



Higiene na Indústria de Alimentos:  
Importância dos Parâmetros de Limpeza “Clean  
in Place”

Igor de Oliveira Cardoso Nobre Potengy

Monografia em Engenharia de Alimentos

Orientadora

Profa. Karen Signori Pereira, D.Sc.

Novembro de 2015

# HIGIENE NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS: IMPORTÂNCIA DOS PARÂMETROS DE LIMPEZA “CLEAN IN PLACE”

*Igor de Oliveira Cardoso Nobre Potengy*

Monografia em Engenharia de Alimentos submetida ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheiro de Alimentos.

Aprovado por:

---

Camilla Pires de Souza, M.Sc.

---

Carlos André Vaz Júnior, D.Sc.

---

Léo Oliveira Lopes

---

Marselle Marmo do Nascimento Silva

Orientado por:

---

Karen Signori Pereira, D.Sc.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Novembro de 2015

Potengy, Igor de O. C. Nobre.

Higiene na indústria de alimentos: importância dos parâmetros de limpeza “Clean in Place”/ Igor de Oliveira Cardoso Nobre Potengy. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2015.

vi, 45 f.; il.

Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2015.

Orientadora: Karen Signori Pereira, D. Sc.

1. Higiene em alimentos 2. Perigos a alimentos. 3. Clean in Place (CIP). 4. Monografia. (Graduação – UFRJ/EQ). I. Pereira, Karen Signori (D.Sc.). II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química. III. Higiene na indústria de alimentos: importância dos parâmetros de limpeza “Clean in Place”

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a meus pais, Cláudia e Armando, por todo amor, carinho, ajuda e compreensão durante toda a minha vida. Aprendi o que é amor desde pequeno em casa.

As minhas avós, bisavó, tios, tias, primas e primos pelo carinho e senso familiar durante todos esses anos, mesmo distantes ou não.

Agradeço a Karen Signori Pereira, minha orientadora, por ser mais do que uma professora para os alunos, sempre mostrando carinho, compreensão e dedicação a cada um que passa em seu caminho.

Gostaria de agradecer a toda a equipe Nestlé Sorvetes por cada dia passado ao lado de vocês. A cada segundo tenho um aprendizado novo e mais certeza de que meu primeiro passo profissional foi dado com as pessoas certas e na hora certa.

Por último gostaria de agradecer a todos que, de alguma forma, me ajudaram a entrar e concluir o curso de Engenharia de Alimentos. Professores e diretores do Jardim Escola Dan Dan, Colégio e Curso Intellectus, amigos, familiares, colegas de profissão, fornecedores e todos que, em algum momento, fizeram parte da minha história.

Resumo da Monografia apresentada à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiro de Alimentos.

## **HIGIENE NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS: IMPORTÂNCIA DOS PARÂMETROS DE LIMPEZA “CLEAN IN PLACE”**

Igor de Oliveira Cardoso Nobre Potengy

Novembro, 2015

Orientadora: Profa. Karen Signori Pereira, D.Sc.

A indústria de alimentos tem necessidade constante de melhoria nos seus processos para garantir um produto competitivo no mercado e, principalmente, seguro ao consumidor. A competitividade e segurança alimentar só podem ser almejadas se a marca do produto for vinculada pelos consumidores a um alimento com preço compatível com o mercado, com qualidade assegurada, bom marketing e, principalmente, livre de perigos alimentares.

Os perigos associados a alimentos podem ser minimizados pelas boas práticas de fabricação adotadas em seus processos sendo parte importante a higienização de equipamentos e circuitos. Dentre os modos de higienização principais a limpeza *Clean in Place*, ou CIP, é a que apresenta maior custo inicial para implementação, porém traz maiores benefícios ao longo do tempo.

Este trabalho possui como objetivo fazer a revisão bibliográfica de livros e artigos que contemplem os perigos alimentares existentes mostrando suas relações com a limpeza automática Clean in Place. Tal sistema de limpeza possui pouca bibliografia a respeito, mesmo sendo parte fundamental de grandes indústrias de alimentos no mundo.

Circuitos com sistema de limpeza CIP implementados possuem limpeza mais rápida e assertiva quando todos os parâmetros essenciais são respeitados e monitorados. O desenho higiênico de equipamentos, ou seja, a redução de possibilidades de incrustações em pontos de difícil limpeza se torna a melhor prevenção contra contaminações no produto final.

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO E OBJETIVOS .....	1
1.1.	Introdução .....	1
1.2.	Objetivos .....	1
1.3.	Organização do Trabalho .....	2
2.	PERIGOS ASSOCIADOS A ALIMENTOS .....	3
2.1.	Perigos microbiológicos.....	3
2.1.1.	Enterobactérias e Mesófilos Aeróbios .....	4
2.1.2.	<i>Coliformes termotolerantes e Escherichia coli</i> .....	4
2.1.3.	<i>Staphylococcus aureus</i> .....	5
2.1.4.	<i>Bacillus cereus</i> .....	5
2.1.5.	<i>Cronobacter sakazakii</i> .....	6
2.1.6.	<i>Listeria monocytogenes</i> .....	6
2.1.7.	<i>Salmonella</i> .....	6
2.1.8.	Bolores e leveduras .....	7
2.1.9.	Reduzindo perigos microbiológicos.....	7
2.2.	Perigo alergênico .....	9
2.2.1.	Glúten.....	10
2.2.2.	Leite.....	11
2.2.3.	Ovo.....	11
2.2.4.	Soja.....	12
2.2.5.	Amendoim, castanhas, pistache, nozes e <i>nuts</i> .....	12
2.3.	Perigo químico .....	12
2.4.	Perigo físico .....	14
2.5.	Histórico de retirada de produtos do mercado por contaminações .....	14
2.5.1.	<i>Recall</i> por contaminação microbiológica.....	15

2.5.2.	<i>Recall</i> por contaminação alérgica.....	16
2.5.3.	<i>Recall</i> por contaminação química .....	16
2.5.4.	<i>Recall</i> por contaminação física .....	16
3.	DIFERENÇA ENTRE LIMPEZA, SANITIZAÇÃO E HIGIENIZAÇÃO .....	17
3.1.	Tipos de detergente para limpeza .....	18
3.2.	Tipos de sanitizantes para limpeza .....	20
3.3.	Água para limpeza .....	21
4.	LIMPEZA <i>CLEAN IN PLACE</i> (CIP) .....	23
4.1.	Fases de uma limpeza CIP .....	23
4.2.	Titulação ou Concentração .....	25
4.3.	Turbulência .....	27
4.3.1.	Velocidade.....	27
4.4.	Tempo .....	30
4.5.	Tecnologia.....	31
4.5.1.	Superfícies.....	32
4.5.2.	Tubulações .....	34
4.5.3.	Equipamentos.....	34
4.6.	Temperatura na limpeza CIP .....	36
4.6.1.	Temperatura e proteínas .....	38
4.6.2.	Temperatura e açúcares.....	39
4.7.	Monitoramento de limpeza .....	39
5.	CONCLUSÕES FINAIS .....	40
6.	BIBLIOGRAFIA .....	41

# 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

## 1.1. Introdução

A cada ano a competitividade na indústria alimentícia aumenta. Novas tecnologias para maior produtividade são criadas, a padronização e estabilidade da produção se torna algo essencial e os controles de qualidade se tornam fundamentais para garantir aumento de mercado. Todos esses quesitos explicitados convergem para um único ponto: a satisfação do consumidor a partir da confiança na marca.

A globalização acelerada torna mais fácil a troca de informações e experiências com diversas partes do mundo e diferentes indústrias, fomentando o aperfeiçoamento das técnicas já existentes para combate a contaminações em alimentos. Para que uma indústria alimentícia consiga garantir um produto seguro ao consumo, alguns riscos precisam ser controlados, como os contaminantes microbiológicos, alergênicos, químicos e físicos (BRASIL, 2003). Estes quatro perigos englobam a maioria dos desvios que podem levar a uma perda de preferência do consumidor como, por exemplo, material estranho no produto terminado ou soda cáustica no lugar de produto final.

Com o intuito de minimizar essas contaminações a limpeza padronizada de equipamentos e componentes se torna essencial quando em conjunto com a aderência das Boas Práticas de Fabricação. Neste sentido a rapidez de limpezas para aumento de produtividade e redução de probabilidades de contaminações demonstra a necessidade da utilização da limpeza *Clean in Place* (CIP). Riscos microbiológicos, químicos e alergênicos podem ser minimizados por uma rotina consistente de limpezas. A limpeza CIP, é o modelo de limpeza semi, ou totalmente, automatizado muito utilizado para sistemas fechados. Neste tipo de limpeza o foco é a redução de custo de químicos e de tempo de limpeza, já que se aplica, principalmente, a limpezas de grandes circuitos de tubulações, tanques e equipamentos (LELIEVELD, 2003)

## 1.2. Objetivos

Este trabalho possui o objetivo de realizar um estudo de artigos científicos, manuais corporativos e normas para explicitar a importância dos parâmetros de uma limpeza CIP para a obtenção de um alimento sem contaminações.

### **1.3. Organização do Trabalho**

O trabalho está organizado de forma a introduzir o conceito atual das indústrias de alimentos e a importância do tema limpeza CIP para a atual conjuntura da fabricação de alimentos, além do objetivo do estudo no primeiro capítulo.

No segundo capítulo são apresentados os principais riscos associados a fabricação de alimentos e seus agentes causadores, além de explicitá-los.

O terceiro e quarto capítulos possuem a introdução e discussão do sistema de limpeza CIP e seus principais parâmetros, juntamente com os agentes utilizados para garantir a sua eficiência. Há a discriminação de tipos de sanitizantes e detergentes utilizados.

No quinto capítulo são apresentadas as considerações finais e posteriormente referências bibliográficas utilizadas para elaboração deste trabalho.

## 2. PERIGOS ASSOCIADOS A ALIMENTOS

### 2.1. Perigos microbiológicos

A avaliação de risco microbiológico é um processo com base científica constituído pelas etapas de identificação do perigo microbiológico, caracterização deste perigo, avaliação da exposição e caracterização do risco (CODEX, 1999) (SANT'ANA; FRANCO 2009). A depender do produto temos várias combinações possíveis de patógeno-alimento para gerenciamento do risco microbiológico como estabelecido por lei ou internamente, sempre utilizando o limite mais restrito.

Para gelados comestíveis, por exemplo, há a regulamentação de acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), através da Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) número 12 de 2001, para análises de Coliformes a 45°C, *Staphylococcus* spp. coagulase positiva e *Salmonella* spp. em 25 gramas (BRASIL, 2001). Tais micro-organismos possuem limites definidos pela RDC 12/2001 e devem estar dentro destes limites para que possam ser liberados para consumo humano, sendo importante ressaltar que, caso haja um risco epidemiológico que justifique um alerta sanitário, as análises de outros patógenos podem ser solicitadas ao mercado além daqueles contemplados na RDC 12/2001.

Para se controlar contaminações na indústria, seja química, física, microbiológica ou alergênica, a forma mais eficiente é a partir da implementação do *Hazard Analysis and Critical Control Points* (HACCP). Diversos são os benefícios da implementação do HACCP. O HACCP é baseado numa série de etapas inerentes ao processamento industrial dos alimentos, incluindo todas as operações que ocorrem desde a obtenção da matéria-prima até o consumo, fundamentando-se na identificação dos perigos potenciais à saúde do consumidor, bem como nas medidas de controle das condições que geram os perigos. Os riscos das indústrias estão então mapeados no estudo de acordo com o perigo e severidade. Quanto maior a severidade de um perigo e sua probabilidade de acontecer, maior será seu risco ao produto final (RIBEIRO-FURTINI; DE ABREU, 2006).

O perigo microbiológico está associado, principalmente, ao conhecimento sobre o produto a ser analisado e os micro-organismos mais comumente encontrados.

### **2.1.1. Enterobactérias e Mesófilos Aeróbios**

Enterobactérias, como são conhecidos os membros da família Enterobacteriaceae, são bactérias Gram negativas na forma de bastonetes retos, não esporogênicas, aneróbias facultativas e oxidase negativas (exceto o gênero *Plesiomonas*). Essa família possui inúmeras espécies importantes para a indústria alimentícia como *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *C. sakazakii* e *E.coli*. As enterobactérias são utilizadas como indicadores das condições de higiene dos processos de fabricação por serem facilmente inativadas por sanitizantes e capazes de colonizar vários nichos de processos quando há falha de sanitização, sendo normalmente encontradas na água, solos, plantas, insetos, ovos, frutas e no próprio homem, estando localizadas na flora intestinal. (DA SILVA *et al.*, 2007).

A contagem total de aeróbios mesófilos em placas não diferencia bactérias, sendo utilizada para obter informações gerais sobre a qualidade do produto, matérias primas e manipulação (DA SILVA *et al.*, 2007). Normalmente a contagem total é utilizada na indústria como monitoramento, não afetando a liberação do produto final por não estar diretamente relacionada a patógenos. A contagem de mesófilos aeróbios está ligada a contagem de micro-organismos psicrotópicos também, ou seja, micro-organismos que crescem a temperaturas entre 0 e 7°C. Tais micro-organismos se multiplicam em alimentos refrigerados, mas crescem melhor em temperaturas mesófilas (cerca de 35°C) (DA SILVA *et al.*, 2007). Estão dentro desse grupo bactérias como *L. monocytogenes*, *Vibrio cholerae*, *E.coli*, *B. cereus* e *Clostridium botulinum* tipo E, além de tipos B e F não proteolíticos (DA SILVA *et al.*, 2007).

### **2.1.2. Coliformes termotolerantes e *Escherichia coli***

Os coliformes termotolerantes são caracterizados por micro-organismos capazes de fermentar a lactose em 24 horas a 45°C ± 0,5°C, com produção de gás. Os coliformes são utilizados como indicadores de contaminações por falhas de limpeza e sanitização por serem facilmente inativados por produtos sanitizantes como ácidos peracéticos. *E. coli* está incluída no grupo de coliformes termotolerantes, sendo seu principal habitat o trato intestinal de animais. Usada principalmente como indicador de contaminação fecal em alimentos “*in natura*” (DA SILVA *et al.*, 2007).

Falhas de Boas Práticas de Fabricação (BPF), ou seja, falha nos requisitos sanitários das edificações, manutenção e higienização das instalações, equipamentos e utensílios, o controle da água de abastecimento, controle integrado de vetores e pragas urbanas, controle da higiene e

saúde dos manipuladores, além do controle e garantia de qualidade do produto final (BRASIL, 2002) podem gerar contaminação por tais micro-organismos.

### **2.1.3. *Staphylococcus aureus***

A intoxicação alimentar transmitida por *S. aureus* se dá pela ingestão de uma dose de toxina, denominada de enterotoxina estafilocócicas, que pode ser até menor que 1µg, alcançada para valores acima de 10<sup>6</sup> Unidades Formadoras de Colônias (UFC) /g deste micro-organismo. Seus sintomas são evidenciados entre duas e seis horas após a ingestão e incluem vômitos, cólicas, prostração, queda de pressão e temperatura (DA SILVA *et al.*, 2007). Como a intoxicação estafilocócica é uma doença de curso rápido pelos sintomas desaparecem quando a toxina é eliminada do organismo da pessoa acometida pela enfermidade, geralmente não há grandes complicações. As enterotoxinas são tolerantes aos tratamentos térmicos convencionalmente utilizados na indústria de alimentos, diferentemente da bactéria (DA SILVA *et al.*, 2007) sendo esta a principal preocupação da indústria alimentícia. Há a necessidade de impedir a proliferação de *S. aureus* antes da produção do produto final, já que a presença destas bactérias pode levar a produção das enterotoxinas que apesar de causarem a intoxicação alimentar não são exigidas pela legislação na análise de alimentos. Produtos manipulados durante preparo ou que permaneçam à temperatura ambiente depois da preparação correm alto risco de contaminação por esta bactéria (DA SILVA *et al.*, 2007).

### **2.1.4. *Bacillus cereus***

O gênero de *Bacillus* possui inúmeras espécies, sendo *B. anthracis* (não associado a contaminações por via alimentar) e *B. cereus* as principais espécies patogênicas para humanos. São bactérias Gram positivas, esporogênicas e aeróbias facultativas (DA SILVA *et al.*, 2007).

A contaminação de alimentos por *B. cereus* está associada à ocorrência de dois tipos de síndrome devido à ingestão de alimentos contaminados com cepas patogênicas (ou apenas toxinas) produtoras de toxinas emética e/ou diarreica. Quando a toxina é a emética, em geral, os alimentos implicados são pratos à base de arroz frio ou quente, cremes pasteurizados, espaguete, purê de batata e brotos vegetais. Quando a toxina é a diarreica os alimentos veículos consistem em pratos à base de cereais, contendo milho e amido de milho, purê de batata, vegetais, carne moída, linguiça de fígado, bolinho de carne moída, leite, carne assada, pratos à base de arroz, pudins, sopas e outros (PAICA *et al.*, 2009).

O cozimento ativa os esporos e, sem refrigeração, os esporos podem germinar e produzir as toxinas que podem levar ao desencadeamento dos sintomas. Falhas na refrigeração

de alimentos preparados e Boas Práticas de Fabricação podem vir a permitir o desenvolvimento de uma contaminação por *B. cereus* na indústria de alimentos.

#### **2.1.5. *Cronobacter sakazakii***

A espécie patogênica *C. sakazakii* é de extremo risco para populações específicas, podendo levar até a morte, para crianças de até um ano, principalmente prematuros e recém-nascidos de baixo peso corporal. Fórmulas infantis em pó são os principais veículos de contaminação por falhas de higienização de frascos e utensílios para preparação de mamadeiras. As principais indústrias que analisam, monitoram e tem como patógeno alvo está bactéria são as de fórmulas especiais, tanto para recém-nascidos como para lactantes (DA SILVA *et al.*, 2007).

#### **2.1.6. *Listeria monocytogenes***

*L. monocytogenes* é uma bactéria encontrada em diversos tipos de mamíferos, principalmente no intestino, sendo excretada pelas fezes. Uma infecção por este micro-organismo pode vir a causar complicações principalmente a grupos de risco como gestantes, idosos e pessoas imunocomprometidas. Como reservatório primário estão o solo e vegetações, além de água, fezes e esgotos (DA SILVA *et al.*, 2007). Por serem consideradas psicrotolerantes, ou seja, se desenvolverem em temperaturas de refrigeração, são comumente alvo de monitoramentos ambientais em indústrias de gelados comestíveis e frigoríficos tanto espécie *L. monocytogenes* como *Listeria sp* (DA SILVA *et al.*, 2007).

#### **2.1.7. *Salmonella***

*Salmonella*, gênero dentro do grupo da família Enterobacteriaceae, são bastonetes Gram negativos não esporogênicos, anaeróbios facultativos e oxidase negativos. Os sintomas da salmonelose podem incluir febre, dor de cabeça, cólicas e diarreia (DA SILVA *et al.*, 2007).). Uma gama de produtos possui especificação de ausência por 25 gramas segundo legislação brasileira (BRASIL, 2001), já que *Salmonella spp.* pode ser encontrada por falhas em tratamentos térmicos e manipulações inadequadas em diversas indústrias como de confeitaria recheada com creme, gelatina desidratadas, chocolate, coco, coberturas, produtos lácteos, entre outros (DA SILVA *et al.*, 2007).

### **2.1.8. Bolores e leveduras**

Os bolores e leveduras constituem um grande grupo de micro-organismos, a maioria originária do solo ou do ar. Tais micro-organismos são por vezes bastante resistentes a condições adversas, como pH ácido e atividade de água baixa. A atividade de água para crescimento de bolores e leveduras varia entre 0,80 e 0,88. Bolores e leveduras que conseguem desenvolvimento em atividade de água abaixo de 0,85 são chamados xerofílicos, sendo aqueles que conseguem crescer em altas concentrações de sal denominados halofílicos (DA SILVA *et al.*, 2007).

Conforme o pH do alimento, ou meio, se afasta do valor ideal de crescimento, que normalmente é cinco, a velocidade de crescimento desses micro-organismos reduz, assim como fatores restritivos de atividade de água e temperatura, por exemplo (DA SILVA *et al.*, 2007).

Bolores e leveduras são normalmente associados a deterioração de alimentos, sendo espécies de bolores dos gêneros *Mucor*, *Rhizopus*, *Byssochlamys* e *Fusarium* os mais comumente vistos em produtos alimentícios engarrafados provocando deterioração (DA SILVA *et al.*, 2007). Por estarem associados comumente a falhas na manipulação de alimentos análises bolores e leveduras são, em alguns alimentos e embalagens de alimentos, parâmetros de liberação do produto final (BRASIL, 2001).

### **2.1.9. Reduzindo perigos microbiológicos**

O perigo microbiológico, como citado anteriormente, depende da análise de risco envolvendo cada produto (SANT'ANA; FRANCO, 2009). A diminuição do perigo microbiológico em produtos terminados para o consumidor final pode se dar por vários métodos.

Seguindo-se, a partir de análises de risco, procedimentos e Boas Práticas básicas em indústrias de alimentos, consegue-se reduzir a possibilidade de falhas que afetem o consumidor. As Boas Práticas básicas estão ligadas a diversos fatores como condições higiênicas sanitárias de edificações e instalações, potabilidade de água (principalmente utilizada no produto terminado), bom estado de conservação de utensílios, móveis e equipamentos, procedimentos bem definidos de higienização, correto armazenamento de resíduos, matérias primas, materiais de embalagem e produtos terminados, entre outros (BRASIL, 2003).

A preservação por métodos combinados, ou teoria dos obstáculos de Leistner (LEISTNER, 1992), consiste em mudanças de parâmetros nos alimentos para que haja uma

redução de contagem, ou probabilidade de contagem, de micro-organismos a partir da leve redução de atividade de água, decréscimo de pH, adição combinada ou simples de agentes antimicrobianos, tratamentos térmicos como esterilização, pasteurização, processos *Ultra High Temperature* (UHT), entre outros fatores (CHIRIFE; FERRO FONTAN; BENMERGUI, 1987).

Há limitações para a aplicação de métodos de conservação de alimentos, principalmente se tratando de conservação para redução de riscos microbiológicos. O Quadro 1, mostra algumas das limitações destes métodos de conservação (COSTA, 2002). Ao aumentar-se a gama de métodos para conservação de alimentos há a estabilização do produto no quesito microbiano, ou seja, maior a dificuldade para um micro-organismo colonizar o alimento e se desenvolver (LEISTNER, 1992).

**QUADRO 1.**

<b>Método</b>	<b>Obstáculo</b>	<b>Limitações</b>
Secagem	Atividade de água	Perda de sabor, formato, cor e textura pobre. Vagarosa e incompleta reidratação
Liofilização	Atividade de água	Custos
Enlatamento	Inativação térmica	Perda de qualidade, custos com embalagem e energia
Salga	Atividade de água	Alto conteúdo de sal e textura pobre (carnes)
Acidificação (natural/artificial)	pH	Mudança de sabor devido à alta acidez
Conservadores	Ação anti-microbiana	Problemas de origem legal e saúde pública
Refrigeração/Congelamento	Baixa temperatura (congelamento + atividade de água)	Custo de energia e ausência de cadeia de frio

Algumas limitações de métodos tradicionais de preservação dos alimentos baseadas em um tipo de obstáculo.  
**FONTE:** COSTA, 2002

Alternativas para minimizar os impactos causados pelos processos acima vem sendo desenvolvidos. Tratamentos mais brandos que produzem alimentos com atividade de água mais elevada e implicam na combinação de outros fatores para prevenção do desenvolvimento microbiológico são, atualmente, a melhor forma de preservação de produtos alimentícios (COSTA, 2002).

## **2.2. Perigo alergênico**

A contaminação alergênica em um produto pode ocorrer por diversos motivos, sendo os principais a falta de correta limpeza de utensílios ou equipamentos e desvio na segregação de materiais.

A alergia alimentar está associada um impacto negativo na qualidade de vida da população por restringir o consumo de determinado grupo de alimentos. Leites, ovos, amendoim, castanhas, camarão, peixe e soja são os principais alimentos estudados para desenvolvimento de alternativas a alergênicos (PEREIRA; MOURA; CONSTANT, 2008).

A principal diferença entre alergia e intolerância alimentar vem da forma como o corpo responde. A alergia envolve o sistema imunológico do ser humano no combate a um determinado antígeno, nesse caso proteína proveniente de alimentos, enquanto a intolerância alimentar decorre de uma resposta anormal a um alimento ou aditivo, sem desencadeamento de resposta do sistema imunológico. Os alérgenos alimentares mais comuns responsáveis por até 90% de todas as reações alérgicas são as proteínas do leite de vaca, ovo, amendoim, trigo, soja, peixe, frutos do mar e nozes. (PEREIRA; MOURA; CONSTANT, 2008)

A contaminação cruzada, ou seja, presença de qualquer alérgeno alimentar não adicionado intencionalmente ao alimento como consequência do cultivo, produção, manipulação, processamento, preparação, tratamento, armazenamento, embalagem, transporte ou conservação de alimentos, ou como resultado da contaminação ambiental (BRASIL, 2015) é a principal forma de contaminação alergênica em um alimento. Tal risco deve ser estudado e estar claramente associado às etapas dos processos.

A ANVISA estipula claramente através da RDC 26 de 02 de julho de 2015, as normas para declaração de alergênicos sendo necessário todo e qualquer alimento contendo potencial alergênico fazer a declaração no rótulo caso não haja comprovação de ausência no produto final. Tal declaração deve ser mencionada como “ALÉRGICOS: Pode conter (nomes comuns dos alimentos que causam alergias alimentares)” (BRASIL, 2015).

Os aditivos e alimentos mencionados pela legislação brasileira que podem vir a ocasionar contaminações alergênicas são (BRASIL, 2015):

- Trigo, centeio, cevada, aveia e suas estirpes hibridizadas.
- Crustáceos.
- Ovos.
- Peixes.
- Amendoim.
- Soja.
- Leites de todas as espécies de animais mamíferos.
- Amêndoa (*Prunus dulcis*, sin.:*Prunus amygdalus*, *Amygdalus communis* L.).
- Avelãs (*Corylus* spp.).
- Castanha-de-caju (*Anacardium occidentale*).
- Castanha-do-brasil ou castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa*).
- Macadâmias (*Macadamia* spp.).
- Nozes (*Juglans* spp.).
- Pecãs (*Carya* spp.).
- Pistaches (*Pistacia* spp.).
- Pinoli (*Pinus* spp.).
- Castanhas (*Castanea* spp.).
- Látex natural.

### **2.2.1. Glúten**

A doença celíaca é uma doença autoimune desencadeada pela ingestão de cereais que contêm glúten por indivíduos geneticamente predispostos. Além do consumo do glúten e da suscetibilidade genética, é também necessária a presença de fatores imunológicos e ambientais para que a doença se expresse (ARAÚJO *et al*, 2010).

O glúten é uma substância elástica, aderente, insolúvel em água, responsável pela estrutura das massas alimentícias. É constituído por frações de gliadina e de glutenina, que, na farinha de trigo, totalizam 85% da fração proteica. Forma-se pela hidratação dessas proteínas, que se ligam entre si e a outros componentes macromoleculares por meio de diferentes tipos de ligações químicas. O trigo é o único cereal que apresenta gliadina e glutenina em quantidade

adequada para formar o glúten. No entanto, essas proteínas podem ainda estar presentes em outros cereais, como cevada, centeio e aveia, nas formas, respectivamente, de hordeína, secalina e avenina (ARAÚJO *et al.*, 2010).

### **2.2.2. Leite**

O leite de vaca é uma mistura de mais de 20 componentes. Das proteínas implicadas nas reações imunológicas, os principais alérgenos encontrados neste alimento são a caseína,  $\alpha$ -lactoalbumina e a  $\beta$ -lactoglobulina, ou seja, as proteínas lácteas são as principais responsáveis por reações adversas no organismo de seres humanos (CASTELLO *et al.*, 2004).

A exclusão de leite de vaca e derivados é, hoje, o principal meio de se combater o problema. O principal meio para informação ainda é a rotulagem dos alimentos frescos ou processados que devem conter informações necessárias para a identificação dos potenciais produtos alergênicos (CASTELLO *et al.*, 2004).

Durante uma dieta pobre em produtos lácteos já foram evidenciados alguns casos de hipocrescimento em crianças, sinais de nutrição inadequada em crianças menores de 4 anos e falta de suprimento de cálcio, o que pode nos mostrar a problemática de uma dieta pobre em proteínas lácteas principalmente na infância, sendo por outro lado, extremamente importante a manutenção de padrões de qualidade assertivos para que contaminações cruzadas não venham a acontecer (PEREIRA; MOURA; CONSTANT, 2008).

### **2.2.3. Ovo**

A alergia ao ovo é comumente associada a proteínas da clara, se apresentando principalmente nos primeiros anos de vida. Entre os principais alérgenos da clara do ovo já identificados, salientam-se a ovoalbumina (Gal d 1), o ovomucóide (Gal d 3) e a conalbumina (Gal d 2). A ovoalbumina pode estimular uma reação de hipersensibilidade do tipo imunoglobulina E (IgE) mediada a alimentos, levando à liberação de mediadores de células mastocitárias (histamina), que atuam sobre a pele, nariz, pulmões e trato gastrointestinal. As alterações decorrentes do efeito da histamina envolvem o aumento da permeabilidade capilar, a vasodilatação, a contração de músculo liso e a secreção de muco (PEREIRA; MOURA; CONSTANT, 2008).

Derivados de ovo são facilmente encontrados em produtos processados por suas diversas aplicações tecnológicas. Uso de derivados como espumantes, coagulantes,

antioxidantes, aromatizantes e colorantes podem ser vistos em indústrias de pães, sorvetes, pastas e molhos, por exemplo (BOSSTRAETEN, 2008).

#### **2.2.4. Soja**

O uso de soja vem crescendo nos últimos anos como fonte proteica, principalmente para fórmulas infantis, porém proteínas da soja são identificadas como causadoras de reações alérgicas. Diversas frações foram identificadas na proteína, sendo identificado o ligante da IgE o peptídeo 232-383 da  $\alpha$ -sub-unidade da  $\beta$ -Conglicinina (fração 7S) (MARTINS; GALEAZZI, 1996).

Tais estudos levam a possibilidade de criação de sojas transgênicas sem “sítios ativadores” da reação alérgica. Atualmente, já se encontra em desenvolvimento uma variedade de soja transgênica, desenvolvida para não provocar reações alérgicas (WATANABE; NUTTI, 2002) a partir da constante necessidade de atendimento ao público com alergias alimentares.

#### **2.2.5. Amendoim, castanhas, pistache, nozes e *nuts***

Alergia a amendoim e frutas oleaginosas, além de *nuts* no geral como castanha do Pará, são causas comuns de reações alérgicas com risco de vida e afetam principalmente crianças. Embora a taxa publicada de contaminação por amendoim em lanches (chocolates e produtos à base de chocolate, cookies, biscoitos, cereais matinais, barras de cereais, mistura de frutas oleaginosas, produtos de panificação, doces e sorvetes) com a declaração de alerta varie de 0.9% a 32.4%, outras contaminações podem ser atribuídas a alimentos sem a declaração alergênica corretamente evidenciadas. O nível de contaminação em pesquisa realizada em supermercados dos Estados Unidos da América foi de 4,5% em produtos que apresentavam declaração alergênica (acima de 4.5 mg/kg de contaminante), ou seja, mesmo onde há probabilidade de contaminação cruzada o processo pode desnaturar, ou remover, proteínas responsáveis pela alergia (BROUGH *et al*, 2003).

### **2.3. Perigo químico**

O perigo de contaminação química existe em qualquer indústria alimentícia onde for utilizado produto químico para limpeza ou processo. Resíduos de defensivos agrícolas no cultivo de frutas, vegetais e legumes, por exemplo, é o principal meio de contaminação química existente já que há a possibilidade do produto continuar na matéria-prima mesmo depois de lavada e processada. (BRASIL, 2009).

A segregação de produtos químicos em locais separados do processo de fabricação, além do controle de produtos químicos utilizados é de extrema importância para diminuir a possibilidade de uma contaminação. A informação de tempo de contato de agentes de limpeza e modo de utilização devem estar claramente escritos nos procedimentos operacionais de limpeza, além de haver claro controle dos agentes químicos de controle de pragas quando utilizados, descritos em comprovante de execução do serviço (BRASIL, 2002).

Todos os produtos químicos devem ter Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ), classificação de risco e rotulagem de fácil entendimento e em local próximo a utilização (NBR 14725-1, 2009), o que auxilia não só na prevenção e rápido tratamento de incidentes, mas também na identificação de possíveis vetores de contaminação química em alimentos.

Dentro das contaminações químicas pode-se ver também migrações de embalagens para o produto terminado. As embalagens e equipamentos que estejam em contato direto com alimentos devem ser fabricados em conformidade com as boas práticas de fabricação para que, nas condições normais ou previsíveis de emprego, não produzam migração para os alimentos de componentes indesejáveis, tóxicos ou contaminantes em quantidades tais que superem os limites máximos estabelecidos de migração total ou específica (BRASIL, 2001). Migração total entende-se por quantidade de componentes transferida dos materiais em contato com alimentos ou seus simulantes, nas condições usuais de emprego, elaboração e armazenamento ou nas condições equivalentes de ensaio. Migração específica é a quantidade de um componente não polimérico particular de interesse toxicológico transferida dos materiais em contato com alimentos para os alimentos ou seus simulantes químicos pré-determinados pela legislação, nas condições equivalentes de ensaio (BRASIL, 2001).

Outro tipo de contaminação química é por toxinas produzidas, principalmente, por fungos como as aflatoxinas. Tais toxinas podem ser encontradas em amendoim, sementes oleaginosas, mandioca, leite e feijão, por exemplo, provocando contaminações agudas quando consumidas em grandes quantidades (BRASIL, 2010). Neste caso temos um exemplo de perigo químico ligado a um perigo microbiológico.

Através do Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em Produtos (PNCRC) o Ministério da Agricultura divulga anualmente a situação dos produtos no mercado em relação a contaminações químicas seja por medicamentos e precursores de crescimento em animais, ou agrotóxicos e toxinas em alimentos de origem não animal (BRASIL, 2015).

#### 2.4. Perigo físico

Quando há um material que não faz parte do produto final, ou seja, um material estranho como pedaços de metal, madeira, pregos, lâminas, vidros, pedras, ossos e cabelo, temos uma contaminação física no produto. Esses materiais podem causar danos físicos a quem os consumir, como feridas na boca e dentes quebrados (BRASIL, 2009).

A contaminação física em produtos é legislada pela RDC número 14 de 2014. Há o limite máximo de corpos estranhos para diversas classes de produtos que devem ser monitorados por todas as indústrias de alimentos que façam uso como matéria prima ou sejam os produtores finais (BRASIL, 2014).

#### 2.5. Histórico de retirada de produtos do mercado por contaminações

Diversas foram, até hoje, as retiradas de produto dos pontos de venda (*recalls*) no mundo por problemas de contaminações microbiológicas, alergênicas, químicas e físicas.

Qualquer produto que esteja sob suspeita de desvio deve ser comunicado a Fundação de Proteção e Defesa do Consumidor (PROCON) e ANVISA pela empresa fabricante para que seja feito o *recall* e assim não haja risco ao consumidor (BRASIL, 2015). Tal procedimento deve ser iniciado pelo próprio fabricante mesmo que o desvio tenha acontecido em um fornecedor e não na sua própria fábrica. Em 48 horas o fabricante deve apresentar eletronicamente ao comunicado a ANVISA os seguintes itens (PARRA, 2015):

- Quantidade de unidades fabricadas ou importadas;
- Quantidade de unidades do produto distribuídas às empresas imediatamente posteriores na cadeia produtiva, discriminada por unidade federada e por município;
- Quantidade de unidades do produto exportada e país (es) de destino;
- Quantidade de unidades do produto distribuída a programas sociais, escolas, creches, estabelecimentos de saúde ou doações;
- Identificação das empresas imediatamente posteriores na cadeia produtiva que receberam o produto (razão social, CNPJ e endereço);
- Comprovante de comunicação do recolhimento às empresas imediatamente posteriores na cadeia produtiva.

- A empresa interessada deve dispor do procedimento operacional padronizado (POP) sobre recolhimento de produtos, conforme as diretrizes estabelecidas pela RDC 24/2015;
- A cada 30 dias, ou menos caso seja solicitado pela ANVISA, devem ser enviados relatórios de acompanhamento do processo;
- O relatório conclusivo do processo deve ser encaminhado à ANVISA em até 120 dias a partir da comunicação inicial;
- A ANVISA deve emitir a comunicação referente à finalização do recolhimento à empresa;
- A empresa interessada deverá providenciar a veiculação da mensagem de alerta aos consumidores sobre o recolhimento dos produtos, contendo, no mínimo, as informações estabelecidas no artigo nº 35, parágrafo único;
- A mensagem de alerta deve ser disponibilizada também na página eletrônica e nas mídias sociais da empresa interessada, se houver, até a finalização do recolhimento, sem prejuízo da divulgação em outras mídias;
- A mensagem de alerta aos consumidores deve ser submetida à aprovação eletrônica da ANVISA imediatamente após a ciência a necessidade do recolhimento;
- A ANVISA aprovará a mensagem ou solicitará sua alteração;
- A empresa interessada deverá veicular a mensagem aos consumidores imediatamente após a comunicação da ANVISA quando à aprovação.

Além da exposição da marca, o prejuízo por desconfiança do fornecedor e logística de retirada de produtos do mercado podem causar grandes perdas para a empresa. A seguir alguns exemplos de *recalls* realizados por empresas do ramo alimentício.

### **2.5.1. Recall por contaminação microbiológica**

Há diversos exemplos de contaminação microbiológica ocasionando *recall* em produtos alimentícios. Um desses casos ocorreu em julho/2015 no Estados Unidos por contaminação de sorvetes da marca *Blue Bell Creameries* com *L. monocytogenes*. O micro-organismo foi encontrado através de análise de *swab* em dois ralos, sendo um dentro do túnel de congelamento e outro fora do túnel, além de outros três pontos. Dez pessoas foram

hospitalizadas e três morreram por complicações da contaminação. Foi realizado *recall* em quatro estados norte-americanos (FDA, 2015).

Outro grave caso acontecido em 2009 no Estados Unidos é tido como o maior *recall* da histórica do país. Em 46 estados foram 714 pessoas contaminadas pelo consumo de pasta de amendoim contaminado com *Salmonella* Typhimurium. O fabricante *Peanut Corporation of America* foi obrigado a retirar diversos lotes de outros produtos do mercado e tal contaminação está ligada a, pelo menos, nove mortes confirmadas. (CDC, 2012). ”

### **2.5.2. Recall por contaminação alérgica**

Rotulagem de produtos que possam conter precursores de alergias alimentares é o principal meio para que o consumidor tenha informações necessárias para garantir sua saúde.

Em março de 2013 a “*Gift Shop at Buffalo Trace Distillery*” fez a retirada do mercado de produtos por ausência de informações alérgicas em 32 estados norte-americanos, Canadá e Reino Unido. Os produtos incluíam principalmente molhos que possuíam alérgicos como leite, soja, anchova e trigo não declarados (FDA, 2013).

### **2.5.3. Recall por contaminação química**

A perda por um *recall* para a imagem de uma empresa pode ser imensurável, mas as perdas de capital podem ser vistas com frequência em noticiários. Em 2013 a empresa Unilever precisou fazer o *recall* de lotes de suco de soja sabor maçã por contaminação química com soda cáustica no produto proveniente de uma falha na limpeza CIP. Tal desvio ocasionou uma perda de cerca de 60 milhões de euros na receita da empresa por diminuição das vendas dos produtos da marca de suco de soja (EXAME, 2014).

### **2.5.4. Recall por contaminação física**

A contaminação física pode gerar inúmeros problemas de corte e engasgos nos consumidores, o que os torna de extrema criticidade (BRASIL, 2010).

A companhia alemã, situada em Colônia, *Intersnack Knabber-Gebäck GmbH & Co*, detentora da marca *Chio Dip!*, fez uma retirada de produtos do mercado por fragmentos de vidro em 4 lotes de molhos no começo do ano de 2015. Todos os consumidores que adquiriram os determinados lotes tiveram seus produtos substituídos por precaução (INTERSNACK KNABBER-GEBÄCK, 2015).

Outras contaminações físicas são evidenciadas por consumidores, mas não chegam a serem precursoras de *recalls*. Um exemplo foi um picolé da Unilever que teve grande

repercussão nos veículos de comunicação no ano de 2013 por apresentar um parafuso em seu interior. A consumidora chegou a mostrar em vídeo a descoberta do material estranho (GLOBO, 2013).

### **3. DIFERENÇA ENTRE LIMPEZA, SANITIZAÇÃO E HIGIENIZAÇÃO**

Todas as etapas do processo de produção possuem grande importância para a prevenção de contaminações nos alimentos. A limpeza, higienização e sanitização passa a ser uma importante etapa para que os riscos de contaminação sejam eliminados, ou reduzidos, em diversas etapas como armazenamento de insumos, fabricação e armazenamento de produtos terminados (COELHO, 2008).

A limpeza se caracteriza por ser a operação de remoção de terra, resíduos de alimentos, sujidades e ou outras substâncias indesejáveis. Sanitização é a operação de redução, por método físico e/ou agente químico, do número de micro-organismos a um nível que não comprometa a segurança do alimento. Já a higienização se caracteriza por ser a junção das etapas de limpeza e desinfecção, fomentando o máximo de barreiras contra contaminações diversas (BRASIL, 2002).

A diminuição da carga microbiana em processos, retirada de material orgânico alergênico, remoção de agentes químicos de limpeza e eliminação de possíveis materiais estranhos estão diretamente relacionadas a correta limpeza, sanitização e, consequente higienização de instalações (BRASIL, 2002).

O resultado de uma sanitização vai depender principalmente da qualidade e manutenção do procedimento do método físico ou do produto utilizado, ou seja, um produto que apresenta como característica um determinado grau de pureza no rótulo, pode na realidade não estar nas condições descritas, precisando o responsável técnico pela higienização e sanitização da indústria ter conhecimento prévio da condição de pureza, ou seja, da concentração do princípio ativo da substância (COELHO, 2008). A Figura 1 traz as etapas básicas de higienização a serem seguidas para garantir um produto seguro ao consumo:

**Figura 1.** Etapas do processo de higienização



FONTE: SILVA; DUTRA; CADIMA, 2010.

### 3.1. Tipos de detergente para limpeza

Diversos tipos de detergente podem ser utilizados para efetuar a limpeza de equipamentos, ficando sua escolha condicionada ao material que se deseja remover. Dependendo da natureza do material e seus componentes, um tipo de detergente ou outro será mais eficiente para a limpeza (COELHO, 2008).

Detergentes alcalinos fortes em geral apresentam alta concentração de hidróxido de sódio em sua composição, apresentando grande condição para dissolução de estruturas de proteínas, gorduras, carboidratos e compostos orgânicos no geral. Muito utilizados em indústrias lácteas e produtos de origem animal, sendo normalmente tóxicos e corrosivos (SILVA; DUTRA; CADIMA, 2010).

Detergentes alcalinos suaves apresentam menor irritabilidade e corrosividade em relação aos alcalinos fortes por terem em sua composição uma quantidade menor de hidróxido

de sódio. Possuem menor poder de dissolução de materiais orgânicos, porém são mais práticos para uso em limpezas manuais com uso de equipamentos de proteção individual (EPI) (COELHO, 2008).

Os detergentes neutros possuem pH próximos de 7, não são corrosivos e possuem grande utilização em limpezas manuais para remoção de materiais orgânicos com baixa aderência a superfície (SILVA; DUTRA; CADIMA, 2010).

Já os detergentes ácidos apresentam alto poder de dissolução de sais de cálcio e magnésio, ou seja, materiais inorgânicos. Muito utilizado em limpezas CIP para retirada de carbonatos de cálcio em tubulações, possui alta corrosividade e é composto por ácidos como ácido nítrico, clorídrico, cítrico, entre outros (SILVA; DUTRA; CADIMA, 2010).

Complementos adicionados aos detergentes garantem aumento da eficiência de remoção de sujidades, como o caso de tensoativos ou surfactantes. Esses componentes, quando dissolvidos em água, possuem a característica de reduzir a tensão superficial de sujidades o que facilita a penetração de água nos blocos de resíduos, ou seja, aumentam a umectação do meio e da sujidade (SILVA; DUTRA; CADIMA, 2010).

Outros detergentes, como os enzimáticos, possuem grande crescimento de mercado com o passar dos anos, porém possuem custo mais elevado de aquisição. A definição de detergentes enzimáticos passa por produtos cuja formulação contém, além de um tensoativo, pelo menos uma enzima hidrolítica da subclasse das proteases EC 3.4. Pode ser acrescida outra enzima da subclasse das amilases EC 3.2 e demais componentes complementares da formulação, inclusive de enzimas de outras subclasses ao detergente, tendo como finalidade remover a sujidade clínica e evitar a formação de compostos insolúveis na superfície desses dispositivos. Tais detergentes possuem alta especificidade com o substrato alvo de limpeza, reduzindo tempos de limpeza, por exemplo (BRASIL, 2012).

### 3.2. Tipos de sanitizantes para limpeza

Os sanitizantes são produtos que contém componentes com alto poder de redução, e não eliminação, de micro-organismos em uma determinada superfície. Tais componentes com poder de redução das colônias de micro-organismos, ou princípio ativo do sanitizante, podem ser dos mais diversos compostos químicos (SILVA; DUTRA; CADIMA, 2010).

A escolha do sanitizante correto é de extrema importância para a efetividade da higienização das instalações. De acordo com o micro-organismo alvo a concentração e tempo de contato deve ser alterado para maior efetividade. A seguir, por exemplo, temos alguns tipos de organismos em ordem decrescente de resistência aos germicidas químicos (BRASIL, 2001):

- Esporos bacterianos (*Bacillus subtilis*, *Clostridium sporogenes*)
- Micobactérias (*Mycobacterium tuberculosis* variedade Boris)
- Vírus não lipídicos ou pequenos (Poliovírus, *Coxsackievirus*, *Rhinovirus*)
- Fungos (*Candida* spp, *Cryptococcus* spp)
- Bactérias vegetativas (*Staphylococcus aureus*, *Salmonella choleraesuis*)
- Vírus lipídicos ou de tamanho médio (Vírus da Hepatite B, Vírus do HIV)

Percebe-se que os principais micro-organismos combatidos na indústria de alimentos encontram-se com baixa resistência a sanitizantes químicos, o que torna o uso da sanitização importante para o resultado final da higienização.

Temos, então, os principais princípios ativos para sanitizantes: ácido peracético, iodo, peróxido de hidrogênio, amônia quartenária, cloro e a base de fenol/cresol. Na sequência temos características de cada um dos princípios ativos citados (SILVA; DUTRA; CADIMA, 2010).

Sanitizantes com princípio ativo de ácido peracético são eficazes na ação bactericida, esporicida e viricida, podendo ser aplicados em superfícies de aço inox, plásticos, borrachas e, quando diluídos, metais. Quando concentrados podem ser corrosivos para metais, porém são muito indicados na sanitização de sistemas CIP, imersão e aspersão. Possui uma decomposição rápida em altas temperaturas (SILVA; DUTRA; CADIMA, 2010).

Já os produtos à base de iodo são eficazes na ação bactericida, esporicida, viricida e fungicida, porém possuem baixa eficiência para esporos bacterianos. São comumente utilizados na desinfecção de ambientes por não ser aconselhável sua utilização na área de manipulação de alimentos devido a transmissão de sabor e odores desagradáveis para o produto terminado (SILVA; DUTRA; CADIMA, 2010).

Sanitizantes a base de fenol/cresol não são aconselháveis para indústria de alimentos por apresentarem intenso odor, serem extremamente irritantes a pele e tóxicos (SILVA; DUTRA; CADIMA, 2010).

Amônia quartenária como princípio ativo é muito utilizada por sua capacidade bactericida, esporicida, viricida e fungicida, podendo ser utilizada nos mais diversos materiais. Normalmente é utilizada em indústrias de carne e para sanitização de drenos e ralos (SILVA; DUTRA; CADIMA, 2010).

O cloro como princípio ativo é muito difundido em sua forma de hipoclorito. Possui ação contra grande espectro microbiano podendo ser utilizado em diversas superfícies, inclusive em contato com alimentos. Sua eficiência é reduzida em altas temperaturas, sendo também corrosivo (SILVA; DUTRA; CADIMA, 2010).

Outro sanitizante utilizado em indústrias alimentícias é a biguanida polimérica. O interesse em desenvolver biguanidas poliméricas como agentes antimicrobianos, em especial o cloridrato de polihexametileno biguanida (PHMB) vem de, por muito tempo, tais substâncias serem usadas como agentes antimicrobianos na preservação de cosméticos e produtos farmacêuticos e, também, como antissépticas. Tal sanitizante é comumente utilizado em criatórios de bovinos na forma sólida (CUNHA *et al*, 2001).

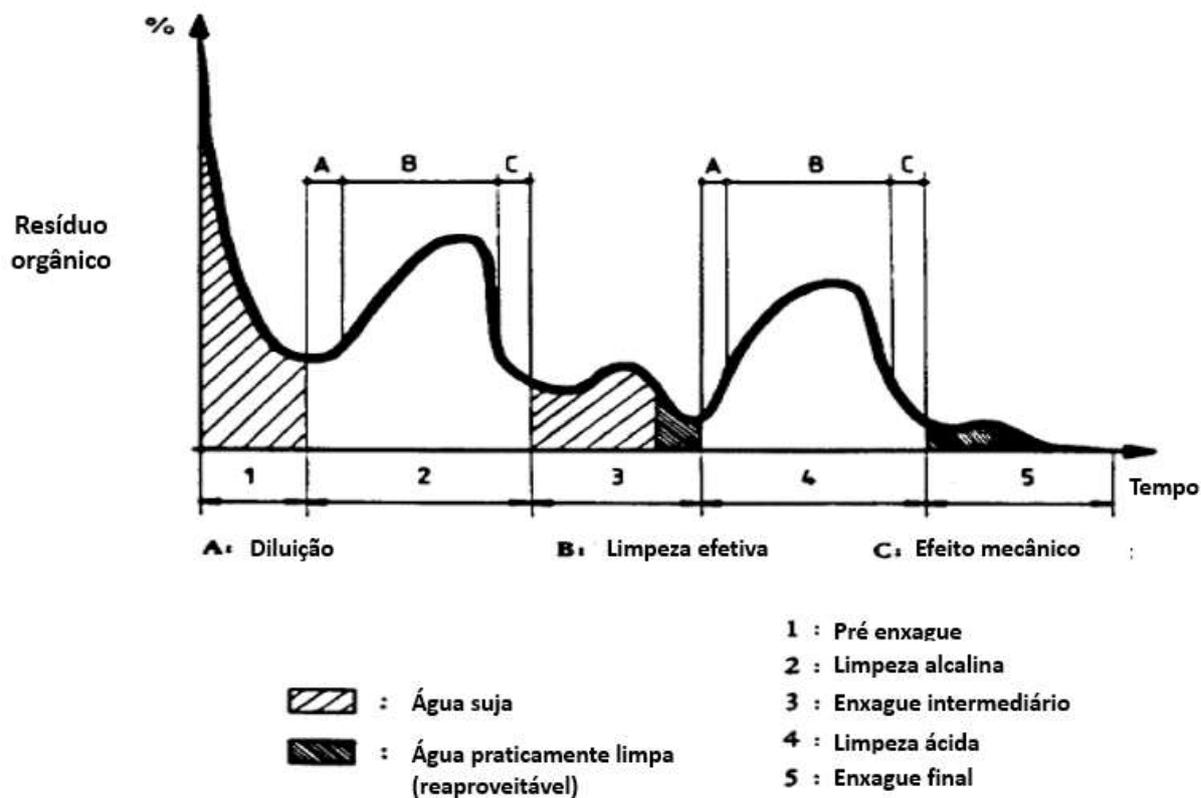
### **3.3. Água para limpeza**

A água utilizada para limpeza deve seguir legislação vigente de potabilidade. Ela deve atender aos requisitos microbiológicos, de turbidez, cloro residual livre, cloro residual combinado (cloraminas), dióxido de cloro, substâncias inorgânicas e orgânicas que sejam prejudiciais à saúde, agrotóxicos, desinfectantes e produtos secundários de desinfecção, cianotoxinas, radioatividades, cianobactérias e requisitos organolépticos, todos definidos por legislação (BRASIL, 2011).

As etapas da limpeza CIP se caracterizam principalmente pelo enxague inicial para remoção de resíduos facilmente removíveis e solúveis em água, circulação com químicos alcalinos para remoção de gorduras e proteínas, enxague intermediário para retirada dos agentes de limpeza anteriores com água potável, circulação de químicos ácidos para remoção de minerais e, por fim, remoção dos ácidos por água potável no enxague final. Há a possibilidade ainda da fase de sanitização por sanitizante químico como, por exemplo, ácido peracético (KESSLER; LUND, 1989).

A utilização de água proveniente de etapa de limpeza anterior no sistema CIP, deve ser verificada e utilizada somente para enxague inicial devendo os outros enxagues serem realizados com água potável. Pode-se observar Figura 2 demonstrando experimento realizado durante limpeza CIP em que é possível verificar a qualidade analisada da água para reuso, estando os momentos de água rachurados (KESSLER; LUND, 1989):

**Figura 2.** Nível de sujidade da água de acordo com etapa de limpeza CIP. Gráfico com linhas diagonais representam água com alto teor de sujidades, normalmente após ação de agente de limpeza e efeito mecânico de retirada de sujidades.



FONTE: KESSLER; LUND, 1989 (modificado)

#### **4. LIMPEZA *CLEAN IN PLACE* (CIP)**

Tradicionalmente a limpeza CIP se baseia no monitoramento de cinco parâmetros, chamados 5T's, sendo eles (LELIEVELD, 2003):

- Tempo: Duração de cada etapa do CIP
- Turbulência: Velocidade e turbidez do fluído no sistema
- Titulação: Concentração de agentes de limpeza
- Tecnologia: Desenho das instalações para que não haja pontos mortos
- Temperatura: Temperatura das soluções de limpeza e água para limpeza

Com esses cinco parâmetros bem estipulados de acordo com o circuito, produto a ser limpo e agente de limpeza, temos a eficiência da limpeza CIP elevada. As principais vantagens da opção de uma planta por este sistema de limpeza estão relacionadas a minimização do tempo total gasto para limpar circuitos inteiros, diminuição do trabalho manual com desmontagem de equipamentos, aumento da segurança dos trabalhadores por não exposição a agentes químicos e altas temperaturas, consistência dos resultados por não depender de operador fazendo a limpeza já que é um sistema automático controlado por computador e otimização do consumo de água e energia, trazendo resultados sustentáveis ao meio ambiente (CCFRA, 2001).

##### **4.1. Fases de uma limpeza CIP**

A limpeza CIP é parametrizada para ter fases bem definidas, onde cada fase representa uma etapa da limpeza para retirada de um determinado material. Inicialmente deve-se conhecer o tipo de sujidade e o tipo de superfície que se quer higienizar. Diversos métodos de limpeza podem ser empregados como demonstrado no Quadro 2 a seguir (SILVA; DUTRA; CADIMA, 2010):

**QUADRO 2.**

Método	Sujidade a ser removida
<b>Solubilidade em água</b>	Açúcares, sais, sucos de frutas e alguns corantes
<b>Solubilidade em solventes</b>	Não solúveis em água com afinidade a determinado solvente
<b>Eliminação física</b>	Matérias orgânicas sólidas como agregados
<b>Emulsificação ou saponificação</b>	Gorduras e proteínas
<b>Descoloração (oxidação)</b>	Materiais que tingem a superfície com a qual entram em contato
<b>Reação química (uso de ácidos)</b>	Sais de dureza (Ca e Mg), limo, depósitos orgânicos
<b>Dispersão</b>	Sujidades no geral

Método para remoção de sujidades e principais compostos a serem removidos.

**FONTE:** SILVA; DUTRA; CADIMA, 2010.

Dentro deste contexto temos as fases de uma limpeza CIP basicamente ligadas a remoção de gorduras, proteínas, minerais e sais de dureza, açúcares e matéria orgânica. Fica então, pelo Quadro 2, determinado a utilização de detergentes alcalinos para retirada de gorduras e proteínas pelo seu poder de emulsificação e saponificação, além de detergente ácido pelo seu poder de retirada de minerais e sais de dureza por solubilização. A água, nesta limpeza, auxilia na retirada inicial do excesso de sujidades do circuito, além de solubilização de açúcares e divisão entre fases para que não haja contato entre dois agentes de limpeza distintos ou agentes de limpeza e sanitizantes (KESSLER, 1981).

Fica definido, como exemplificado anteriormente, as etapas CIP para melhor limpeza de circuitos por (KESSLER; LUND, 1989):

- Pré enxague (água usada)
- Fase solução alcalina (normalmente hidróxido de sódio)
- Enxague intermediário (água potável)
- Fase solução ácida (normalmente ácidos nítrico ou fosfórico)
- Enxague final (água potável)
- Sanitização (sanitizante químico ou térmico)

A água usada descrita anteriormente deve ser cuidadosamente testada e validada para utilização. Entende-se por água usada para enxagues iniciais a água capturada de limpezas CIP anteriores que tiveram a função de retirar resíduos de solução alcalina e solução ácida (KESSLER; LUND, 1989).

A necessidade de enxague após sanitização deve ser visualizada de acordo com a forma de sanitização e, caso seja por agente químico, pela concentração do produto.

As concentrações, temperaturas, velocidades e tempos devem ser estipulados de acordo com a sujidade a ser removida e de forma a não haver resquíio de soluções químicas no circuito após fim da limpeza.

#### **4.2. Titulação ou Concentração**

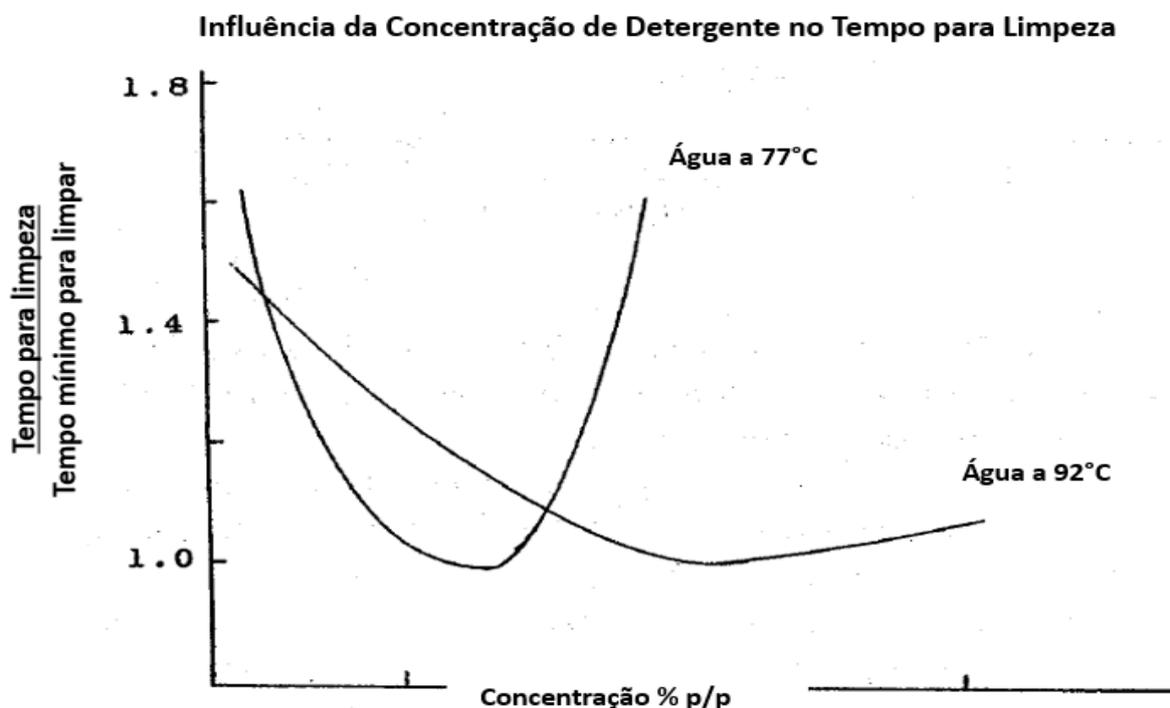
A concentração dos agentes de limpeza CIP está diretamente relacionada ao seu poder de atuação sob determinado resíduo. O tipo de resíduo, quantidade, tempo de permanência no local, umidade e potencial de adesão a superfície do circuito estão diretamente ligados a necessidade, ou não, de uma concentração maior do agente de limpeza (CCFRA, 2001).

Com altas concentrações, acima do necessário, o produto químico pode vir a formar um gel quando em contato com as proteínas da sujidade a ser removida. A geleificação proteica consiste na formação de uma rede a partir de proteínas previamente desnaturadas. O processo de gelatinização envolve o enfraquecimento e quebra das pontes de hidrogênio e dissulfídicas, desestabilizando a estrutura das proteínas. Posteriormente, ocorre a organização das moléculas de proteína formando uma estrutura tridimensional capaz de imobilizar fisicamente grande parte do agente de limpeza ou sujidade. A integridade física do gel é mantida pelo contrabalanceamento das forças de atração e repulsão entre as moléculas de proteína e destas com o solvente circundante. A temperatura, o pH e a força iônica, são os fatores que afetam a

capacidade de gelatinização de uma proteína (OLIVEIRA; GUIMARÃES; MIRANDA, 2015). Conseqüentemente, com a formação de gel, a limpeza demorará mais do que o previsto para acontecer por maior necessidade de água para retirada do complexo proteico formado.

Segundo experimentos realizados por Kessler e Lund (1989), o tempo de limpeza pode ser diretamente relacionado a concentração ótima em um sistema controlado. Em um CIP realizado em um trocador de calor de leite, com água a 77°C e 92°C, verificou-se a concentração máxima de agente de limpeza para o tempo mínimo de água necessário para retirá-lo (KESSLER; LUND, 1989). Pode ser observado, pela figura 3 a seguir, que com água a temperatura de 77°C (menor consumo de utilidades), o aumento da concentração de produto químico teve redução até certo momento do tempo necessário de água para limpeza, sendo necessário maior tempo após concentração demonstrada no gráfico. Este fenômeno é explicado pela formação de gel entre proteínas da sujidade e agente de limpeza, como citado anteriormente.

FIGURA 3. Tempo para limpeza com água em diferentes temperaturas por concentração de agente de limpeza.



FONTE: KESSLER ;LUND, 1989 (modificado)

Ao mesmo tempo uma concentração menor do agente de limpeza pode não ser suficiente para retirar as sujidades presentes pelo baixo poder de saponificação de gorduras, por exemplo (KESSLER; LUND, 1989). Um exemplo é quando lavamos louça em casa: quando colocamos pouco detergente a gordura incrustada na panela demora mais a sair e precisamos de maior tempo de contato entre detergente e sujidade para remove-la; já quando colocamos muito detergente e pouca água na panela temos uma alta viscosidade de agente de limpeza que não consegue penetrar em toda a gordura, diminuindo a eficiência prevista da limpeza.

### **4.3.Turbulência**

A turbulência com que o fluido passa através do sistema é de extrema importância para atuação como friccionador da sujidade. Esta fricção fará com que as partículas de sujidades presas a superfície se soltem, facilitando assim sua retirada (KESSLER; LUND, 1989).

A energia mecânica gerada pela bomba do sistema CIP, ou seja, a bomba que retira soluções de agentes de limpeza e água de seus tanques de estocagem e os envia ao circuito, se transforma em pressão e energia cinética no fluido fazendo com que haja grande contato e ação mecânica com a sujidade. Quanto maior a energia mecânica gerada, maior a velocidade com que o fluido passará pelo sistema e conseqüentemente seu poder de retirada da sujidade (KESSLER, 1981).

#### **4.3.1. Velocidade**

Na engenharia, os escoamentos, dos mais simples aos mais complexos, tornam-se instáveis a partir de um certo valor do Número de Reynolds. Para baixos Números de Reynolds diz-se que os escoamentos são laminares. Para valores mais altos do Número de Reynolds os escoamentos tornam-se turbulentos. Escoamentos turbulentos apresentam um perfil caótico e aleatório onde a velocidade e a pressão mudam continuamente com o tempo (KLEIN, 2006).

O número de Reynolds é caracterizado pela relação entre a velocidade de um fluido ( $v_m$ ), o diâmetro da tubulação ( $D$ ) e a viscosidade dinâmica ( $\mu$ ) sobre a densidade do fluido ( $\rho$ ), ou seja:

$$Re = \frac{V_m \times D \times \rho}{\mu}$$

Temos então um coeficiente adimensional para correlacionar a velocidade de um fluido ao seu tipo de escoamento. Para CIP é necessário que haja grande integração mecânica entre fluido e sujidade, logo precisamos de um número de Reynolds no escoamento turbulento (KESSLER; LUND, 1989).

Neste contexto temos Re menor que 2300 em escoamento laminar, entre 2300 e 3000 em escoamento instável e, para valores acima de 3000 temos o escoamento turbulento (BRUNETTI, 2005).

A partir do número de Reynolds é possível verificar que para um mesmo fluido, em uma mesma tubulação, a velocidade é o fator crucial para o escoamento ser considerado turbulento. Com isso temos o valor mínimo de 1.5m/s estimado para limpezas CIP eficientes em circuitos fechados, já que a mudança de diâmetro para esse valor continua mostrando um escoamento turbulento (KESSLER; LUND, 1989). A seguir os Quadros 3 e 4 mostram o comportamento de Reynolds para mesma velocidade de fluido em diferentes diâmetros e para diferentes velocidades em diâmetros diferentes para escoamento turbulento, respectivamente, a partir de dados experimentais.

**QUADRO 3.**

Diâmetro Tubo (mm)	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Viscosidade Dinâmica (kg/m.s)	Velocidade (m/s)	Re
<b>38</b>	991,7	0,0007	1,5	80753
<b>50</b>	991,7	0,0007	1,5	106254
<b>65</b>	991,7	0,0007	1,5	138130
<b>76</b>	991,7	0,0007	1,5	161505
<b>100</b>	991,7	0,0007	1,5	212507

Reynolds para mesma velocidade e fluido teste em tubulações diferentes.

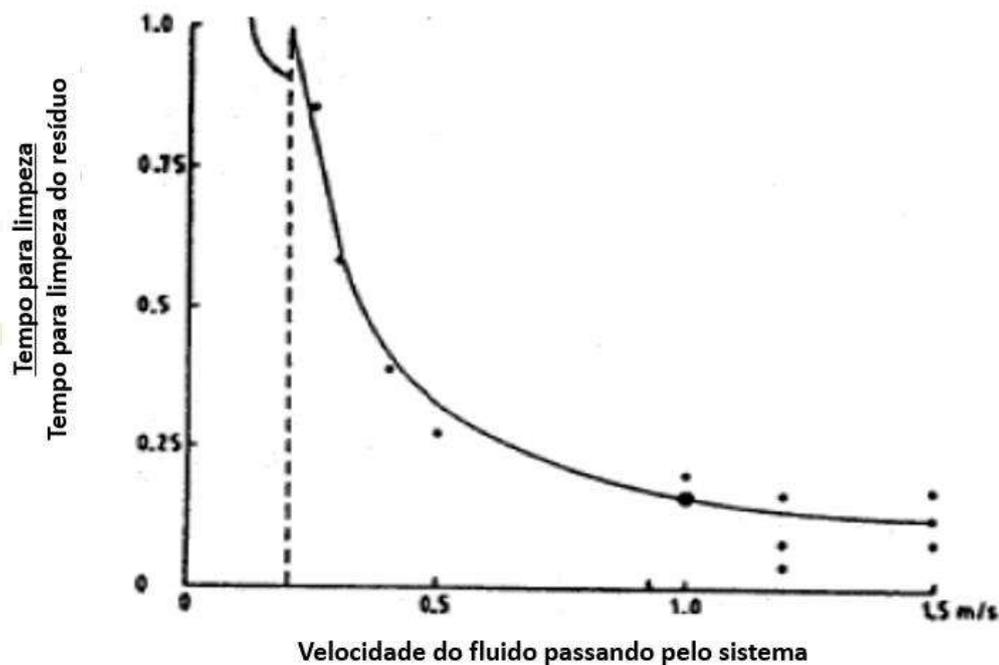
**QUADRO 4.**

Diâmetro Tubo (mm)	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Viscosidade Dinâmica (kg/m.s)	Velocidade (m/s)	Re
38	991,7	0,0007	2,60	140000
50	991,7	0,0007	1,98	140000
65	991,7	0,0007	1,52	140000
76	991,7	0,0007	1,30	140000
100	991,7	0,0007	0,99	140000

Reynolds para velocidades diferentes e fluido teste igual em tubulações diferentes.

A limpeza CIP se torna então mais rápida e eficiente em circuitos com bombas que tenham uma vazão que consiga suprir o mínimo de 1.5m/s de velocidade. A seguir temos a figura 4 representando um diagrama entre o tempo de limpeza e a velocidade de um fluido, demonstrando que não há ganho significativo para valores acima de 1.5m/s, mas este se torna o valor chave para a limpeza (KESSLER; LUND, 1989).

Figura 4. Tempo para limpeza de acordo com velocidade do fluido



FONTE: KESSLER ;LUND, 1989 (modificado)

#### 4.4. Tempo

O tempo de contato entre agente de limpeza e sujidade é de extrema importância para o correto desenvolvimento da limpeza CIP. Este parâmetro é diretamente influenciado pelos demais parâmetros como concentração dos produtos químicos, velocidade dos fluidos, temperatura e desenho dos equipamentos e tubulações (KESSLER; LUND, 1989).

Com a concentração dos produtos químicos da limpeza CIP acima, ou abaixo, do ideal existirá a necessidade de um aumento no tempo de solução e água para a retirada das sujidades. Já uma diminuição da velocidade dos fluidos acarretará em um aumento de tempo em que este fluido precisará passar pela sujidade para retirá-la do local, ao contrário do aumento de velocidade que acarretará em uma maior ação mecânica entre fluido e sujidade, retirando-o mais rapidamente (KESSLER; LUND, 1989).

A temperatura dos agentes de limpeza influencia diretamente no tempo de contato necessário para a dissolução da sujidade, assim como o desenho empregado nos equipamentos é fundamental para manter o circuito livre de imperfeições que possam causar problemas de incrustações e, conseqüentemente, maior tempo necessário para limpeza (KESSLER, 1981).

O tempo necessário para limpeza está relacionado a três principais fases de uma remoção de sujidades: difusão de água na sujidade, ação mecânica e química do fluido utilizado para limpeza para remoção do material e retirada de depósitos finais de resíduos (KESSLER, 1981).

A difusão de água na sujidade ocorre pela absorção do fluido pelas partículas sólidas presentes no circuito. Por consequência, as moléculas de sujidade aumentam de volume e perdem sua rigidez inicial o que facilita a remoção, porém a água difundida ainda não consegue penetrar totalmente e alcançar a superfície do equipamento pelo depósito de minerais da sujidade ficar aglomerado junto a superfície, protegendo-a (KESSLER; LUND, 1989).

A ação mecânica e química dos fluidos se dá na segunda etapa após absorção de água pela sujidade. Quanto mais maleável o material a ser retirada do sistema é, este será constantemente atingido pela ação mecânica do agente de limpeza e seu poder de saponificação, ou desnaturação, retirando assim blocos de sujidade a cada passagem. Neste momento a camada de minerais fixada a superfície do equipamento passa a se soltar pela combinação de ações do agente de limpeza, completando a remoção da sujidade (KESSLER; LUND, 1989).

O depósito residual de material é basicamente composto por fosfatos de cálcio em indústrias com este mineral presente. A retirada deste depósito é realizada por meio de agente de limpeza ácido por solubilidade e posterior enxágue com água potável (KESSLER; LUND, 1989).

#### 4.5. Tecnologia

Os avanços tecnológicos para a indústria de alimentos não preveem apenas equipamentos mais rápidos ou menos susceptíveis a erros, mas também lidam constantemente com a necessidade de melhores desenhos higiênicos para facilitar a limpeza e impedir contaminações por acúmulo de sujidades em locais de difícil acesso (SHAPTON; SHAPTON, 1993).

Alguns pontos devem ser levados em consideração na escolha de equipamentos e materiais para a montagem e desenho dos circuitos de linhas produtoras de alimentos como (SHAPTON; SHAPTON, 1993):

- Materiais devem ser resistentes a ações mecânicas, térmicas e químicas dos produtos produzidos no circuito assim como aos agentes de limpeza;
- A superfície interna de equipamentos e tubulações deve ser lisa e sem porosidades para acúmulo de sujidades;
- Junções de tubulações devem ser vedadas com borracha higiênica, impedindo aberturas para o ambiente;
- Todos os equipamentos e tubulações não devem ter acúmulo de água, ou seja, devem ser facilmente drenáveis;
- Todos os pontos devem ser acessíveis para fácil limpeza, seja por método manual ou CIP. Não devem ser visualizados pontos mortos de tubulação;
- Curvas e cantos de tubulações e equipamentos devem ter angulação correta para não permitir cantos vivos;
- Lubrificantes utilizados em equipamentos devem ser de grau alimentício;
- Instrumentos instalados em equipamentos e tubulações não devem deixar pontos mortos e suas partes internas em contato com os produtos devem ser facilmente limpos por limpeza CIP;
- Portas, coberturas e janelas devem ser facilmente removíveis para limpeza manual;
- O acesso a equipamentos deve ser fácil e permitir limpeza total

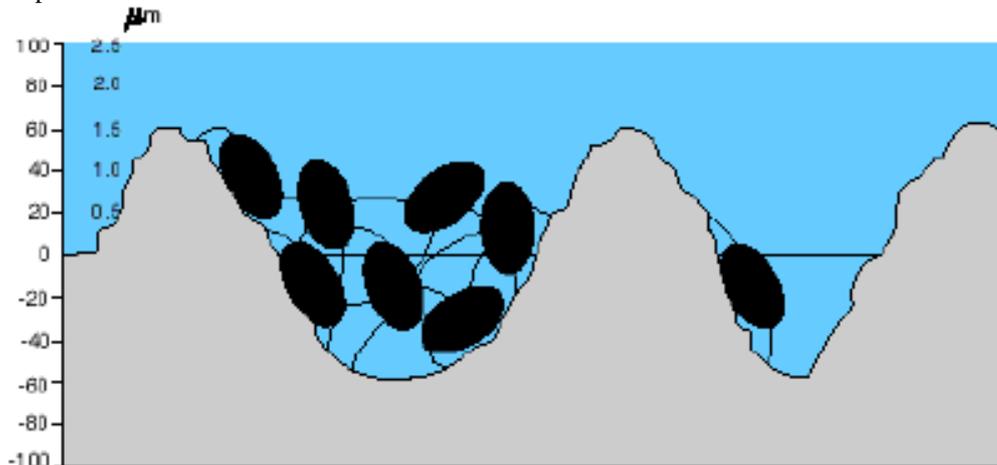
#### 4.5.1. Superfícies

As superfícies em contato com o alimento devem ser higienicamente projetadas para que não haja acúmulo de sujidades e são uma das principais preocupações no desenho de equipamentos. Quanto menor a rugosidade da superfície de equipamentos e tubulações, menor será a adesão de micro-organismos e sujidades, facilitando assim a ação dos agentes de limpeza durante CIP (SHAPTON; SHAPTON, 1993).

Em geral tem-se uma rugosidade máxima de superfície interna igual a  $0.5\mu\text{m}$  o que representa, aproximadamente, o tamanho de uma bactéria. Tal rugosidade máxima tem como objetivo impedir o acúmulo de bactérias propiciando uma possível formação de biofilme (SHAPTON; SHAPTON, 1993).

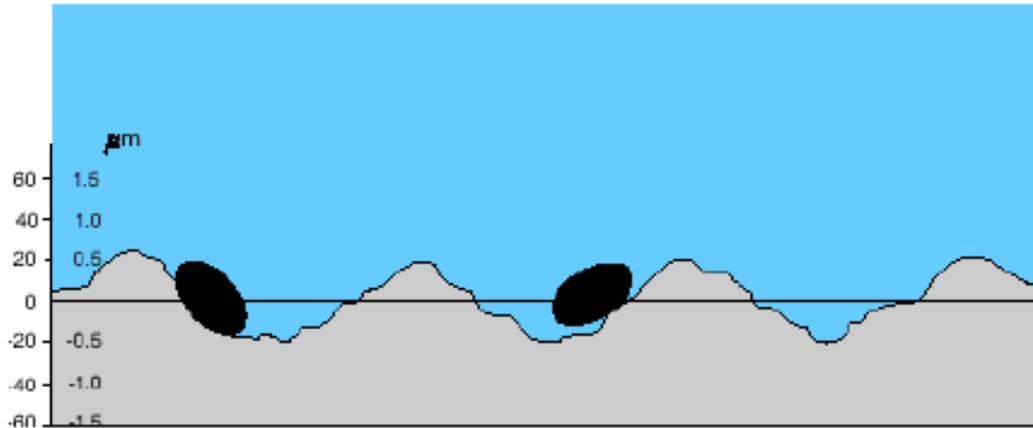
É possível ver nas Figuras 4 e 5 o efeito de uma alta rugosidade para o acúmulo de bactérias em uma superfície. Com este exemplo pode-se identificar a necessidade de menores rugosidades (DREESZE, 2003):

**Figura 4.** Modelo de acúmulo de bactérias em uma superfície com  $1.5\mu\text{m}$  de rugosidade. Células demonstradas em preto e superfície em cinza.



FONTE: DREESZE, 2003

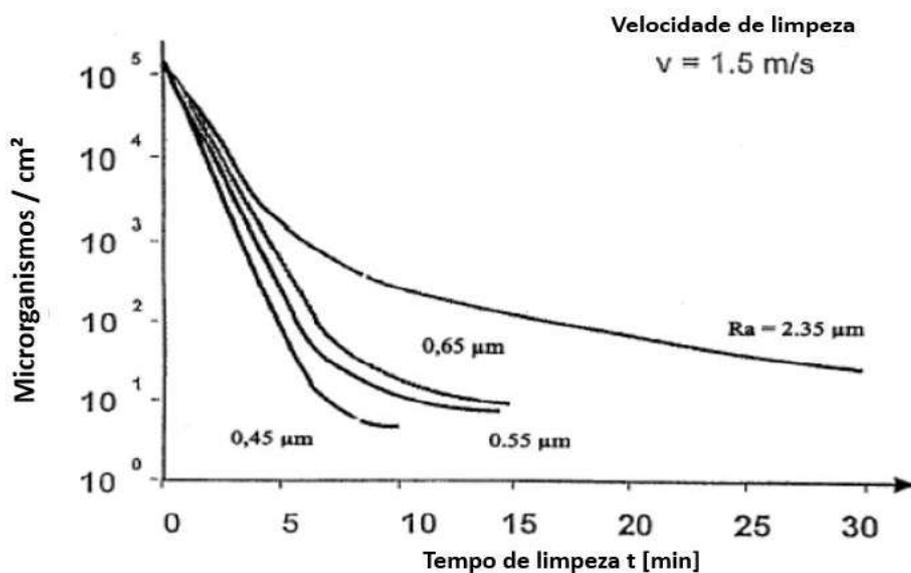
**Figura 5.** Modelo de acúmulo de bactérias em uma superfície com  $0.5\mu\text{m}$  de rugosidade. Células demonstradas em preto e superfície em cinza.



**FONTE:** DREESZE, 2003

O tempo visualizado para retirada das células é muito superior em superfícies rugosas. Com  $2,35\mu\text{m}$  de rugosidade há maior dificuldade de remoção de micro-organismos do que em uma superfície com  $0,45\mu\text{m}$ , estando os fluidos com mesma velocidade (CCFRA, 2001). A Figura 6 está demonstrando tempo necessário para retirada de micro-organismos em diferentes rugosidades.

**Figura 6.** Tempo necessário para retirada de micro-organismos para mesma velocidade de fluido de limpeza de acordo com diferentes rugosidades de tubulação.

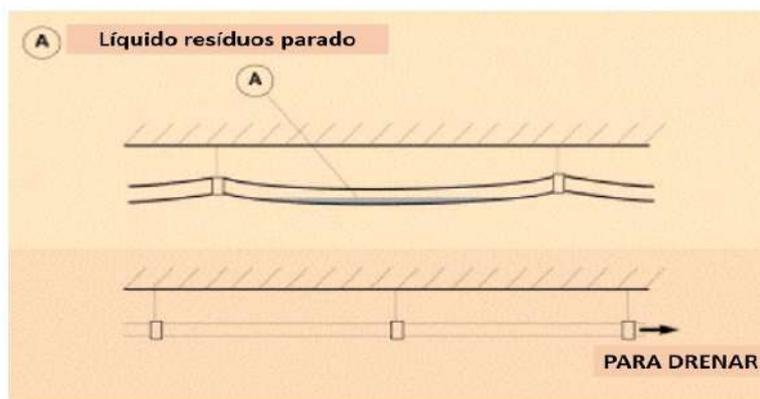


**FONTE:** CCFRA, 2001 (modificado)

### 4.5.2. Tubulações

O sistema de tubulações para CIP deve assegurar uma boa distribuição das soluções de limpeza com todas as superfícies em contato com o produto estando nas condições de escoamento turbulento. Para cumprir essas condições, mudanças bruscas de diâmetro e pontos mortos devem ser evitados. A tubulação deve ser projetada para ser facilmente drenável (1° de inclinação para o ponto de drenagem), além de ser apoiada ao menos a cada 3 ou 4 metros para evitar curvas indesejadas. Tais parâmetros, demonstrados abaixo, evitam o acúmulo de soluções de limpeza e sujidades nas tubulações por desenho incorreto, como demonstra a Figura 7 (CCFRA, 2001).

**Figura 7.** Tubulação com apoio inadequado formando curvas tipo barriga, prejudicando drenagem, e tubulação com inclinação e suporte correto.



**FONTE:** CCFRA, 2001 (modificado)

Para que se tenha, em todos os pontos, a turbulência desejada para correta ação mecânica e rápido tempo de remoção de sujidades, pontos mortos de tubulações não devem exceder duas vezes o diâmetro da tubulação, ou seja, se uma tubulação possui 4 polegadas o trecho máximo de tubulação perpendicular ao escoamento do fluido deve ser de 8 polegadas de comprimento. Este valor máximo tem como objetivo reduzir o acúmulo de sujidades em um trecho de tubulação sem limpeza CIP adequada por problemas de desenho (CCFRA, 2001).

### 4.5.3. Equipamentos

Todos os componentes e equipamentos utilizados para circuitos CIP devem ser higienicamente desenhados e estarem de acordo com o propósito da limpeza. Válvulas devem ser à prova de falhas, ou seja, não devem ser a única interface entre produto em linha e agentes de limpeza utilizados para outros circuitos CIP. O mais importante nestes componentes são a

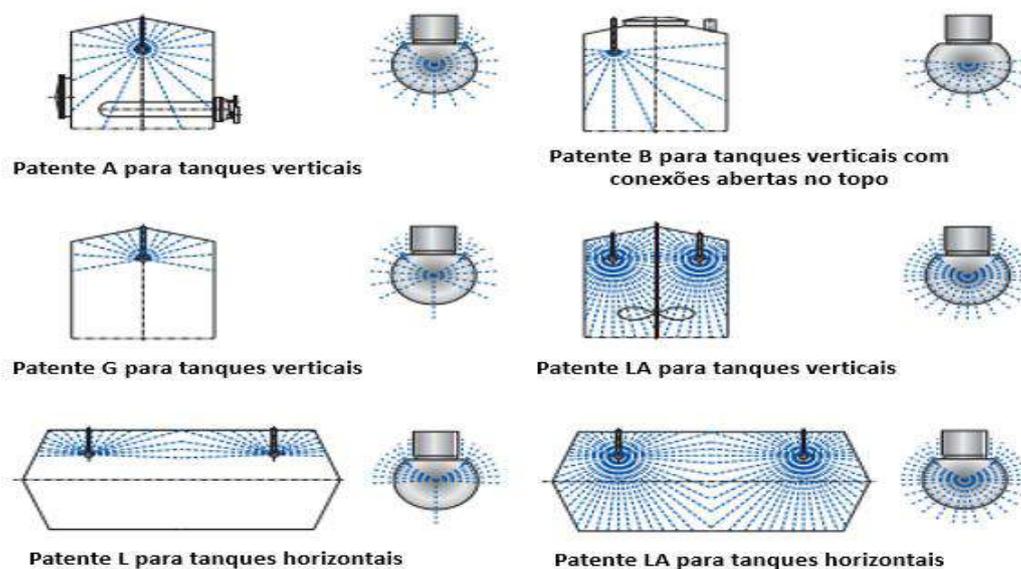
forma como eles são instalados. O mais seguro para utilização em sistemas CIP é a instalação de válvulas seguidas, ou seja, uma após a outra, para o caso de uma das duas falhar (LELIEVELD, 2003).

Bombas devem ser projetadas para que todo o circuito tenha na tubulação o valor mínimo de velocidade de 1.5m/s, além de vazão necessária para limpeza de tanques e equipamentos de acordo com manual do fornecedor, o que for mais restrito (LELIEVELD, 2003).

Para limpeza de tanques é comum o uso de “*spray balls*” ou um mecanismo para criação de spray por dispersão de fluido de limpeza dentro dos tanques, provocando limpeza de toda a superfície interna deste componente. A ação mecânica de pulverização necessário para tanques de limpeza varia, dependendo da dimensão interna do tanque e resíduos a serem removidos (CCFRA, 2001).

Com o intuito de se gerar maior pulverização de produtos de limpeza, ocasionando maior impacto e remoção de sujidades em tanques há o aumento da taxa de vazão no “*spray ball*”. A solução é então pulverizada no tanque em todas as direções provocando limpeza interna do equipamento mais rapidamente do que em uma limpeza manual simples. O modelo de “*spray ball*” assim como suas dimensões devem ser calculados de acordo com o tanque que se deseja lavar e indicações do fabricante (CCFRA, 2001). A Figura 8 ilustra alguns dos diferentes tipos de *spray ball* existentes.

**Figura 8.** Atuação de diferentes “*spray balls*” em tanques de acordo com seu formato



**FONTE:** GEA MECHANICAL EQUIPMENT UK LTD, 2014 (modificado)

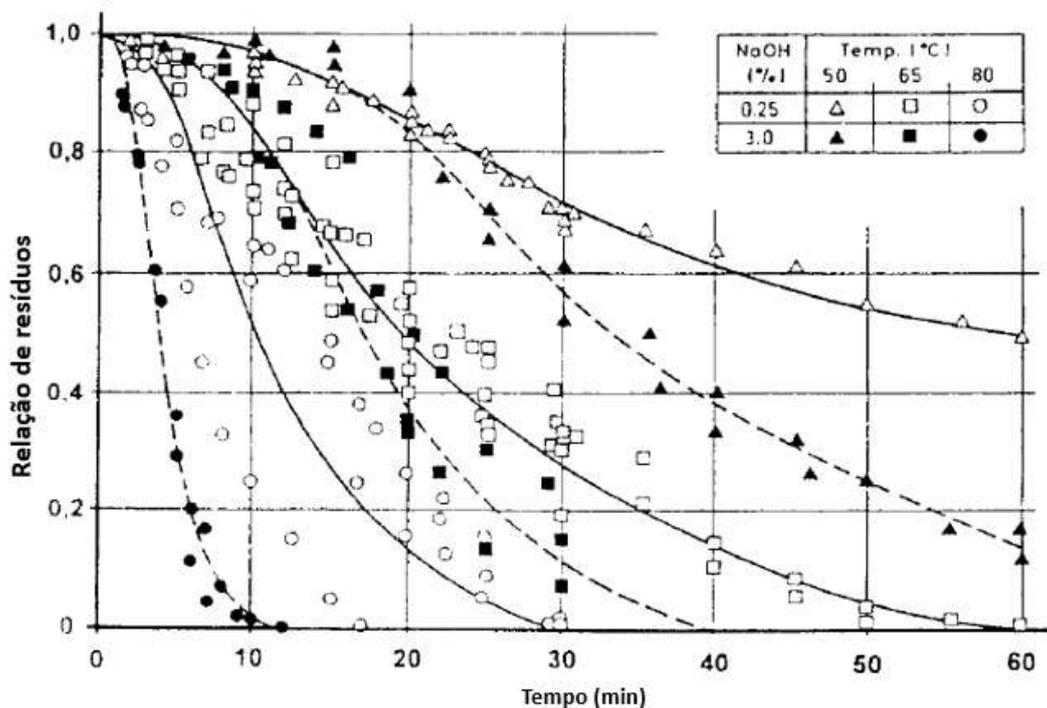
#### 4.6. Temperatura na limpeza CIP

Todos os parâmetros destacados anteriormente são de extrema importância para o bom desenvolvimento da limpeza CIP, porém destaca-se neste momento o parâmetro da temperatura para estudo mais aprofundado.

A temperatura das soluções de limpeza influencia diretamente a eficiência do sistema CIP. A decomposição química dos depósitos é gerida por reações químicas complexas onde a intensidade de remoção das sujidades depende da concentração e temperatura das soluções (SHAPTON; SHAPTON, 1993).

Abaixo encontra-se a Figura 9 que mostra a influência da concentração e temperatura da solução alcalina no tempo de remoção de uma sujidade a velocidade constante de 1m/s (KESSLER; LUND, 1989).

**Figura 9.** Tempo para redução de sujidades de acordo com diferentes concentrações e temperaturas de agente de limpeza alcalino.



FONTE: KESSLER ;LUND, 1989 (modificado)

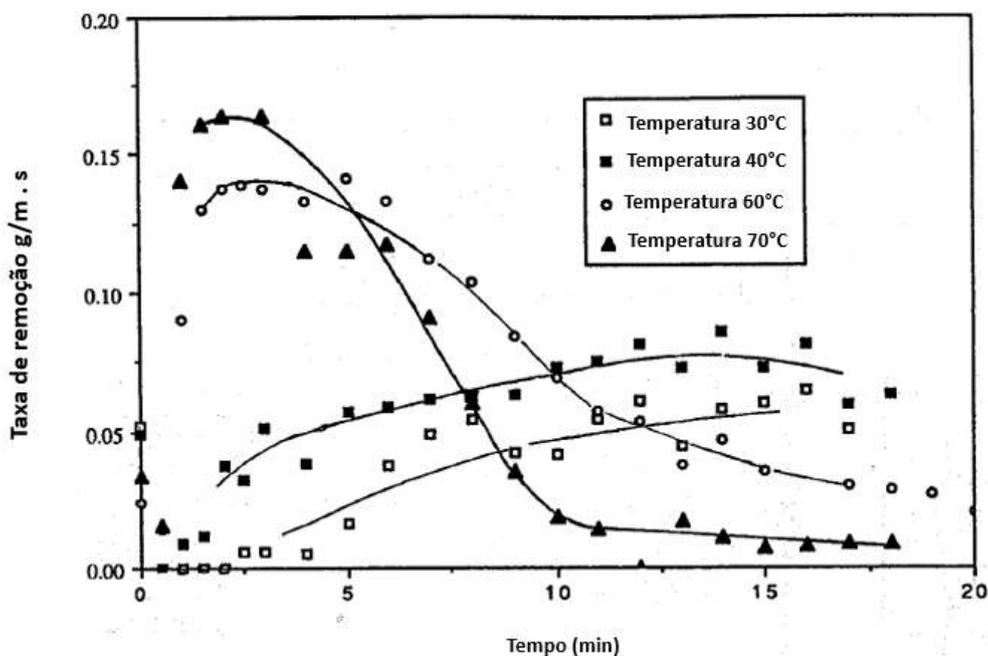
É possível perceber que a influência da temperatura da solução é mais significativa do que a concentração para a redução do tempo necessário para remoção de sujidades, caracterizado pela curva com pontos pretos.

A escolha da temperatura dos agentes de limpeza deve ser realizada de acordo com validações em linha, material a ser removido pela limpeza e do produto químico utilizado (KESSLER; LUND, 1989).

Baixas temperaturas de soluções de limpeza, entre 40°C e 50°C, reduzem os ataques químicos a componentes dos equipamentos e geram economia no gasto com utilidades para aquecimento das soluções, porém há a necessidade de um acréscimo significativo de tempo nas etapas de limpeza para garantir a retirada total de resíduos o que, em geral, possui maior custo do que aumentar a temperatura das soluções (KESSLER; LUND, 1989).

Na Figura 10 é possível verificar que o aumento de temperatura de soluções para limpeza é suficiente para reduzir o tempo necessário em cada etapa por aumentar a taxa com que a sujidade é retirada (KESSLER; LUND, 1989)

**Figura 10.** Taxa de retirada de resíduos em limpeza CIP durante tempo de determinada etapa em diferentes temperaturas da mesma solução.



FONTE: KESSLER; LUND, 1989 (modificado)

É possível verificar que há um aumento significativo da taxa de remoção de sujidades em temperaturas de 70°C e 60°C, com decaimento de tal taxa ao longo do tempo por redução drástica de resíduos no circuito nos primeiros minutos.

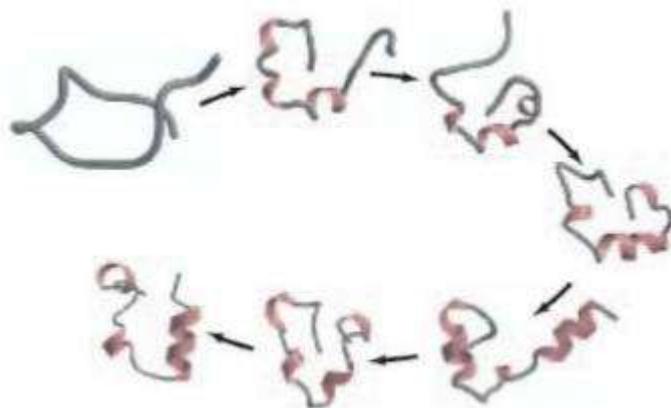
Existem estimativas de temperatura em cada etapa de circuito CIP com água de 15°C a 30°C, solução ácida de 60°C a 70°C e solução alcalina de 70°C a 130°C, dependendo do produto produzido, solução utilizada e complexidade de limpeza (KESSLER; LUND, 1989).

#### 4.6.1. Temperatura e proteínas

O processo de desnaturação das proteínas, também denominado de desenovelamento, geralmente é acompanhado por perda de atividade biológica. Algumas proteínas desenoveladas recuperam suas atividades biológicas e com isto sua forma nativa enrolada podendo esse processo ocorrer rapidamente (SEHN, 2009).

A proteína do esquema abaixo encontra-se inicialmente no estado desnaturado parecendo um fio de lã desenovelado, esticado. Conforme a temperatura vai diminuindo, a proteína começa a enrolar se recuperando seu estado nativo, também denominado enovelado. Neste exemplo específico, a macromolécula foi desnaturada de forma reversível, tornando-se possível a volta para o estado nativo, readquirindo suas funções biológicas (SEHN, 2009). Pode-se verificar a seguir a figura 11 com a simulação computadorizada de um enovelamento de proteína.

**Figura 11.** Simulação computadorizada de um enovelamento da proteína.



**FONTE:** LEHNINGER, 2006

Com o aumento de energia e temperatura a estabilidade da proteína é modificada até atingir uma temperatura crítica, também denominada de temperatura de desnaturação, após a qual perde sua estrutura inicial e, conseqüentemente, sua estabilidade cai abruptamente para um valor mínimo (LEHNINGER, 2006). A desnaturação das proteínas por alta temperatura das soluções de limpeza facilita a retirada dos resíduos, porém pode ser provocada a chamada caramelização de açúcares que estejam presentes no resíduo (SHIBAO; BASTOS, 2011).

#### **4.6.2. Temperatura e açúcares**

As reações químicas que resultam no escurecimento de alimentos contendo açúcares foram primeiramente descritas em 1912 pelo bioquímico francês Louis-Camille Maillard, que publicou o primeiro estudo sistemático mostrando que aminoácidos e açúcares redutores iniciam uma complexa cascata de reações durante o aquecimento, resultando na formação final de substâncias marrons chamadas de melanoidinas (SHIBAO; BASTOS, 2011).

Os intermediários da reação de Maillard, como são conhecidas as reações que transformam açúcares redutores em substâncias marrons, se polimerizam formando polímeros insaturados coloridos (OETTERER, 2010). Tais polímeros agem como barreiras para a penetração de água nos aglomerados de sujidades, reduzindo a eficiência de limpeza (KESSLER; LUND, 1989).

Percebe-se então que o aumento de temperatura das soluções de limpeza acima do ideal pode provocar a geração de componentes indesejados para limpeza a partir de aumento no tempo necessário de cada etapa, o que reforça a necessidade de uma validação minuciosa dos parâmetros de CIP empregados.

#### **4.7. Monitoramento de limpeza**

Vários métodos analíticos existem para o monitoramento da efetividade do processo de limpeza, sendo esta uma etapa crucial para garantir um produto seguro ao consumidor.

A inspeção visual após limpeza é a forma mais rápida e fácil de detectar possíveis desvios, porém é muito difícil fazer este tipo de inspeção em toda a planta. Neste caso é recomendado ter um plano de inspeção visual para pontos mais críticos a cada limpeza, onde há a maior possibilidade de acúmulo de sujidades e ineficiência de limpeza. A utilização de luz ultravioleta auxilia na inspeção já que haverá tonalidades diferentes caso haja resíduo de gordura ou proteína em determinado ponto (KESSLER; LUND, 1989).

Uma rápida forma de determinar se há micro-organismos ou matéria orgânica em superfícies limpas é por meio do swab de bioluminescência. Utiliza como base a medição da quantidade de adenosina trifosfato (ATP) que está presente em todas as células animais, vegetais, bacterianas e fúngicas. A detecção de ATP indica resíduos de contaminação por qualquer uma dessas fontes, por meio da luz emitida pela reação entre luciferina, amostra e luciferase a partir de leitor eletrônico específico, demonstrando que a limpeza não foi eficiente

a partir de determinada leitura de RLU ou, Unidade de Iluminação Relativa (3M DO BRASIL, 2015).

Para detectar resíduos de soluções químicas ao final da limpeza a forma mais prática é a titulação da água de enxague final. Com a titulação é possível saber se há resquícios de produtos químicos ou não na linha como um todo. Além da titulação a turbidez é um método muito utilizado por instrumentação para definir se a água final do CIP está completamente limpa ou não por meio do comparativo entrada e saída do sistema (KESSLER; LUND, 1989).

Todos os parâmetros principais de CIP, ou seja, tempo, temperatura, turbulência e concentração de químicos devem ser monitorados a cada limpeza para garantir a eficiência. A validação da limpeza seguida de monitoramento dos parâmetros e verificação a cada período determinado são vistos na prática como a melhor forma de garantir um produto seguro para o consumidor após limpeza em circuitos fechados ou grandes equipamentos (KESSLER; LUND, 1989).

## **5. CONCLUSÕES FINAIS**

Com os avanços tecnológicos das últimas décadas foi possível conhecer a fundo os parâmetros necessários para uma higienização de circuitos e maquinários eficiente.

A limpeza CIP é a forma mais rápida e eficiente de promover a higienização de tubulações e locais de difícil acesso para limpeza, sendo a obtenção dos parâmetros ideais de suma importância. O tempo de contato entre soluções de limpeza e sujidades, concentração de químicos utilizados, temperatura dos fluidos e turbulência provocada pelo escoamento agindo como ação mecânica para retirada de resíduos são os principais parâmetros que devem ser ajustados para que tenhamos o menor tempo possível de limpeza, garantindo aumento de produtividade total por diminuição de paradas para limpeza.

Ligado a todo o contexto CIP existe o foco em prevenção de riscos. Essa prevenção passa pelo desenho de circuitos CIP de forma assertiva para impedir o acúmulo de resíduos desnecessários e, assim, aumentar a eficiência das soluções de limpeza.

A preocupação com os resíduos gerados por limpeza e produção da indústria de alimentos deve ser um dos principais tópicos tratados quando falamos de CIP. A implementação de sistemas CIP deve ser seguida de investimentos no tratamento de seus resíduos químicos para que não haja danos ao meio ambiente.

A indústria deve se preocupar em neutralizar os químicos utilizados nas etapas de CIP. Tal neutralização para preservação de bactérias de Plantas de Tratamento de Água e Resíduos (PTARs) normalmente é realizada em tanques que recebem o final da recirculação de detergentes alcalinos, ácidos, neutros e sanitizantes. O pH é então estabilizado das soluções e os resíduos devidamente tratados.

O que pode ser verificado pelos estudos apresentados é a importância do monitoramento de cada um dos T's relacionados ao CIP para termos maior probabilidade de um produto seguro ao consumidor. A higienização de equipamentos deve ser vista como a primeira etapa de um processo produtivo, e não a última após fim de produção. Assim é possível garantir durante toda a cadeia a qualidade esperada pelos consumidores, estes últimos que possuem a cada dia mais opções nos pontos de venda para consumo.

## 6. BIBLIOGRAFIA

3M DO BRASIL LTDA. Sumaré, SP. Catálogo produtos 3M ATP Clean-Trace. 2015

ARAÚJO, H.M.C.; ARAÚJO, W.M.C; BOTELHO, R.B.A; ZANDONADI, R.P. *Doença celíaca, hábitos e práticas alimentares e qualidade de vida*. Brasília, DF, Universidade de Brasília, Faculdade de Ciências da Saúde. Rev. Nutr., Campinas, 23(3):467-474, maio/jun., 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14725-1:2009: Produtos químicos — Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente. Rio de Janeiro, 2009.

BOSSTRAETEN, F. V. *Artigo Ovo: Tecnologia e Desenvolvimento*. 58 p. 2008

BRASIL. ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Guia de Alimentos e Vigilância Sanitária. p. 41. Brasília, DF. SEPN 515, Bl.B - Edifício Ômega, 2009.

BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC Nº 24, DE 08 DE JUNHO DE 2015. Dispõe sobre o recolhimento de alimentos e sua comunicação à Anvisa e aos consumidores. *Diário Oficial da União* nº 107, Brasília-DF, terça-feira, 09 de junho de 2015.

BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC Nº 55 DE 14 DE NOVEMBRO DE 2012. Dispõe sobre os detergentes enzimáticos de uso restrito em estabelecimentos de assistência à saúde com indicação para limpeza de dispositivos médicos e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. Nº 224, quarta-feira, 21 de novembro de 2012.

BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, de 23 de outubro de 2003.

BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 267, de 25 de setembro de 2003. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Gelados Comestíveis e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Gelados Comestíveis. *Diário Oficial da União*; Poder Executivo, de 26 de setembro de 2003.

BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. *Diário Oficial da União*; Poder Executivo, de 10 de janeiro de 2001.

BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RESOLUÇÃO– RDC Nº 26, DE 02 DE JULHO DE 2015. Dispõe sobre os requisitos para rotulagem obrigatória dos principais alimentos que causam alergias alimentares. *Diário Oficial da União*; Poder Executivo, de 03 de julho de 2015.

BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 91, de 11 de maio de 2001. Aprova o Regulamento Técnico - Critérios Gerais e Classificação de Materiais para Embalagens e Equipamentos em Contato com Alimentos constante do Anexo desta Resolução. *Diário Oficial da União*; Poder Executivo, de 15 de maio de 2001.

BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RESOLUÇÃO Nº 14, DE 28 DE MARÇO DE 2014. Dispõe sobre matérias estranhas macroscópicas e microscópicas em alimentos e bebidas, seus limites de tolerância e dá outras providências. DOU de 31/03/2014 (nº 61, Seção 1, pág. 58).

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. PORTARIA SDA No 22, DE 07 DE ABRIL DE 2015. Divulga os resultados do subprograma de monitoramento e do subprograma exploratório do Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes - PNCRC do ano 2014, das cadeias de carnes bovina, suína, caprina, ovina, equina, de ave e de avestruz e cadeias de leite, ovos, mel e pescado, na forma dos Anexos I e II desta Portaria. DOU – Seção 01 de 10/04/2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. PORTARIA Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário da União*, 14 nov 2011.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Assistência à Saúde, Coordenação-Geral das Unidades Hospitalares Próprias do Rio de Janeiro. Orientações Gerais para Central de Esterilização. 56 p.: il. Brasília, DF. Série A, Normas e Manuais Técnicos, n. 108, abril de 2001.

BRASIL. PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. Capacitação de Manipuladores de Alimentos. p. 287. São Paulo, SP. 2010

BROUGH, H. A.; TURNER, P. J.; WRIGHT, T.; FOX, A. T.; TAYLOR, S. L.; WARNER, J. O.; LACK, G. *Dietary management of peanut and tree nut allergy: what exactly should patients avoid.* Clinical & Experimental Allergy, 45, 859–871, 2003.

BRUNETTI, Franco. Mecânica dos fluidos. São Paulo: Pearson, 410 p. 2005

CAMPDEN AND CHORLEYWOOD FOOD RESEARCH ASSOCIATION (CCFRA), Oxford, UK. Introduction to hygiene in food processing: Key Topics in Food Science and Technology No.4, 2001

CARRAPATOSO. I.; SARINHO, E. *Será possível prevenir a alergia alimentar?* Revista Portuguesa de Imunoalergologia, Lisboa, v. 15, n. 4, p. 291-299, 2007

CASTELLO, M. A.; HEVIA, X.; GÓMEZ, I. M.; CASTRO, A. R.; RODRÍGUEZ, C. J. Algunas consideraciones sobre las reacciones adversas por alimentos. Revista Cubana de Medicina General Integral, Habana, v. 20, n. 5-6, p. 0-0, Sep./Dec. 2004.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION – CDC. Multistate Outbreak of Salmonella Bredeney Infections Linked to Peanut Butter Manufactured By Sunland, Inc. 30 nov 2012. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/salmonella/bredeney-09-12/index.html>>. Acesso em: 03 out. 2015.

CHIRIFE, J.; FERRO FONTAN, C.; BENMERCUI, E. A. *The prediction of water activity of aqueous solutions in connection with intermediate moisture foods IV.* Aw prediction in aqueous non-electrolyte solution. Journal of Food Technology, v.15, n.59, 1987

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION - CODEX. Principles and guidelines for the conduct of Microbiological Risk Assessment. CAC/GL – 30. Rome, 1999.

COELHO, N. R. A. Noções de Higienização na Indústria de Alimentos. Universidade Católica de Goiás. Curso de Engenharia de Alimentos, 2008.

COSTA, M. C. *Conservação de polpa de cupuaçu (Theobroma grandiflorum) por métodos combinados com emprego da tecnologia de obstáculos.* 2002. 92 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, CE.

CUNHA, P. H. J.; SILVA, L. A. F.; MESQUITA, A. J.; BORGES, N. C.; FIORAVANTE, M. C. S.; MORAES, R. R.; SANTANA, A. P. *Avaliação da estabilidade do cloridrato de polihexametileno biguanida em pedilúvio para bovinos.* Ciência Animal Brasileira 2(1): 41-50, jan./jun. 2001

DA SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; DOS SANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A. R.. *Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos.* -3 ed. – São Paulo, SP: Livraria Varela, 552 p. 2007.

DREESZE, P. H. *Biofilme - The key to understanding and controlling bacterial growth in Automated Drinking Water Systems* – 2 ed.- Edstrom Industries, Inc., 32 p., jun 2003.

EXAME, São Paulo. SP. Unilever perdeu € 60 milhões com *recall* do Ades. 22 jan 2014. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/negocios/noticias/unilever-perdeu-60-milhoes-com-recall-do-ades>>. Acesso em: 03 out. 2015.

FOOD AND DRUGS ASSOCIATION – FDA. Blue Bell Creameries Expands *Recall* of Products Produced in Broken Arrow, Oklahoma Due to Possible Health Risk. 07 de Abril de 2015. Disponível em: <<http://www.fda.gov/Safety/Recalls/ucm441620.htm>>. Acesso em: 03 out. 2015

FOOD AND DRUGS ASSOCIATION – FDA. Food Product *Recall* by the Gift Shop at Buffalo Trace Distillery Due to Undeclared Allergens. 27 mar 2013. Disponível em:<<http://www.fda.gov/Safety/Recalls/ucm345602.htm>>. Acesso em: 03 out. 2015.

GEA MECHANICAL EQUIPMENT UK LTD. GEA Breconcherry Cleaning Technology Business Line Cleaning Technology. Catálogo. Londres, UK. 70 p. 2014

GLOBO. São Luis, MA. Leitora encontra parafuso em picolé da Kibon, em São Luís. 15 jun 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2013/06/leitora-encontra-parafuso-em-picole-da-kibon-em-sao-luis.html>>. Acesso em: 03 out. 2015.

INTERSNACK KNABBER-GEBÄCK GMBH & CO. KG. Consumer information: Important information for Chio customers. *Recall* Chio Dip!. Colônia, Alemanha. 09 jan 2015.

KESSLER, H. *Food Engineering and Dairy Technology*, Verlag A. Kessler, Bavaria, Alemanha, 1981.

KESSLER, H.;LUND, D., *Fouling and Cleaning in Food Processing*, ICFC III, Bavaria, Alemanha, 1989.

KLEIN, T. S.. *Determinação dos Parâmetros de um Novo Modelo de Turbulência com Aplicação para Fluidos de Petróleo*.2006. 92 f. Dissertação (Monografia em Engenharia Química) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ.

LEHNINGER, A. L. *Princípios de bioquímica*. Editora Sarvier, 4ª Edição. (2006).

LEISTNER, L. *Food preservation by combined methods*. Food Research International, Oxford, v.25, n.2, p. 151-158, 1992.

LELIEVELD, H. *Hygiene in Food Processing*, - 1 ed. - Woodhead Publishing Limited, England, 408 p., 2003.

MARTINS, M. T. S.; GALEAZZI, M. A. M. *Alergia alimentar: considerações sobre o uso de proteínas modificadas enzimaticamente*. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação da UNICAMP, Cadernos de Debate, Vol. IV, p. 80 – 110, 1996

OETTERER, M., *Química de alimentos: escurecimento não enzimático*. Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição. Escola Superior de Agricultura "Luiz De Queiroz". Universidade de São Paulo, SP, 2010.

OLIVEIRA, J. F; GUIMARÃES, P.F; MIRANDA, R. Propriedades funcionais da proteína: Geleificação.- Apresentação, 2003.. Disponível em: < <https://prezi.com/rf8d4xoqivnu/propriedades-funcionais-da-proteina-gelificacao/>>. Acesso em: 10 out. 2015.

PAIVA, E. P.; FAI, A.E.C; SOARES, D. S.; STAMFORD, T. L. M, *Bacillus cereus e suas toxinas em alimentos*. Departamento de Nutrição, Universidade Federal de Pernambuco - Higiene Alimentar, vol. 23, n° 170/171, abril 2009.

PARRA, D. RDC 24/15 no Workshop de Atualidades em Legislação de Alimentos. 15 de agosto de 2015. Disponível em: <<http://foodsafetybrazil.org/rdc-2615-no-workshop-de-atualidades-em-legislacao-de-alimentos/>>. Acesso em: 18 set. 2015

PEREIRA, A. C. S.; MOURA, S. M.; CONSTANT, P. B. L. *Alergia alimentar: sistema imunológico e principais alimentos envolvidos*. Semina: Ciências Biológicas e da Saúde, Londrina, v. 29, n. 2, p. 189-200, jul./dez. 2008.

RIBEIRO-FURTINI, L. L.; DE ABREU, L. R. *UTILIZAÇÃO DE APPCC NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS*. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 30, n. 2, p. 358-363, mar./abr., 2006.

SANT'ANA, A. S.; FRANCO, B. D. G. M. Avaliação quantitativa de risco microbiológico em alimentos: conceitos, sistemática e aplicações. Braz. J. Food Technol., v. 12, n. 4, p. 266-276, out./dez. 2009.

SEHN, E., *Dinâmica da desnaturação térmica das proteínas do sangue e fotoestabilidade de formulações de uso tópico: Estudo quantitativo com métodos fototérmicos*. 2009. 123 f. Tese (Doutorado em Física) – Universidade Estadual de Maringá, PR.

SHAPTON, D. A.; SHAPTON, N. F. *Principles and Practices for the Safe Processing of Foods*. – 1 ed -. Woodhead Publishing. 472 p, 1993.

SHIBAO, J.; BASTOS, D. H. M., *Produtos da reação de Maillard em alimentos: implicações para a saúde*. Rev. Nutr., Campinas, 24(6):895-904, nov./dez., 2011

SILVA, G; DUTRA, P.R.S; CADIMA, I. M.. Higiene na indústria de alimentos. Curso Técnico em Alimentos – Modalidade à Distância. Recife: EDUFRPE, 134 p.: il. 2010.

WATANABE, E.; NUTTI, M. R. Alimentos geneticamente modificados: avaliação de segurança e melhorias de qualidade em desenvolvimento. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v. 1, n. 1, p. 1-14. 2002.