante todo o CIP a vazão do fluxo do equipamento ficou com 26.000L/h no Rossi & Catelli 30 e 19.000L/h no Rossi & Catelli 20, sendo monitorado por um medidor de vazão da marca promag 33.

Ao realizar a verificação visual da superfície interna do equipamento (check list), foi observado que ainda haviam muitas sujidades (Figura 6) que o CIP não foi eficiente para remover. A limpeza manual foi realizada com o auxílio de detergente neutro, escova para tubos e fibra de limpeza da marca 3M.

Foram realizados três ciclos de produção utilizando os mesmos tempos e mesma metodologia de CIP descrita acima.

2º teste realizado nos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30 com 90°C e concentração de 3,0% para a solução alcalina e 70°C e concentração de 1,0% para solução ácida sem alteração de tempos

Na realização do 2º teste, foram realizados dois ciclos de produção, como no 1º teste, com a realização de um CIP Intermediário entre os ciclos. Na execução do CIP final, para a solução alcalina foi utilizado a concentração de 3,0% com temperatura de 90°C, por um período de 60 minutos CLL e durante 30 minutos CLI seguido de enxágue.

Para a solução de ácido foi utilizada concentração de 1,0% com temperatura de 70°C por um período de 50 minutos CLL e durante 25 minutos de CLI seguido de enxágue, durante todo o CIP a vazão do fluxo do equipamento ficou com 26.000L/h no Rossi & Catelli 30 e 19.000L/h no Rossi & Catelli 20, sendo monitorado por um medidor de vazão da marca promag 33.

Ao realizar a verificação visual da superfície interna do equipamento (check list), foi observado que ainda haviam muitas sujidades que o CIP não foi eficiente para remover (Figura 7). A limpeza manual foi realizada com o auxílio de detergente neutro, escova para tubos e fibra de limpeza da marca 3M.

O teste foi realizado em triplicata para os dois esterilizadores.

3º teste realizado nos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30 com 90°C e concentração de 3,0% para a solução alcalina e 70°C e concentração de 1,0% para solução ácida com alteração de tempos

Para o 3º teste, foram realizados dois ciclos de produção, como citado nos testes anteriores, com a realização de um CIP Intermediário entre os ciclos. Ao realizar o CIP final os tempos, temperaturas e concentrações utilizadas nos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30 foram as seguintes: 3,0% de concentração para a solução alcalina, com temperatura de 90°C, pelo período de 72 minutos CLL e para a CLI foram utilizados 36 minutos seguido de enxágue.

Para a solução de ácido a concentração foi de 1,0% com temperatura de 70°C pelo período de 38 minutos CLL e durante 19 minutos CLI seguido de enxágue, durante todo o CIP a vazão do fluxo dos equipamentos não foram alteradas continuaram as mesmas para os dois esterilizadores.

Ao realizar a verificação visual da superfície interna do equipamento (check list), foi observada boa redução das sujidades, comprovando assim, que houve melhor eficiência na remoção das sujidades proporcionadas pelo CIP.

O teste foi realizado em triplicata para os dois esterilizadores Rossi & Catelli.

4º teste realizado nos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30 com 90°C e concentração de 3,5% para a solução alcalina e 70°C e concentração de 1,0% para solução ácida com alteração de tempos

Na realização do 4º teste, os equipamentos foram submetidos a dois ciclos de produção, como citado nos testes anteriores, para o CIP intermediário ocorrido entre os ciclos de produção não houve alterações.

Na execução do CIP final os tempos, temperaturas e concentrações utilizadas nos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30 foram: para a solução alcalina concentração de 3,5% com temperatura de 90°C, pelo período de 72 minutos CLL e durante 36 minutos CLI seguido de enxágue. Na solução ácida foi utilizada o mesmo critério do 3º teste. Os fluxos das soluções foram mantidos para os dois esterilizadores conforme nos testes anteriores, sem nenhuma alteração.

Ao realizar a verificação visual da superfície interna do equipamento (check list), foi observada boa redução das sujidades comprovando assim que houve melhor eficiência na remoção das sujidades proporcionadas pelo CIP.

Os testes foram realizados em triplicata para os dois esterilizadores.

5º teste realizado nos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30 com 90°C e concentração de 4,0% para a solução alcalina e 70°C e concentração de 1,0% para solução ácida com alteração de tempos

No 5º teste, foram realizados dois ciclos de produção, conforme citado nos testes anteriores, mantendo os mesmos padrões para o CIP intermediário que é executado entre os ciclos de produção. Na concretização do CIP final, a concentração da solução alcalina utilizada foi de 4,0%, com temperatura de 90°C, pelo período de 72 minutos CLL e durante 36 minutos CLI seguido de enxágue. Para a solução ácida e a vazão de fluxo durante o CIP final, não houve alterações, mantendo conforme o 3º e 4º testes.

Ao realizar a verificação visual da superfície interna do equipamento (check list), foi observada boa redução das sujidades comprovando assim que houve melhor eficiência na remoção das sujidades proporcionadas pelo CIP.

A limpeza manual foi realizada com o auxílio de detergente neutro, escova para tubos e fibra de limpeza da marca 3M. Foram realizados três ciclos de produção utilizando os mesmos tempos e mesma metodologia de CIP descrita acima.

Contagem de Mesófilos Aeróbios e Coliformes Totais e Termotolerantes

Após a realização da limpeza manual do esterilizador Rossi & Catelli, foi realizado o teste de swab para avaliação das contagens de mesófilos aeróbios e coliformes totais e termotolerantes.

Conforme orientações do manual do fabricante da 3M™ Petrifilm™, utilizou-se swab para a verificação das contagens de mesófilos aeróbios, coliformes totais e termotolerantes com 8,5 g de cloreto de sódio e 1000 mL de água destilada esterilizados em autoclave por 15 minutos a 121°C.

Os pontos de coleta de amostras nos esterilizadores Rossi & Catelli foram escolhidos intencionalmente, conforme procedimento padrão de higiene operacional (PPHO) adotado pela indústria de laticínios, sendo estes: tanque de equilíbrio, tubo de retardamento, válvula 107 e câmara de vácuo.

Segundo orientações do manual do fabricante da 3M™ Petrifilm™, foram realizadas coleta de swab para contagem de mesófilos aeróbios, coliforme total e termotolerantes, utilizando a técnica de esfregação de superfície, consistindo na fricção do cotonete estéril sobre a superfície interna do esterilizador Rossi & Catelli, os

cotonetes foram imediatamente mergulhados em tubos de ensaio contendo 9,5 mL de água salina fisiológica (ASF), em seguida com o auxílio de pipeta estéril foi coletado 1 mL da ASF do tubo de ensaio contendo o cotonete, sendo incubado na placa 3M™ Petrifilm™ para contagem de aeróbios.

Para a contagem de coliformes totais e termotolerantes, foram incubados na placa 3M™ Petrifilm™ para contagem de coliformes, permitindo a enumeração tanto de coliformes totais (capazes de se multiplicar em temperaturas entre 30°C e 37°C) como também de coliformes termotolerantes (fecais) (capazes de multiplicar em temperaturas entre 41°C e 45°C).

As colônias crescem na placa 3M™ Petrifilm™ para contagem de coliformes produzindo ácido, ocasionando intensificação da cor do gel pelo indicador de pH, a formação de bolhas de gás aprisionadas ao redor das colônias que são os indicadores de coliformes. A Figura 4 mostra a metodologia de incubação.

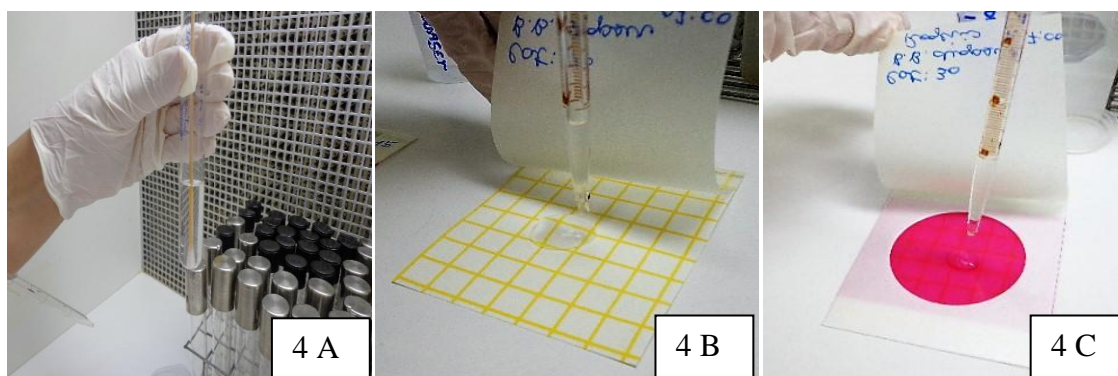


FIGURA 4 - Incubação para análise de swab. 4 A - Cotonete imerso na água salina fisiológica; 4 B - Amostra sendo incubada na placa 3M™ Petrifilm™ para contagem de aeróbios e 4 C - Amostra sendo incubada na placa 3M™ Petrifilm™ para contagem de coliformes.

Teste de Adenosina Trifosfato (ATP)

Os pontos de coleta de amostra para teste de ATP, foram os mesmos descritos na coleta de swab para contagem de mesófilos aeróbios e coliformes totais e termotolerantes, sendo coletado também após a realização da limpeza manual dos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30.

A ATP reage com a enzima luciferase, sendo esta extraída de vaga-lume, produzindo luz, sendo medida em luminômetro, os resultados foram expressos em unidades relativas de luz (URL) (KASNOWSKI, 2010).

Análises Estatísticas

Os dados foram avaliados por meio da análise de variância e teste de Tukey ao nível de 5% de significância com o uso software SISVAR (FERREIRA, 2010).

Os resultados da contagem de aeróbios mesófilos e ATP nos cinco testes dos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30, foram apresentados através de gráficos obtidos com uso do software Excel 2013, e triplicata de análises.

Para as análises visuais dos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30, foram fotografadas as superfícies internas dos esterilizadores.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Testes Laboratoriais

O tempo gasto para solubilização total das sujidades retiradas dos esterilizadores Rossi & Catelli e imersas em solução alcalina está apresentado na Tabela 2.

Nas avaliações laboratoriais realizadas com soluções alcalinas em temperatura de 80°C e concentrações de 3,0%; 3,5% e 4,0%; foram gastos os maiores tempos para a solubilização total das sujidades retiradas dos esterilizadores Rossi & Catelli.

Na temperatura de 85°C com concentração de 3,0% o tempo gasto foi de 65,22 minutos, nas concentrações de 3,50% e 4,00%, houve ganho maior de eficiência com tempos de 43,78 e 46,11 minutos, respectivamente, para solubilização completa das sujidades.

Nos testes realizados com temperatura de 90°C os resultados obtidos para todas as concentrações variaram de 39,33; 39,88 e 36,00 minutos, com soluções alcalinas de concentração de 3,00%; 3,50% e 4,00%; respectivamente. Sendo assim, a melhor temperatura para solubilização total de sujidades dos esterilizadores Rossi & Catelli em solução alcalina nas concentrações de 3,00%; 3,50% e 4,00% é a 90°C (Tabela 2).

TABELA 2 - Valores médios do tempo de ação (minutos) do detergente alcalino (soda cáustica líquida) sob sujidades do esterilizador Rossi & Catelli em diferentes temperaturas e concentrações.

Concentração (%)	Temperatura (°C)		
	80	85	90
3,00	72,78 aA	65,22 aA	39,33 bA
3,50	70,22 aA	43,78 bB	39,88 bA
4,00	67,44 aA	46,11 bB	36,00 bA

Letras minúsculas diferentes na linha diferem entre si ao nível de 5% de significância. Letras maiúsculas diferentes na coluna diferem entre si ao nível de 5% de significância.

Corroborando com os resultados deste estudo Chisti, (1999) relatou que a solução de limpeza cáustica (hidróxido de sódio), tem como papel principal a remoção de proteínas e hidratos de carbono. Com o aumento na circulação de solução alcalina, pode-se reduzir a quantidade de ácido necessária durante o CIP. O NaOH destaca-se pelo baixo custo, mostrando ter grande eficiência na remoção de sujidades orgânicas, sendo o detergente alcalino mais usado nas indústrias de alimentos (GONÇALVES, 2011).

Os agentes alcalinos atuam nos ácidos graxos insolúveis através da saponificação, com a liberação de íons (OH^-) que por sua vez, durante o aquecimento os ácidos graxos insolúveis em água, se tornam solúveis (ANDRADE, 2008).

A solução de limpeza alcalina é destinada à remoção de proteínas, gorduras e outros resíduos orgânicos fortemente aderidos às superfícies, atua por meio de reações químicas, causando a coagulação de proteínas, a oxidação e a ação do pH, a temperatura acelera as reações químicas, desta forma a padronização da concentração das soluções de limpeza é a principal forma de aumentar ou diminuir a eficiência dos agentes químicos durante o CIP (BARBOSA, 2010).

Justificando o uso de maior temperatura para eliminação das sujidades, conforme os resultados deste estudo, Tamime (2008) verificou que a elevação da temperatura durante o sistema CIP age de maneira positiva, otimizando o processo de limpeza, com redução da tensão superficial e viscosidade. Além disso, o aumento da temperatura na solução de limpeza, permite que haja maior solubilidade da sujidade na água, otimizando a ação da solução utilizada durante o CIP (JACQUES et al., 2003). Portanto, para se ter eficiência na remoção de resíduos proteicos é necessário a utilização de solução alcalina (ANDRADE, 2008).

Nas avaliações laboratoriais para as soluções ácidas testadas com temperatura de 65°C, nas concentrações de 1,50% e 2,00%; os resultados expressos em percentuais de solubilização foram menos satisfatórios quando comparados com a concentração de 1,0% (Tabela 3). Na avaliação de 70°C com concentração de 1,0% o resultado foi mais satisfatório que nas concentrações de 1,5% e 2,0%. Nos testes realizados com temperatura de 75°C os resultados obtidos para as concentrações de 1,00% e 1,50% foram insatisfatórios, sendo que para a concentração de 2,0% obteve-se o pior resultado.

Sendo assim, a melhor temperatura e a melhor concentração avaliadas foram 70°C e 1,0%, respectivamente.

TABELA 3 - Valores médios do resíduo solubilizado (%) em detergente ácido (ácido nítrico) sob sujidades do esterilizador Rossi & Catelli em diferentes temperaturas e concentrações.

Concentração (%)	Temperatura (°C)		
	65	70	75
1,00	69,63 aA	70,56 aA	50,37 bAB
1,50	52,78 aB	51,11 aB	57,78 aA
2,00	45,00 abB	53,89 aB	39,26 bB

Letras minúsculas diferentes na linha diferem entre si ao nível de 5% de significância. Letras maiúsculas diferentes na coluna diferem entre si ao nível de 5% de significância.

Nos testes realizados com solução ácida para solubilização de sujidades dos esterilizadores Rossi & Catelli, em diferentes temperaturas e concentrações, diferente do que foi observado para a solução alcalina, os resíduos não foram totalmente solubilizados, tal explicação está relacionada com Barbosa (2010) que relatou que os detergentes ácidos são eficientes na remoção dos resíduos minerais, resistentes a detergentes neutros ou alcalinos (BARBOSA, 2010). Da mesma forma, Tamime (2008) informou que as soluções de limpeza ácida permitem a remoção de depósitos inorgânicos e resíduos minerais.

No sistema CIP, geralmente é realizada a limpeza com solução alcalina para remover os depósitos orgânicos das sujidades, na sequência é realizada a limpeza com solução ácida, que remove os resíduos inorgânicos (JACQUES et al., 2003).

Corroborando com os resultados obtidos neste estudo, e justificando o uso de temperatura de 70°C, Gonçalves (2011) verificou que o ácido nítrico é uma solução ácida de limpeza empregada para a desincrustação em equipamentos, apresentando grande eficiência. Durante a aplicação nos equipamentos, a temperatura não pode ultrapassar os 70°C, devido sua fácil volatilização e a liberação de gases e vapores, mesmo sendo aplicado em superfícies de aço inoxidável, podendo aumentar de maneira considerável o poder de corrosão (GONÇALVES, 2011). Portanto, segundo Santos, (2009) a limpeza com solução alcalina geralmente hidróxido de sódio, é eficiente na remoção de resíduos orgânicos como proteínas e lipídeos, já a solução ácida, geralmente o ácido nítrico ou fosfórico, é eficiente na remoção de resíduos inorgânicos como fosfato de cálcio e outros minerais.

Conforme demonstrado nas Tabelas 2 e 3, a solução alcalina foi mais eficiente na solubilização da sujidade retirada da superfície interna dos esterilizadores que a solução ácida, devido a composição desta sujidade ter maior composição de matéria orgânica que material inorgânico.

A Figura 5 mostra as diferentes etapas da superfície interna dos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30 antes da realização do CIP, enfatizando a grande quantidade de formação de depósitos incrustantes existentes nas superfícies internas dos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30.

Um dos mais importantes aspectos para a garantia da qualidade na indústria de alimentos é a higiene, tendo como finalidade principal assegurar a qualidade final do produto, preservando a saúde do consumidor (SANTOS, 2009). Mediante as informações enfatizadas por Santos (2009), a Figura 5 retrata a importância da otimização do CIP, para que sejam removidas com facilidade as sujidades existentes após o processo produtivo, assegurando assim a qualidade dos produtos processados nos esterilizadores Rossi Catelli 20 e 30.

A Figura 5 mostra as diferentes etapas da superfície interna dos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30 antes da execução do CIP final:

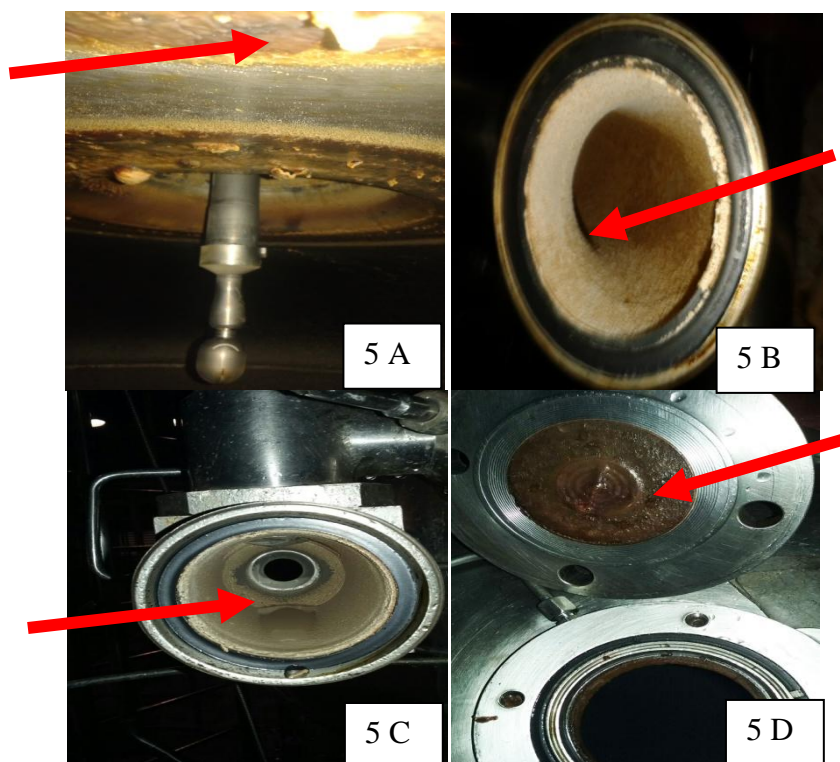


FIGURA 5 - Superfície antes do CIP final. 5A - Superfície interna da câmara de vácuo; 5B - Superfície interna do tubo de retardamento, 5C - Superfície interna da válvula 107 e 5D - Superfície da membrana de nível da câmara de vácuo.

Os tempos gastos na limpeza manual após os três CIP's para o Esterilizador Rossi & Catelli 20 foram: 112 minutos, 121 minutos e 118 minutos, respectivamente. Para o Rossi & Catelli 30 foram gastos os seguintes tempos: 117 minutos, 110 minutos e 121 minutos respectivamente, demonstrando a ineficiência do CIP.

O tempo médio gasto na limpeza manual realizado nos três CIP's do Rossi & Catelli 20 foi de 117 minutos e no Rossi & Catelli 30 foi de 116 minutos.

A Figura 6 mostra as diferentes etapas da superfície interna dos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30 após a execução do CIP utilizando o 1º teste, conforme ilustrado o CIP não foi eficiente para a remoção das sujidades, necessitando de atuação humana através de limpeza manual, para a completa remoção dos resíduos.

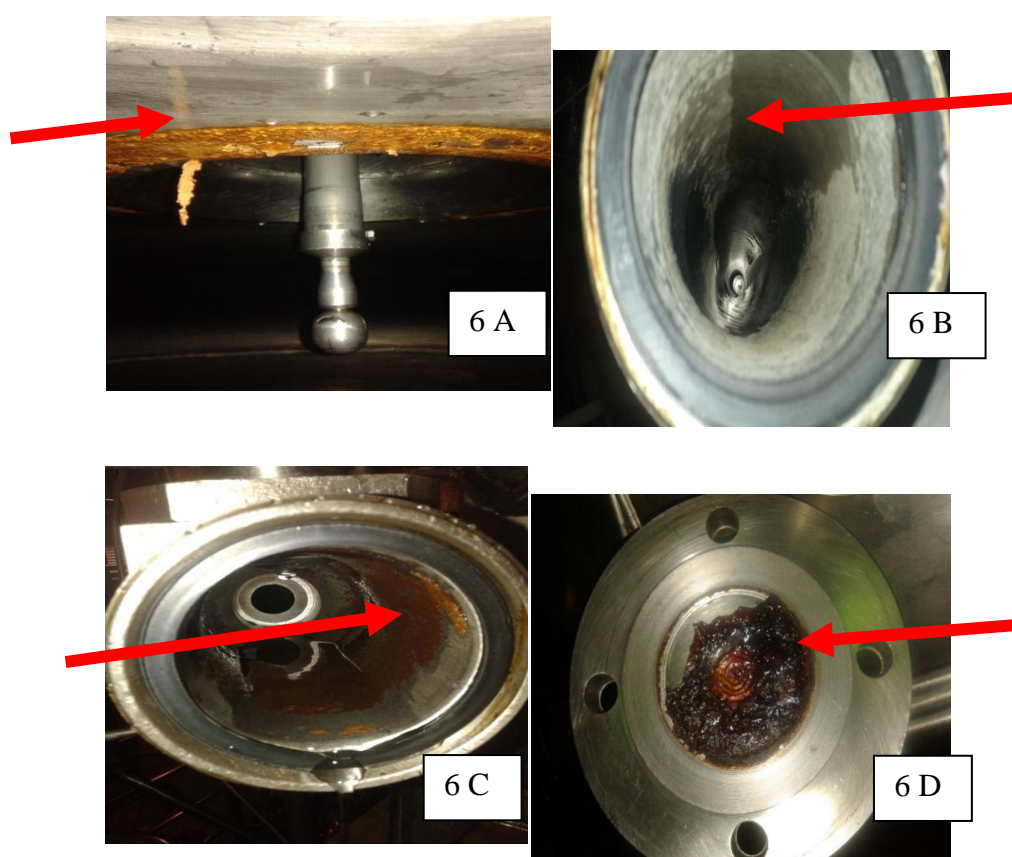


FIGURA 6 - Superfície após CIP aplicado no 1º teste. 6A - Superfície interna da câmara de vácuo; 6B - Superfície interna do tubo de retardamento, 6C - Superfície interna da válvula 107 e 6D - Superfície da membrana de nível da câmara de vácuo.

Os tempos gastos na limpeza manual após os três CIP's para o Esterilizador Rossi & Catelli 20 foram: 110 minutos, 104 minutos e 107 minutos respectivamente. Para o Rossi & Catelli 30 foram gastos os seguintes tempos: 108 minutos, 118 minutos e 109 minutos respectivamente, demonstrando a ineficiência do CIP.

O tempo médio gasto na limpeza manual realizado nos três CIP's do Rossi & Catelli 20 foi de $\cong 107$ minutos e no Rossi & Catelli 30 foi de $\cong 112$ minutos.

A Figura 7 mostra as diferentes etapas da superfície interna dos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30 após a execução do CIP utilizando o 2º teste. Conforme pode ser visto ainda ficaram resíduos de sujidades na superfície interna da câmara de vácuo e na membrana superior da câmara de vácuo, comprovando a ineficiência do CIP realizado.

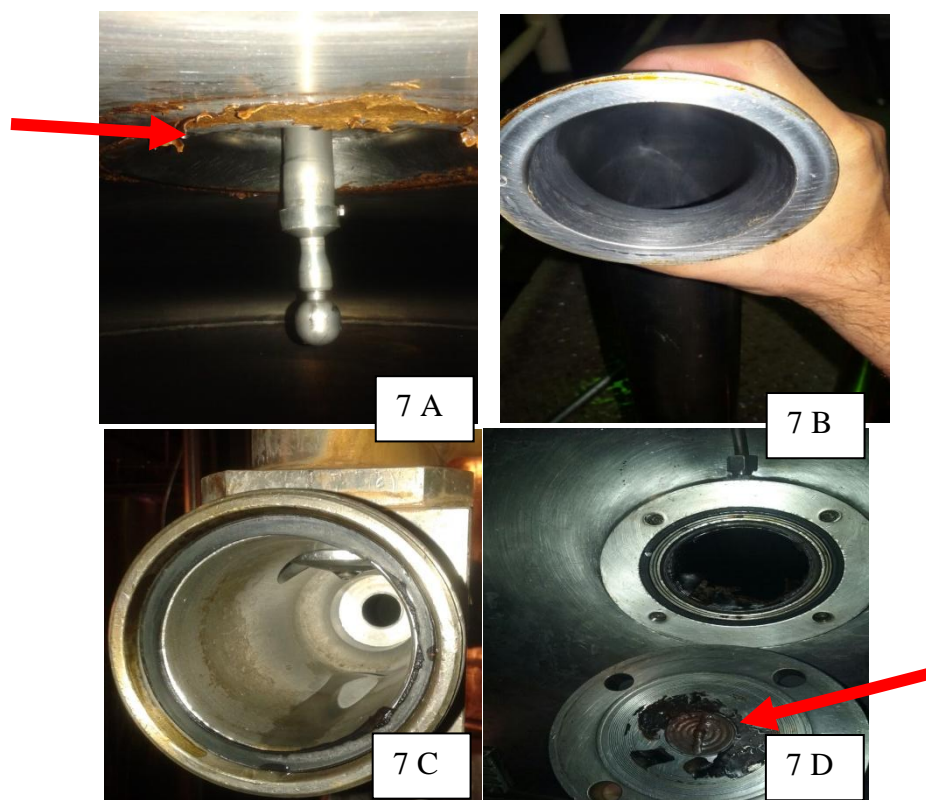


FIGURA 7 - Superfície após CIP aplicado no 2º teste. 7A - Superfície interna da câmara de vácuo; 7B - Superfície interna do tubo de retardamento, 7C - Superfície interna da válvula 107 e 7D - Superfície da membrana de nível da câmara de vácuo.

Os tempos gastos na limpeza manual após os três CIP's para o Esterilizador Rossi & Catelli 20 foram: 50 minutos, 48 minutos e 45 minutos, respectivamente. Para o Rossi & Catelli 30 foram gastos os seguintes tempos: 47 minutos, 49 minutos e 44 minutos, respectivamente, comprovando assim a evolução na eficiência do CIP.

O tempo médio gasto na limpeza manual realizado nos três CIP's do Rossi & Catelli 20 foi de \cong 48 minutos e no Rossi & Catelli 30 foi de \cong 47 minutos.

A Figura 8 mostra as diferentes etapas da superfície interna dos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30 após a execução do CIP utilizando o 3º teste. Após a realização do CIP ficou claro que as sujidades diminuíram, mas estas ainda estavam presentes na superfície interna da câmara de vácuo e na membrana superior da câmara de vácuo.

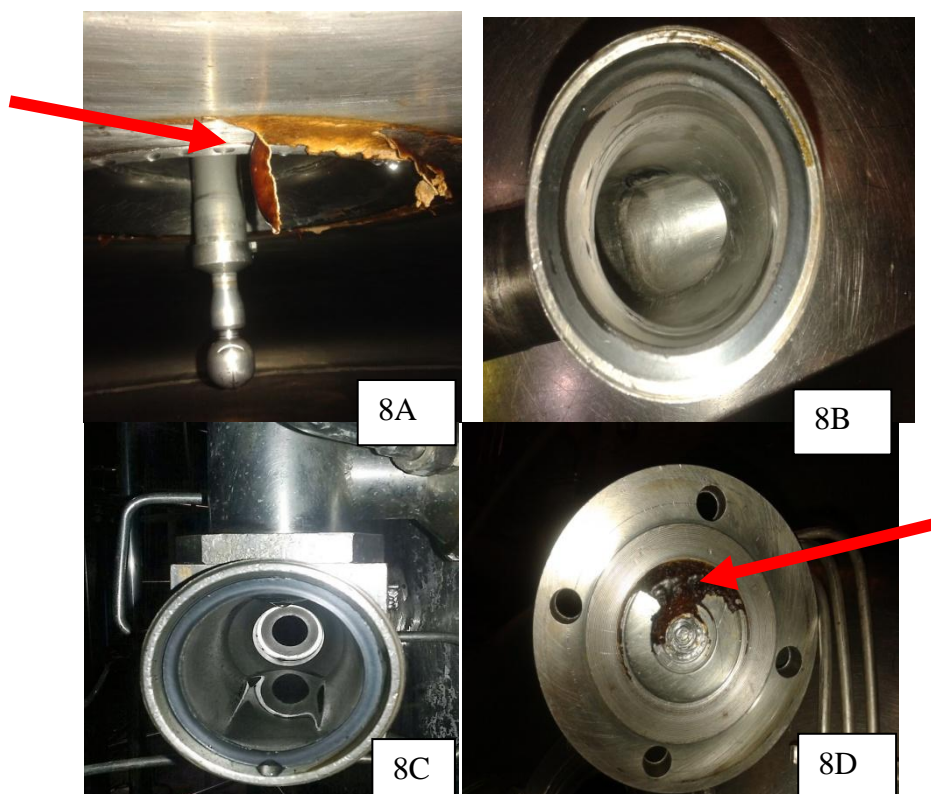


FIGURA 8 - Superfície após CIP aplicado no 3º teste. 8A - Superfície interna da câmara de vácuo; 8B - Superfície interna do tubo de retardamento, 8C - Superfície interna da válvula 107 e 8D - Superfície da membrana de nível da câmara de vácuo.

Os tempos gastos na limpeza manual após os três CIP's para o Esterilizador Rossi & Catelli 20 foram: 43 minutos, 38 minutos e 40 minutos, respectivamente. Para o Rossi & Catelli 30 foram gastos os seguintes tempos: 39 minutos, 42 minutos e 41 minutos, respectivamente, comprovando assim a evolução na eficiência do CIP.

O tempo médio gasto na limpeza manual realizado nos três CIP's do Rossi & Catelli 20 foi de \cong 40 minutos e no Rossi & Catelli 30 foi de 41 minutos.

A Figura 9 mostra as diferentes etapas da superfície interna dos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30 após a execução do CIP utilizando o 4º teste. Após a realização do 4º teste houve maior eficiência de limpeza, restando pequena quantidade de sujidades na superfície interna da câmara de vácuo e na membrana da câmara de vácuo.

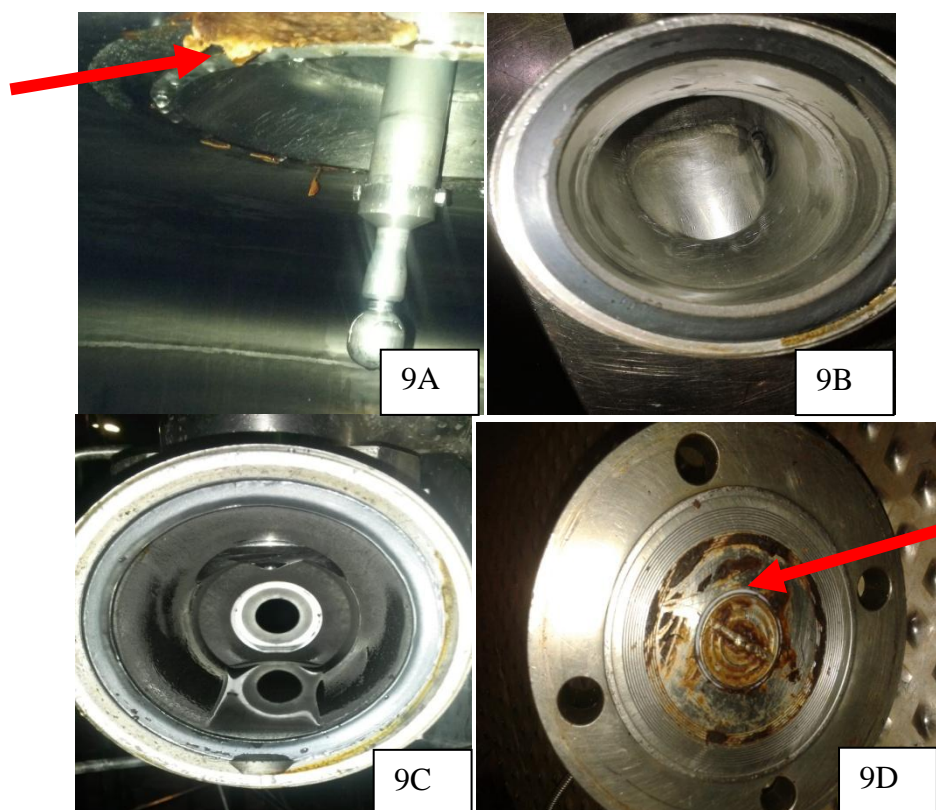
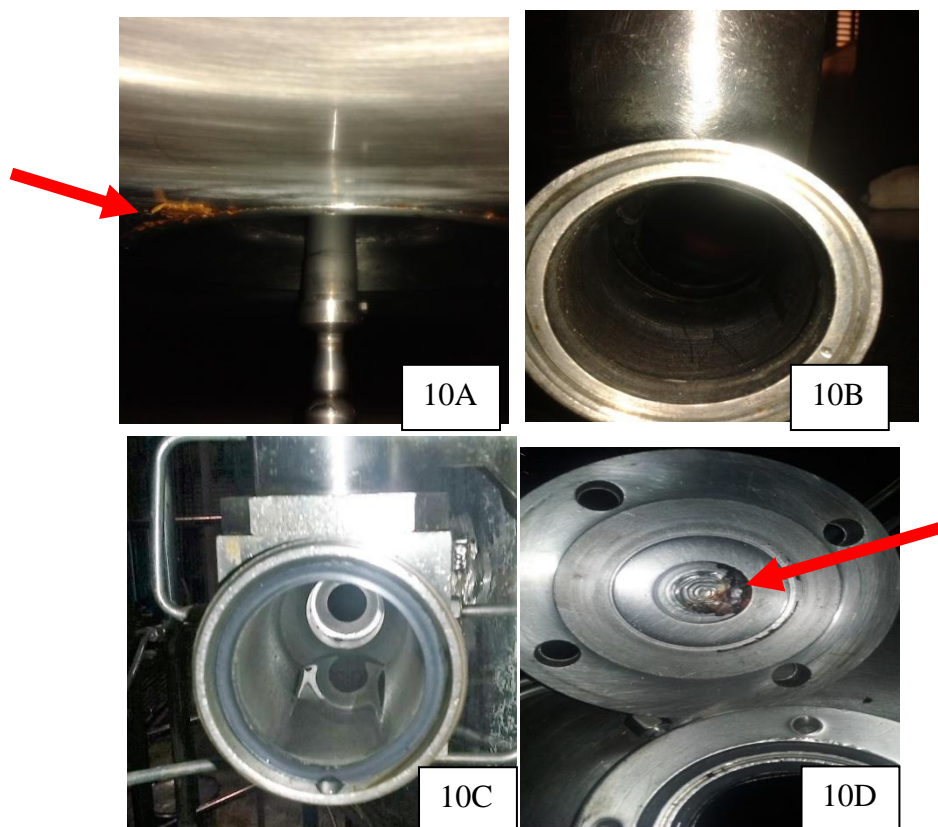


FIGURA 9 - Superfície após CIP aplicado no 4º teste. 9A - Superfície interna da câmara de vácuo; 9B - Superfície interna do tubo de retardamento, 9C - Superfície interna da válvula 107 e 9D - Superfície da membrana de nível da câmara de vácuo;

Os tempos gastos na limpeza manual após os três CIP's para o Esterilizador Rossi & Catelli 20 foram: 35 minutos, 32 minutos e 34 minutos respectivamente. Para o Rossi & Catelli 30 foram gastos os seguintes tempos: 29 minutos, 33 minutos e 30 minutos respectivamente, comprovando assim a evolução na eficiência do CIP.

O tempo médio gasto na limpeza manual realizado nos três CIP's do Rossi & Catelli 20 foi de \cong 34 minutos e no Rossi & Catelli 30 foi de \cong 31 minutos.

A Figura 10 mostra as diferentes etapas da superfície interna dos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30 após a execução do CIP utilizando o 5º teste. Como pode ser visto após a realização do CIP a quantidade de sujidades aderidas na superfície interna do equipamento foi bem inferior, quando comparados com os testes anteriores.



Fonte: Arquivo Pessoal, (2016).

FIGURA 10 - Superfície após CIP aplicado no 5º teste. 10A - Superfície interna da câmara de vácuo; 10B - Superfície interna do tubo de retardamento, 10C - Superfície interna da válvula 107 e 10D - Superfície da membrana de nível da câmara de vácuo.

Contagens de aeróbios mesófilos, coliformes totais e termotolerantes e ATP nas superfícies dos equipamentos Rossi & Catelli 20 e 30

Na teoria proposta por Passos (1994), com o tratamento térmico ocorrido no leite, ocorre a formação de depósitos incrustantes nas superfícies internas dos trocadores de calor dos equipamentos, proporcionando assim um meio propício a adesão microbiana. A Figura 11 demonstra os resultados das amostras coletadas dos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30, utilizando o método de swab para análises de contagem de mesófilos aeróbios, demonstrando a diminuição nos resultados de contagens, caracterizando a eficiência alcançada no CIP.

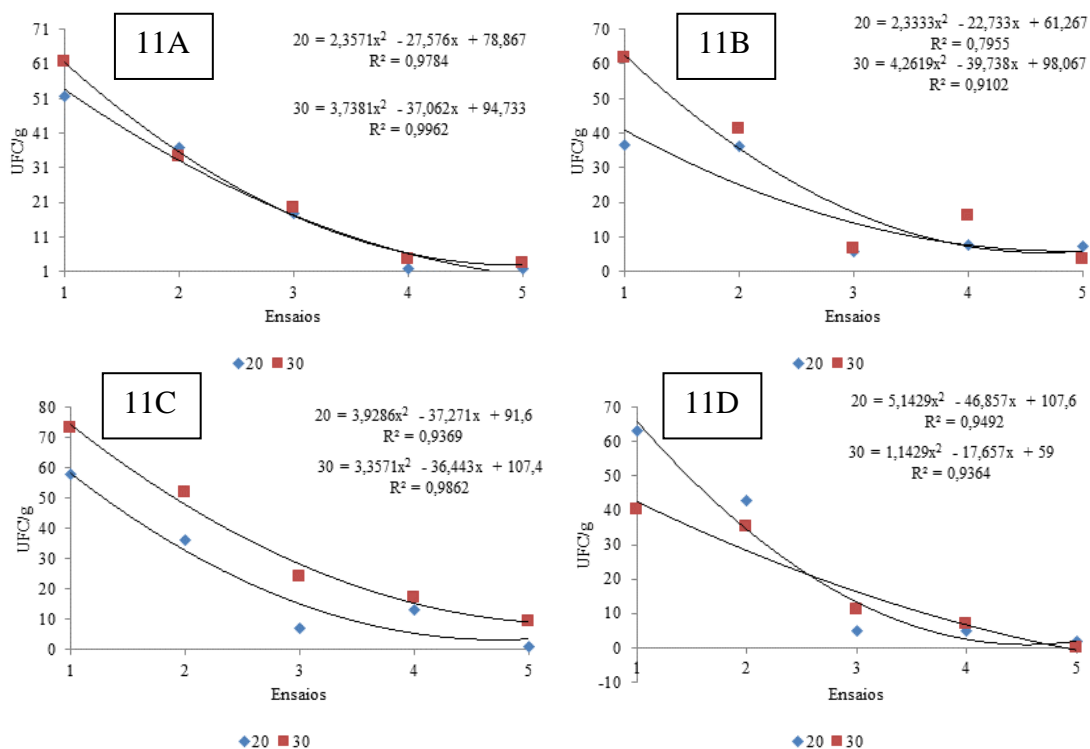


FIGURA 11- Resultados médios da contagem de aeróbios mesófilos nos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30. 11A - Tanque de equilíbrio. 11B - Tubo de retardamento. 11C - Válvula 107. 11D - Câmara de vácuo.

Segundo Tamime (2008), as sujidades orgânicas, constituídas principalmente por carboidratos, proteínas, óleos e gorduras, quando submetidos a processos térmicos muito intensos, constituem resíduos carbonizados difíceis de remover que são substratos propícios ao desenvolvimento de microrganismos. Os resultados demonstrados na Figura 11, comprovam a eficiência do CIP na remoção das sujidades orgânicas, os resultados de contagens de mesófilos aeróbios decresceram gradativamente, do 1º ao 5º teste.

Os equipamentos processadores de alimentos, na presença de resíduos, deve ser dada especial atenção à eliminação e controle dos microrganismos, sendo assim, o papel da higienização deve garantir a eliminação das sujidades visíveis e não visíveis, e conseqüentemente a redução de microrganismos patogênicos até níveis seguros (BARBOSA, 2010).

A Figura 12 demonstra os resultados da ATP nos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30. O teste adenosina trifosfato (ATP) detecta a partir de células metabolicamente ativas, resíduos orgânicos, inclusive microrganismos, por meio da reação com a enzima luciferase. O resultado obtido deve ficar entre 0 URL e 150 URL, conforme boas práticas de laboratório (BPL).

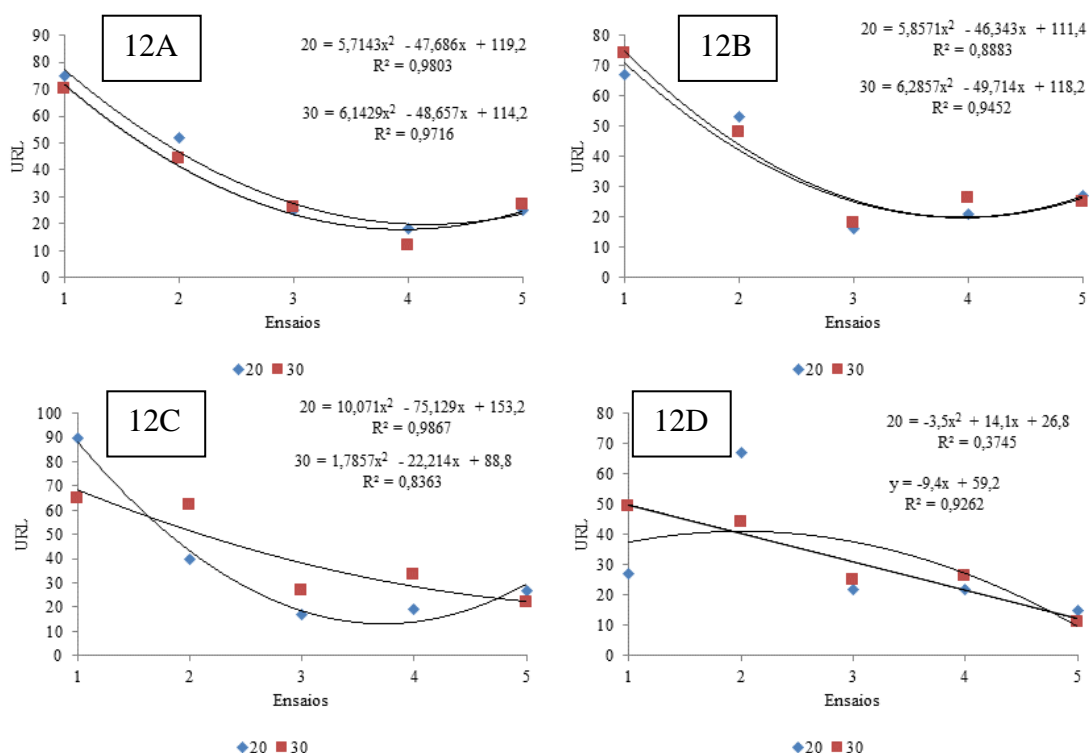


FIGURA 12 - Resultados médios da contagem de adenosina trifosfato (ATP) nos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30. 12A - Tanque de equilíbrio. 12B - Tubo de retardamento. 12C - Válvula 107. 12D - Câmara de vácuo.

É muito importante a realização de uma limpeza adequada na indústria de alimentos para a remoção de resíduos físicos, químicos ou microbiológicos. Um dos métodos de validação de limpeza é o ATP que pode ser quantificado e medido mediante equipamentos apropriados e expressada em unidades relativas de luz (URL) (CARRERA, 2015).

De acordo com Contreras (2003), a técnica de bioluminescência da adenosina trifosfato (ATP), é a fonte de energia de todas as células vegetais, animais, fungos e leveduras. É estável se conservado por longo período de tempo, mesmo após a morte da célula (por até 2 horas). O ATP é uma técnica conhecida como validação de limpeza de superfícies ou sistema “lightning”. O resultado obtido é imediato.

Mediante citação de Contreras (2003), pode-se verificar claramente que os resultados de ATP demonstrados na Figura 12, tiveram redução considerável, quando comparados com os resultados obtidos no 1º teste, comprovando assim a eficiência do CIP.

Segundo Barbosa (2010), a limpeza realizada com detergente alcalino e ácido, higieniza o equipamento não só quimicamente e fisicamente, mas também é eficiente até um certo ponto, em relação a contagem microbiológica.

Para os resultados obtidos das contagens de coliformes totais e termotolerantes, as superfícies internas dos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e Rossi & Catelli 30 apresentaram isentas, nos 5 testes, comprovando a ideologia de Barbosa (2010).

Benefícios com a otimização do CIP nos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30

A ideia inicial e era reduzir o tempo gasto na limpeza manual de duas para uma hora, pois a empresa, mensalmente disponibilizava 720 horas para serem utilizadas em seu processo produtivo, sendo realizados aproximadamente 10,4 CIP's neste período, com a economia de uma hora de limpeza manual, levando em consideração que os esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30 produzem com vazões de 18.000L/h e 24.000L/h, respectivamente, teria aumento de produção de aproximadamente 436.800 L ao longo do mês e aproximadamente 5.241.600 L, anualmente.

Considerando a colocação de Jacques et al. (2003), os resultados obtidos pelo 5º teste, foram satisfatórios, pois obteve-se um tempo médio de aproximadamente 32 minutos gastos na limpeza manual, com redução de aproximadamente uma hora e meia, sem a necessidade de investimentos ou mudança de fornecedor de soluções de limpeza, tendo aumento de aproximadamente 655.200 L de produção mensal e aproximadamente 7.862.400L de produção anual. Além da redução de 75% do tempo gasto com atuação humana após o CIP, conseqüentemente teve-se grande melhora nos resultados de contagens de aeróbios mesófilos e ATP.

3.4 CONCLUSÃO

A eficácia da solução alcalina na remoção de sujidades de esterilizadores de alimentos foi maior em temperatura elevada (90°C). As soluções ácidas foram menos eficazes na eliminação das incrustações.

Para redução da ação humana na limpeza dos esterilizadores de alimentos deve se aumentar o tempo de circulação da solução alcalina, e reduzir a circulação do detergente ácido, dessa forma, ocorre redução da contagem de mesófilos aeróbios, contagem de coliformes totais e termo tolerantes e diminuição da adenosina trifosfato.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Nélio José de. **Higienização na indústria de alimentos: avaliação e controle da adesão e formação de biofilmes bacterianos**. São Paulo: Varela, 2008. 412 p.

BARBOSA, Teresa Joana Anjos. Otimização de Sistema CIP. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) apresentado a Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto, Porto – Portugal. 2010.

BREMER, Philip J.; FILLERY, Suzanne; QUILLAN, A. James Mc. Laboratory scale Clean-In-Place (CIP) studies on the effectiveness of different caustic and acid wash steps on the removal of dairy biofilms. *International Journal of Food Microbiology* 106 (2006) 254 – 262.

CARRERA, Santiago Cadena. Validação do Processo CIP como Ferramenta para Melhorar a Qualidade e a Produtividade: Estudo de Caso em Microcervejaria. (Mestrado em Engenharia de Alimentos) apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis – Santa Catarina. 2015.

CHISTI, Y., 1999. Modern systems of plant cleaning. In: Robinson, R., Batt, C., Patel, P. (Eds.), *Encyclopedia of Food Microbiology*. Academic Press, London, p. 1086-1815.

CONTRERAS, C. J.; BROMBERG, R.; CIPOLLI, K.M.V.A.B; MIYAGUSKU, L. **Higiene e Sanitização na Indústria de Carnes e Derivados**. São Paulo: Varela. 1. ed. 210 p., 2003.

ESTEVES, Andrea Cristina. Desenvolvimento de Modelo Matemático de Trocador de Calor Tipo Casco-tubos. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) apresentado à Escola de Engenharia de Mauá do Centro Universitário do Instituto de Mauá de Tecnologia – São Caetano do Sul – São Paulo. 2009.

FERREIRA, M. F. P.; PENA, R. S. Estudo da secagem da casca do maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 15-28, 2010.

GONÇALVES, Giselle Aline dos Santos. Estudo Comparativo da Resistência à Corrosão dos Aços Inoxidáveis AISI 304 e 444 em Soluções Detergentes e Sanitizantes da Indústria de Refrigerantes (Mestrado em Engenharia Química) apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Minas Gerais – Belo Horizonte – Minas Gerais. 2011.

JACQUES, K.; LYONS, T.; KELSALL, D. **The alcohol textbook**. Nottingham: Nottingham University Press, 2003.

KASNOWSKI, Maria Carmela ; MANTILLA, Samira Pirola Santos; OLIVEIRA, Luiz Antônio Trindade; FRANCO, Robson Maia. Formação de Biofilme na Indústria de Alimentos e Métodos de Validação de Superfícies. Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária, 2010.

MEMISI, Nurgin; MORACANIN, Slavica Veskovic; MILJASEVIC, Milan; BABIC, Jelena; DJUKIC, Dragutin. CIP cleaning processes in the dairy industry. Procedia Food Science 5, 2015 .

PASSOS, M.H.C.R. Limpeza de depósitos incrustantes de pasteurizador de leite por detergentes alcalinos e ácidos. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.14, n. 1, p. 105-112, jan./jun. 1994

PAUL, Tanmay; JANA , Arijit; DAS, Arpan;, MANDAL, Arpita; HALDER, Suman K.; MOHAPATRA, Pradeep K. Das; PATI, Bikas R.; MONDAL, Keshab Chandra. Smart cleaning-in-place process through crude keratinase: na eco-friendly cleaning techniques towards dairy industries. Journal of Cleaner Production 76 , 2014.

SANTOS, Milla Gabriela dos. Eficiência do Processo *Clean In Place* (CIP) na Remoção de Biofilmes formados por *Listéria Monocytogenes* Simulando Diferentes Condições Encontradas em Laticínios. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) apresentado a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

SISLIAN, Rodrigo. Estudo de Sistema de Limpeza CIP Usando Identificação de Sistemas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) apresentado a Faculdade de Engenharia Química. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas – São Paulo. 2012.

TAMIME, A. Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations. 3.rd. Oxford: Blackell Publishing, 2008.

TIWARI, Sarojini; BEHERA, Chitta Ranjan; SRINIVASAN, Babji . Simulation and experimental studies to enhance water reuse and reclamation in India's largest dairy industry. Journal of Environmental Chemical Engineering. (4), 1 , mar. 2016, 605-616.

4. CONCLUSÃO GERAL

O objetivo da realização deste trabalho foi a otimização do CIP executado nos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30, pois mesmo após serem submetidos ao sistema CIP com a utilização de soluções alcalinas e ácidas, eram gastos a média de 02 horas para a realização da limpeza manual, coleta de swab e teste de ATP, vindo a causar ranhuras na superfície interna dos esterilizadores, devido o esfregão dos utensílios utilizados para a remoção das sujidades que o CIP não conseguia eliminar.

Os ensaios laboratoriais utilizando soluções alcalinas e ácidas, mostraram que a solução ácida não foi eficiente em nenhuma situação, não solubilizando por completo as sujidades em nenhum dos casos. Já as soluções alcalinas em todos os ensaios foram eficientes, sendo que em todos os casos as sujidades foram solubilizadas, obtendo diferentes tempos para cada concentração e temperaturas utilizadas.

Foram realizados 5 testes nos esterilizadores Rossi & Catelli 20 e 30, sendo que no 5º teste obteve-se melhores resultados para a eficiência do CIP, tanto na remoção das sujidades quanto nos resultados de contagem de aeróbios mesófilos e ATP.

Diante dos resultados obtidos no 5º teste, o laticínio em que foi realizada a pesquisa, terá aumento de produtividade de $\cong 655.200$ L de produção mensal e $\cong 7.862.400$ L de produção anual de leite UAT.

Esta pesquisa mostra que é possível otimizar o sistema *clean in place* em esterilizadores de produtos lácteos, sem a necessidade de investimentos financeiros.