

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

***CLEAN-IN-PLACE* NA INDÚSTRIA DE BEBIDAS
CARBONATADAS NÃO ALCOÓLICAS**

Thamara Rosa dos Santos

Orientadora: Profa. Dra. Patrícia da Silva Malheiros

Porto Alegre

Abril/2023

THAMARA ROSA DOS SANTOS

**CLEAN-IN-PLACE NA INDÚSTRIA DE BEBIDAS
CARBONATADAS NÃO ALCOÓLICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Alimentos do Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Profa. Dra. Patrícia da Silva Malheiros

Porto Alegre, Rio Grande do Sul – Brasil

Abril/2023

CIP - Catalogação na Publicação

Santos, Thamara Rosa dos
CLEAN-IN-PLACE NA INDÚSTRIA DE BEBIDAS CARBONATADAS
NÃO ALCOÓLICAS / Thamara Rosa dos Santos. -- 2023.
49 f.
Orientadora: Patrícia da Silva Malheiros.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Curso de
Engenharia de Alimentos, Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. Clean-in-place. 2. bebidas carbonatadas. 3.
higienização. I. da Silva Malheiros, Patrícia, orient.
II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Trabalho de Conclusão de Curso

***CLEAN-IN-PLACE* NA INDÚSTRIA DE BEBIDAS
CARBONATADAS NÃO ALCOÓLICAS**

Thamara Rosa dos Santos

Aprovado em: __/__/____

Profa. Patrícia da Silva Malheiros

(Orientadora)

Doutora em Microbiologia Agrícola e do Ambiente/UFRGS

Profa. Juliane Elisa Welke

Doutora em Química/UFRGS

Fabíola Ayres Cacciatore

Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pela vida.

Agradeço à toda a minha família pelo apoio incondicional em todos os momentos. Em especial a minha amada mãe Solange e minha irmã Thayna. Dedico a vocês toda vitória, esforço e todas minhas conquistas. Obrigada pela paciência e ajuda nesta etapa.

Agradeço aos professores que desempenharam com dedicação as aulas ministradas. Especialmente à professora Patrícia da Silva Malheiros que me orientou neste Trabalho de Conclusão, obrigada pela confiança, resiliência e ensinamentos compartilhados.

Aos amigos, principalmente ao meu querido co-orientador Gustavo Gregory, que me ajudou com maestria e muito carinho, obrigada por toda ajuda e carinho no decorrer desta jornada.

Por fim, minha eterna gratidão a todos que torceram por mim e contribuíram diretamente ou indiretamente para conclusão dessa etapa em minha vida.

CLEAN-IN-PLACE NA INDÚSTRIA DE BEBIDAS CARBONATADAS NÃO ALCOÓLICAS

Autor: Thamara Rosa dos Santos

Orientadora: Prof^a Dra. Patrícia da Silva Malheiros

RESUMO: As bebidas carbonatadas não alcoólicas são bebidas gaseificadas com gás carbônico, adicionadas ou não de açúcares. Os refrigerantes são um dos mais populares tipos de bebidas não alcoólicas carbonatadas disponíveis no mercado e são obtidos através da diluição de suco ou extrato vegetal em água potável. O baixo pH e a carbonatação inibem o crescimento da maioria dos microrganismos, desenvolvendo-se apenas os acidófilos e osmofílicos, em especial os bolores e leveduras deteriorantes. Em contrapartida, microrganismos patogênicos podem ser encontrados ao longo do processo de produção, como por exemplo, em insumos contaminados ou por inadequada higienização. Nesse contexto, processos *Clean-in-Place* (CIP) foram desenvolvidos para realizar a limpeza e desinfecção automatizada de máquinas de envase e equipamentos de processamento sem a necessidade do desmonte dos mesmos, contribuindo para a remoção padronizada de resíduos químicos, orgânicos ou microbiológicos de tubulações e equipamentos do processo. Desta forma, este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre os procedimentos para *Clean-in-Place*, destacando as principais técnicas e produtos que podem ser utilizados para limpeza e desinfecção de indústrias de bebidas carbonatadas não alcoólicas, bem como apresentar os procedimentos de verificação que são realizados para a validação do processo CIP. O sistema CIP é uma prática eficaz e eficiente para garantir a segurança e qualidade dos produtos na indústria de bebidas carbonatadas não alcoólicas

Palavras-chave: *clea-in-place*, bebidas carbonatadas, higienização

CLEAN-IN-PLACE IN THE NON-ALCOHOLIC CARBONATED BEVERAGES INDUSTRY

Author: Thamara Rosa dos Santos

Advisor: Profa. Dra. Patrícia da Silva Malheiros

ABSTRACT: Non-alcoholic carbonated drinks are carbonated drinks with carbon dioxide, with or without added sugar. Soft drinks are one of the most popular types of carbonated non-alcoholic beverages available on the market and are obtained by diluting juice or plant extract in drinking water. Low pH and carbonation inhibit the growth of most microorganisms, so that only acidophilic and osmophilic microbes may develop, especially molds and deteriorating yeasts. On the other hand, pathogenic microorganisms can be found throughout the production process, for example, in contaminated inputs or due to inappropriate cleaning. In this context, Clean-in-Place (CIP) methods have been developed to carry out cleaning and automation of filling machines and processing equipment without the need to dismantle them, allowing for the standardized removal of chemical, organic or microbiological residues from piping and process equipment. Therefore, this work aimed to carry out a bibliographical review on the procedures for Clean-in-Place, highlighting the main techniques and products that can be used for cleaning and disinfection of non-alcoholic carbonated drinks, as well as to present the verification procedures that are carried out for the validation of CIP processes. The CIP system is an effective and efficient practice to guarantee the safety and quality of products in the non-alcoholic carbonated beverage industry.

Keywords: clean-in-place, carbonated beverages, sanitizing

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros microbiológicos para bebidas carbonatadas não alcoólicas. ...	21
Tabela 2. Etapas convencionais da limpeza Clean-in-Place na indústria de bebidas carbonatadas não alcoólicas.	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Principais espécies de leveduras na degradação de bebidas carbonatadas não alcoólicas (continua).....	18
Quadro 2. Natureza das sujidades.....	28
Quadro 3. Vantagens e desvantagens de alguns desinfetantes utilizados no sistema CIP e atividade antimicrobiana.....	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo de Sinner.....	23
Figura 2 - Representação da interação entre os parâmetros de limpeza.....	24
Figura 3 - Impacto da temperatura na concentração de hidróxido de sódio (p/v) necessária para destruir 25% da população de esporos de B. subtilis. Temperaturas: 49°C (◆), 54.5°C (■), 60°C (▲), 65.5°C (●) e 71°C (*).	25
Figura 4 - Efeito da velocidade no tempo de limpeza.....	26
Figura 5- Luminômetro compacto que permite a detecção dos menores níveis de carga orgânica e contaminação microbológica.....	38
Figura 6 - Métodos para avaliar a limpeza de superfícies.	39

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo geral.....	14
2.2 Objetivos específicos	14
3. METODOLOGIA.....	15
4. PADRÕES MICROBIOLÓGICOS PARA BEBIDAS CARBONATADAS.....	16
5. SISTEMA <i>CLEAN-IN-PLACE</i>.....	22
5.1 Ação Térmica.....	24
5.2. Ação Temporal	25
5.3. Ação Mecânica	26
5.4. Ação Química	27
6. ETAPAS DO PROCESSO <i>CLEAN-IN-PLACE</i>	29
6.1. Pré enxágue	30
6.2. Limpeza	31
6.3. Enxágue intermediário	34
6.4. Desinfecção	34
6.5. Enxágue final	36
7. VERIFICAÇÃO DO SISTEMA <i>CLEAN-IN-PLACE</i>.....	37
8. CONCLUSÃO	41
9. REFERÊNCIAS	43

1. INTRODUÇÃO

A categoria das bebidas carbonatadas (*Carbonated Soft Drinks*), também chamadas de bebidas gaseificadas, teve origem nos Estados Unidos com a criação da bebida “*soda water*”, há mais de dois séculos. Desenvolvida com base na invenção de uma tecnologia capaz de misturar dióxido de carbono (CO₂) com água, o objetivo da criação foi reproduzir artificialmente as características das águas gaseificadas de fontes naturais. Entre 1810 e 1840, as bebidas carbonatadas artificialmente foram comercializadas em pontos localizados em farmácias e também em lanchonetes. A grande aceitação pelo público determinou o início da era de produção em massa e comercialização das bebidas engarrafadas em supermercados e estabelecimentos de *food service* (ABIR, 2020).

Os refrigerantes são um dos mais populares tipos de bebidas não alcoólicas gaseificadas disponíveis no mercado. Conforme definido pelo Decreto nº 6.871/2009 (BRASIL, 2009), o refrigerante é a bebida gaseificada, obtida pela dissolução em água, de suco ou extrato natural, adicionada de açúcar ou edulcorantes (adoçantes). A *soda*, popularmente conhecida como “água com gás”, apresenta característica hidratante, leve e refrescante, e é gaseificada pelo mesmo processo utilizado na produção dos refrigerantes, esse produto é constituído de água potável gaseificada com gás carbônico (CO₂), podendo também ser adicionada de sais minerais e aromatizantes. Já as bebidas energéticas são as bebidas gaseificadas, obtidas pela mistura de cafeína e outros ingredientes estimulantes e açúcar e/ou edulcorante, que oferecem sabores, refrescância, diversidade e benefícios característicos de suas propriedades (ABIR, 2020).

Nas indústrias de produção de bebidas carbonatadas não alcoólicas, a limpeza interna de tubulações e equipamentos é realizada para garantir uma higienização adequada e a retirada dos resíduos contaminantes que podem afetar a qualidade final da bebida. Este processo deve ocorrer ao início de uma produção ou quando houver a troca de sabor. Nesse contexto, os

sistemas *Clean-In-Place* (CIP) são amplamente implementados, pois fornecem limpeza de alta qualidade, de forma rápida, consistente e reproduzível (MOERMAN et al., 2014). Os protocolos CIP combinam limpeza (remoção de sujidades), desinfecção (inativação de agentes biológicos) e enxágue (para remoção de sanitizantes) para eliminar perigos físicos, químicos e biológicos de superfícies sem a necessidade do desmonte de equipamentos (WILSON, 2018).

Para um sistema CIP, a energia mecânica é fornecida pelos sistemas de circulação. O impacto do líquido nas superfícies ou o fluxo turbulento através da tubulação geralmente não fornece cisalhamento equivalente à energia mecânica fornecida pela raspagem e esfrega manual. Para superar esse déficit de energia mecânica, os demais fatores de limpeza – temperatura, atividade química e tempo – devem ser enfatizados. Como um sistema CIP é automatizado e fechado, não expõe os operadores ao processo de limpeza, produtos químicos mais fortes e temperaturas mais altas podem ser utilizadas com segurança na limpeza e desinfecção. Os tempos de limpeza também podem ser prolongados, pois a mão de obra pode ser distribuída para outras tarefas enquanto um CIP automatizado está em operação (LELIEVELD et. al., 2005).

Os sistemas CIP para bebidas (como leite, cerveja ou refrigerantes) usam essencialmente a mesma tecnologia de transferência e pulverização de solução de limpeza e desinfecção, mas podem variar muito na força química necessária, temperatura da água e tempo de limpeza, devido às características químicas de cada produto, como acidez e adição de gás carbônico (LOWRY, 2010). O processo envolve a circulação de soluções de limpeza em circuitos fechados de tubulações, tanques e outras estruturas, e pode ser aplicado em vários equipamentos, incluindo tanques de armazenamento, misturadores, trocadores de calor, enchedoras e outras máquinas. Geralmente, são utilizados detergentes e água quente para remover os resíduos acumulados, além de soluções desinfetantes para garantir a eliminação completa de microrganismos (GOMES et. al., 2016).

A utilização do CIP na indústria de bebidas gaseificadas não alcoólicas traz muitos benefícios, incluindo a economia de tempo e mão de obra, além

da redução dos riscos de contaminação microbiológica (CELESTINO, 2010). Porém, é importante que as empresas sigam as normas e diretrizes estabelecidas pelas autoridades sanitárias e pelos fabricantes dos equipamentos para garantir a eficácia do processo CIP e a segurança dos produtos fabricados.

Desta forma, esta revisão bibliográfica teve como objetivo principal descrever os processos de higienização *Clean-in-Place* nas indústrias de bebidas carbonatadas não alcoólicas, os quais se mostram de suma importância para a produção de um alimento seguro, garantindo segurança e qualidade ao consumidor.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre o sistema *Clean-in-Place*, destacando as principais técnicas e produtos que podem ser utilizados para limpeza e desinfecção de indústrias que processam bebidas carbonatadas não alcoólicas.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- Descrever os parâmetros fundamentais do CIP no processamento de bebidas carbonatadas não alcoólicas;
- Descrever as diferentes etapas que constituem o processo CIP e suas peculiaridades;
- Mapear os principais produtos utilizados e sua forma de utilização;
- Descrever as tecnologias utilizadas para validação de processos CIP em indústrias de bebidas carbonatadas não alcoólicas.

3. METODOLOGIA

Este trabalho consiste em uma revisão bibliográfica realizada por meio da consulta a artigos científicos nas bases de dados “*Web of Science*”, “*Pubmed*”, “Portal de Periódicos da Capes” e Biblioteca *SciELO*. Foram utilizadas as combinações de palavras-chaves: “*clean in place and soft drink*”, “*CIP and Carbonated non-alcoholic beverages*”, “higienização de indústrias alimentícias” com o intuito de filtrar os materiais de interesse. O levantamento de dados foi realizado entre dezembro de 2022 e março de 2023.

4. PADRÕES MICROBIOLÓGICOS PARA BEBIDAS CARBONATADAS

Esta revisão se inicia com descrições sobre os padrões microbiológicos na indústria de bebidas carbonatadas não alcoólicas e suas implicações nos processos de limpeza *Clean-in-Place*.

As bebidas carbonatadas são geralmente matrizes pobres em nutrientes essenciais ao desenvolvimento microbiano, o que as torna suscetíveis a poucos organismos - geralmente leveduras osmofílicas (que se desenvolvem melhor em ambientes com baixa atividade de água), além de algumas bactérias e fungos filamentosos tolerantes a ácidos. A carbonatação impõe mais uma barreira ao desenvolvimento bacteriano, limitando o desenvolvimento de organismos não tolerantes ao dióxido de carbono (STRATFORD et al., 2000). Os ácidos utilizados na composição de refrigerantes também limitam os tipos de microrganismos capazes de se desenvolver, principalmente de patógenos que não se desenvolvem em pH abaixo de 4,5 (GUBOLINO, 2007).

As leveduras são os principais contaminantes das bebidas carbonatadas não alcoólicas devido à sua ocorrência natural em ingredientes usados para a produção das mesmas, como sacarose e sucos de frutas, bem como devido à sua capacidade de crescer em ambientes ácidos e carbonatados (STRATFORD, 2006). Embora as leveduras comumente não representem risco à saúde do consumidor (NDAGIJIMANA et. al., 2004), elas comprometem a imagem do fabricante (segurança percebida) e podem levar a sérios prejuízos econômicos (LOUREIRO & QUEROL, 1999).

O pH ideal para o desenvolvimento das leveduras está em torno de 4,5 a 5,0, embora elas possam sobreviver em faixas maiores. Podem causar na bebida sedimentação, fermentação e alteração de cor. Determinadas espécies de leveduras sintetizam enzimas, o que representa um problema para as bebidas que contêm polpa de frutas. Na composição das substâncias da polpa, encontra-se a pectina, que é degradada por enzimas extracelulares das leveduras chamadas pectinases, processo este cuja consequência é a sedimentação de partículas, deixando o produto com turvação indesejável (ODEBRECHT, 2001). A deterioração por leveduras pode ser atribuída a

diversos fatores: falha nos procedimentos de higienização, qualidade inadequada de ingredientes ou falha nos procedimentos de fabricação (FOOD-INFO, 2017).

Leveduras deteriorantes afetam a qualidade dos alimentos por produzirem *off-flavors*, biofilmes, distorções da textura, produção de gás, etc. Tem sido também relatado que as modificações causadas pelas leveduras aumentam as chances de crescimento de bactérias menos adaptadas como micrococcos, corineformes e fungos filamentosos. Espécies de *Candida* podem formar glicerol, álcoois superiores, ácidos orgânicos, ésteres, ou diacetil e afetar o sabor. Sob condições oxidantes, aldeídos, cetonas e ácidos são produzidos. Em anaerobiose, a produção de sulfetos orgânicos e H₂S a partir de fermentação de aminoácidos contendo enxofre resulta em mau cheiro. A ação de suas enzimas extracelulares como as pectinases, lipases, e proteases altera a textura. Em bebidas não alcoólicas, o crescimento de *Candida* pode levar à formação de películas e sedimentos. Os produtos começam a apresentar deterioração com contagens de células de *Candida* acima de 10⁵ UFC.g⁻¹ (ENCYCLOPEDIA OF FOOD MICROBIOLOGY, 2014).

Fleet (2011) relatou a presença de *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida lipolyticae* e *Schizosaccharomyces bailii* em bebidas não alcoólicas carbonatadas, as quais foram tolerantes a pH baixos e a alguns dos conservantes químicos usados no processo como sorbato de potássio e o benzoato de sódio. Leveduras como *Rhodotorula glutinis*, *Rhodotorula rubra*, *Candida albidus*, *Candida sp.*, *Cryptococcus laurentii*, *Brettanomyces sp.*, *Kloeckera sp.*, *Pichia sp.*, *Saccharomyces sp.*, *Saccharomyces codesludwigii*, *Schizosaccharomyces sp.*, *Debaryomyces hansenii*, *Zygosaccharomyces sp.*, *Hanseniaspora sp.*, *Hansenula sp.* e *Kluyveromyces sp.* também têm sido relatadas como contaminantes de bebidas carbonatadas.

Conforme revisão feita por Rocha (2006) as principais leveduras deteriorantes de bebidas carbonatadas não alcoólicas no Brasil e suas principais características são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1. Principais espécies de leveduras na degradação de bebidas carbonatadas não alcoólicas (continua).

Leveduras	Morfologia	Características bioquímicas	Fator de deterioração do refrigerante	Referência
<i>Brettanomyces bruxellensis</i>	Células elipsoides	Fermentam dextrinas, produzem ácido acético a partir da glicose, secretam pectinesterases e proteases	Produzem compostos fenólicos, que dão sabor alterado aos refrigerantes	PITT & HOCKING, (1997)
<i>Candida parapsilosis</i>	Colônias brancas, superfície fosca, apresentam finos filamentos, células com formato elipsóide, ocorrem isoladas, aos pares ou em cadeias em Ágar Extrato de Malte (MEA) e fraco crescimento em Ágar Czapek e Ágar Malte Acético	--	--	PITT & HOCKING, (1997)
<i>Hanseniospora valbyensis</i> (Kloeckera apiculata)	Colônias de margens circulares e coloração marrom pálida; células pequenas e elipsóides, formam botões terminais, aparecem isoladas ou em pares; não crescem em Ágar Czapek e Ágar Malte Acético	Osmofílicas e fermentam rapidamente apenas a glicose	Produzem álcool que altera o sabor do refrigerante; deteriora o xarope	PITT & HOCKING, (1997) SCHMIDT, (1994)

Quadro 1. Principais espécies de leveduras na degradação de bebidas carbonatadas não alcoólicas (conclusão).

Leveduras	Morfologia	Características bioquímicas	Fator de deterioração do refrigerante	Referência
<i>Pichia membranaefaciens</i>	Colônias brancas podem ser facilmente distinguidas pela formação de pequenos ascósporos em ágar Malte Acético num período de sete dias; células alongadas com resistência a pH baixos, sensibilidade ao calor	Aeróbias, osmofílicas; fermentam rapidamente a glicose, galactose, sacarose, maltose e rafinose; secretam pectina-metil-esterases e proteases extracelulares	Causam aroma de chucrute aos produtos contaminados, aumentam a acidez por sintetizarem ácido acético, produzem ésteres	SCHMIDT, (1994)
<i>Rhodotorula rubra</i> e <i>Rhodotorula glutinis</i>	Colônias bordas circulares com aspecto mucóide de coloração rosa a vermelha, células sendo na maioria das vezes elipsoides	Não fermentadora de açúcares; possuem a capacidade de crescer em ambientes refrigerados, mas resistentes a altas temperaturas; secretam lipases e proteases	Forma muco viscoso que eleva a viscosidade dos produtos	PITT & HOCKING, (1997) HARRIGAN, (1998)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Colônias com margens circulares e superfície brilhante; isoladas, em pares ou em cadeias; ascósporos podem ser formados após longa incubação em meio MEA; pobre crescimento em Ágar Czapeck e Ágar malte acético	Fermentam diversos açúcares como glicose, galactose, sacarose, maltose e rafinose	Produzem álcool que altera o sabor do refrigerante	SCHMIDT, (1994)

Fonte: Adaptado de ROCHA, 2006.

A presença de bactérias aeróbias mesófilas em bebidas carbonatadas não alcoólicas indica contaminação e pode apontar problemas na produção, armazenamento ou transporte do produto (ROCHA, 2006).

A água é o principal ingrediente das bebidas carbonatadas não alcoólicas e suas propriedades têm implicações diretas na qualidade do produto final. A contagem de bactérias heterotróficas, genericamente definidas como microrganismos que requerem carbono orgânico como fonte de nutrientes, fornece informações sobre o meio bacteriológico da água de uma forma ampla (ROCHA, 2006). Devido à necessidade de avaliar as condições da água de enxágue do processo, é recomendado monitorar a proliferação de bactérias heterotróficas presentes nas tubulações antes do início de envase, já que este tipo de microrganismo não se multiplica em meio ácido, que é o meio da bebida, porém pode sobreviver ao processo e se fazer presente no produto. O monitoramento deste tipo de microrganismo inclui a detecção de bactérias ou esporos de bactérias, sejam de origem fecal, da microbiota natural da água ou resultantes da formação de biofilmes no sistema de distribuição. A contagem de bactérias heterotróficas serve, portanto, como indicador auxiliar da qualidade da água, ao fornecer informações adicionais sobre eventuais falhas na desinfecção e colonização no sistema de distribuição (DOMINGUES et al, 2007).

Devido à alteração no sabor de refrigerantes à base de sucos cítricos, como laranja e limão, as bactérias lácticas também devem ser monitoradas em indústrias de refrigerantes. Este tipo de bactéria possui atividade fermentativa, fazendo uso de carboidratos e gerando, como produtos finais do metabolismo, ácido láctico ou acético, etanol e CO₂. São bactérias anaeróbias ou microaerófilas, gram positivas, não esporuladas, e que usualmente não apresentam motilidade (JUVONEN, VIRKAJÄRVI, et al., 2011). As bactérias lácticas são essencialmente mesófilas, com algumas linhagens termófilas, sendo capazes de crescer num intervalo de temperaturas de 5 a 45°C e pH acima de 3,8 (LIMA et al., 2009). São tipicamente encontradas nas matérias-primas, embalagens e sucos. A maioria das bactérias ácido lácticas fermentam os açúcares presentes nas bebidas carbonatadas não alcoólicas em lactato e ácido láctico, porém algumas delas também são capazes de produzir etanol e acetato (SILVA, 2011). Os compostos formados por essas bactérias são

indesejáveis pois alteram as características do produto (JUVONEN, VIRKAJÄRVI, et al., 2011). Essas bactérias levam a uma perda de dióxido de carbono, um aumento de turbidez, podem gerar um gosto de podre, aromas de maçã verde, azedo ou de queijo (MAGAR, 2021). As bactérias ácido lácticas mais comumente encontradas em refrigerantes são: *Lactobacillus paracasei*, *L. Brevis*, *L. buchneri*, *L. Plantarum*, *L. perolens*, *Leuconostoc mesenteroides* e *Weissella* (MAGAR, 2021).

O controle microbiológico se inicia na captação da água e matérias-primas, devendo permear todas as etapas do processamento de envase até o produto final. Deve-se frisar que qualquer alteração em um dos componentes do método combinado de preservação (pH, gás carbônico e conservantes) pode levar a situações de aumento do risco do ponto de vista microbiológico. Embora uma variedade de microrganismos possa ser encontrada nas bebidas carbonatadas, um grupo é mais significativo: 90% das contaminações são causadas por leveduras e 10% por bactérias e fungos filamentosos (CHEREGATTO, 2015).

A Instrução Normativa – IN 161/2022 dispõe para a categoria de bebidas não alcoólicas, definições de padrões microbiológicos e limites para bolores e leveduras, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros microbiológicos para bebidas carbonatadas não alcoólicas.

Categoria específica	Micro-organismo /Toxina/Metabólito	c	n	m	M
a) Refrigerantes e outras bebidas carbonatadas	Bolores e Leveduras/mL, exceto bebidas fermentadas	5	2	10	10 ²

Fonte: IN 161/2022

A prática de conhecer os níveis diários de contaminação de matérias primas, equipamentos e produtos finais contribui para a melhoria da qualidade microbiológica dos alimentos produzidos, atendendo-se aos padrões exigidos pela legislação e aumentando-se a vida de prateleira. Também melhora a qualidade higiênico-sanitária desses alimentos, evitando-se riscos à saúde do consumidor pela veiculação de patógenos (VENTURINI, 2005).

5. SISTEMA *CLEAN-IN-PLACE*

O sistema CIP foi desenvolvido a princípio para a indústria de laticínios e, conforme as vantagens desse sistema eram obtidas, foi amplamente difundido e se tornou parte essencial de diversos outros processos produtivos (CLARK, 2009). Nesta seção, são discutidos princípios e práticas empregados em sistemas *Clean-in-Place*, como foco particular para indústrias de bebidas carbonatadas não alcoólicas.

O processo de higienização industrial faz parte do *setup* industrial, sendo um conjunto de atividades que tem como objetivo principal eliminar toda e qualquer sujidade que pode ter se formado ou acumulado nas superfícies dos equipamentos e tubulações (ANDRADE; MACEDO, 1996).

No ramo da indústria de bebidas, o processo de higienização precisa assegurar que todos os microrganismos patogênicos e deteriorantes sejam eliminados até níveis que não coloquem em risco a saúde humana e a qualidade do produto, além de remover todas as sujidades visíveis e não visíveis (MANUAL DE HIGIENIZAÇÃO, 2015).

Os principais conceitos do processo de higienização são:

a) Limpeza: Compreende a remoção mecânica de substâncias orgânicas e/ou minerais, como terra, poeira, gordura e outras sujidades. Normalmente são perceptíveis a olho nu.

b) Desinfecção: Operação de redução, por método físico e ou agente químico, do número de microrganismos em nível que não comprometa a qualidade higiênico-sanitária do alimento (RDC 216/2004).

c) Esterilização: Eliminação de todos os microrganismos por meio de processos químicos ou físicos.

Em 1959, o químico alemão Herbert Sinner declarou: “A limpeza é uma operação que consiste na aplicação de um detergente a uma certa temperatura, durante o tempo necessário para dissolver ou amolecer os resíduos de modo que uma ação mecânica possa removê-los com facilidade”. A partir desta definição, houve um grande avanço nos controles dos processos de limpeza e então foi desenvolvido um gráfico, com a relação dos fatores que impactam os processos de limpeza, que foi denominado Círculo

de Sinner, em homenagem ao químico alemão. Existem quatro parâmetros que compõem a limpeza: força mecânica, força térmica (calor), força química e o tempo em que as forças agem. Esses fatores não dependem das instalações ou da operação/pessoal, porém, para garantir um processo eficaz de limpeza, requer-se também a incorporação de mais dois fatores relacionados com o pessoal e as instalações, que são: treinamento e tecnologia (JACQUES et. al., 2003; LELIEVELD et. al., 2005; HELDMAN e LUND, 2007; TAMIME, 2008).

Sinner determina que se um dos quatro fatores principais for mudado, precisa-se compensar com os outros fatores para obter os mesmos resultados anteriores, ou seja, é necessário que haja um equilíbrio entre os quatro parâmetros (TAMIME, 2008; GOMES; BUENO, 2016). Na Figura 1, apresentada abaixo, temos a ilustração do Ciclo de Sinner.

Figura 1- Ciclo de Sinner.



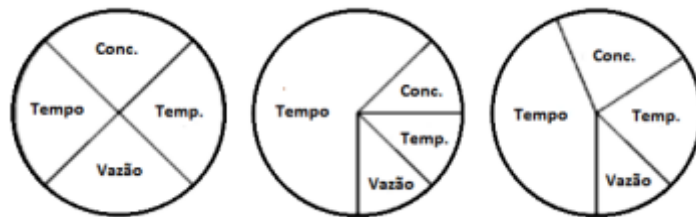
Fonte: SPSP (2020).

Além disso, para que a limpeza ocorra de forma adequada é necessário considerar as características de solubilidade dos resíduos de alimentos em água ou em detergentes alcalinos e ácidos. Resíduos de carboidratos e de sais minerais monovalentes podem ser removidos com certa facilidade pela água associada à ação mecânica, desde que estes resíduos não tenham sofrido a ação do calor. Já os resíduos de gordura e proteína são removidos

com o uso de agentes alcalinos ou tensoativos, e para a remoção de sais minerais divalentes, como o cálcio e o magnésio, são utilizados os agentes químicos ácidos (ANDRADE, 2008).

Para cada situação de limpeza, existe uma combinação específica. Portanto, é fundamental entender cada fator para realizar uma limpeza eficiente e eficaz sem causar dano à superfície dos equipamentos e ao meio ambiente. Essa interação entre os fatores pode ser vista na Figura 2.

Figura 2 - Representação da interação entre os parâmetros de limpeza.



Fonte: LELIEVELD et al. (2005).

5.1 Ação Térmica

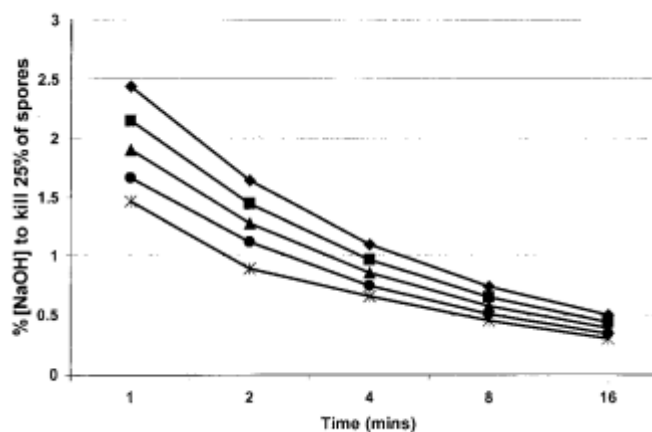
A temperatura de circulação no CIP influencia a difusão, a transferência de massa e as características de um fluido, e deve ser adaptada ao agente de limpeza aplicado e ao tipo de sujidade, permitindo uma limpeza mais rápida e profunda, podendo também variar de acordo com o tipo de equipamento. Temperaturas elevadas ajudam a aumentar a eficácia da limpeza, dissolvendo e removendo os resíduos mais rapidamente. Porém, temperaturas muito altas podem afetar negativamente o processo de limpeza e estabilidade química da sujidade alvo, contrariando a eficiência da limpeza (MAJOUR, 2003; LELIEVELD et al., 2005).

É importante garantir que a temperatura não ultrapasse o limite seguro para o material do equipamento, a fim de evitar danos ou deformações. Por isso, é importante seguir as especificações do fabricante do equipamento e dos produtos químicos utilizados para garantir a temperatura correta durante o processo de limpeza CIP. Porém, a escolha da temperatura precisa ser definida levando em conta que podem acontecer mudanças na estrutura dos resíduos se a temperatura for muito elevada. Por exemplo, a desnaturação de

proteínas ocorre em temperaturas acima de 85 °C, logo o uso de temperaturas muito elevadas, ao contrário de facilitar, vai dificultar a limpeza. Também podem acontecer mudanças nas propriedades dos detergentes mais especificamente na estabilidade física, podendo formar precipitados ou filmes (LELIEVELD et. al., 2005).

A Figura 3 mostra a relação entre a temperatura das soluções de limpeza e a concentração requerida nas mesmas para conseguir uma redução de 25% da população de esporos de *Bacillus subtilis*. Pode-se observar conforme a temperatura da solução de limpeza aumenta a concentração necessária para redução microbiana diminui.

Figura 3 - Impacto da temperatura na concentração de hidróxido de sódio (p/v) necessária para destruir 25% da população de esporos de *B. subtilis*. Temperaturas: 49°C (◆), 54.5°C (■), 60°C (▲), 65.5°C (●) e 71°C (*).



Fonte: adaptado de Singh e Fisher, 1996.

5.2. Ação Temporal

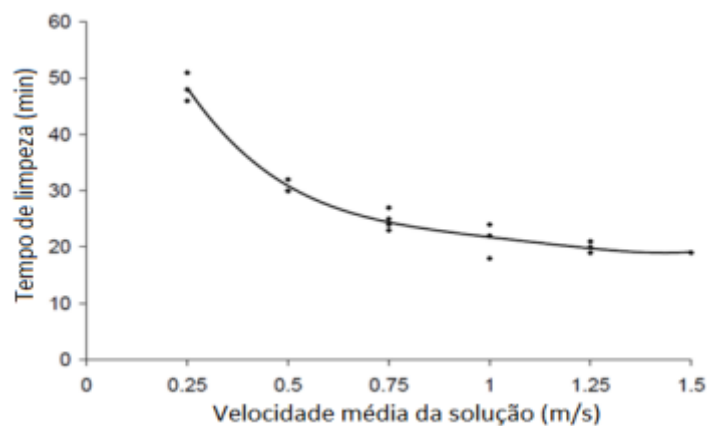
O tempo de contato adequado para o processo de higienização é fundamental para a sua eficiência. Uma vez que os detergentes não atuam de forma instantânea, é necessário assegurar o tempo de contato adequado para que estes consigam penetrar na sujidade e soltá-la da superfície (BARBOSA, 2010). Deve ser suficientemente longo para que as reações químicas e o arraste da sujidade ocorram, incluindo todas as fases do processo de limpeza

até obter uma superfície completamente livre de qualquer tipo de resíduos. Porém, incrementar o tempo de limpeza não é uma escolha simples, visto que o tempo das operações de limpeza impactam diretamente na diminuição do tempo de produção (TAMINE, 2008).

O hidróxido de sódio é tipicamente utilizado com concentrações variando entre 0,5 a 2,0% NaOH (p/p) para a maioria das indústrias de processamento de sucos. Entretanto, a concentração de solução de limpeza não deve ser analisada isoladamente, pois, caso haja deficiências no tempo, vazão ou temperatura de circulação, é necessário que tais deficiências sejam compensadas com um acréscimo na concentração de produto alcalino (TETRA PAK, 2004).

Outro exemplo de influência do tempo no processo CIP é relacionado com a vazão de escoamento. Timperley e Smeulders (1988) mostraram que o tempo de limpeza se reduz com o aumento da velocidade média de solução, porém, a taxa de redução de tempo se torna cada vez menos significativa à medida que a velocidade aumenta, até se estabilizar em torno de 1,5 m/s para as condições testadas, como pode ser visto na Figura 4.

Figura 4 - Efeito da velocidade no tempo de limpeza.



Fonte: TIMPERLEY; SMEULDERS (1988).

5.3. Ação Mecânica

A ação mecânica é responsável pelo contato entre os resíduos e os agentes de limpeza. Ocorre de forma manual ou, no caso dos sistemas CIP, através da energia cinética gerada pela circulação de soluções que possuem

uma força de cisalhamento nas paredes das tubulações (LELIEVELD et al., 2005).

No sistema de limpeza, há o escoamento da solução, a qual transportará o detergente à incrustação, onde existe o contato e arraste das sujidades para fora do equipamento que está sendo higienizado. Assim, com a finalidade de favorecer a transferência de massa e calor no equipamento, o ideal é a utilização de um fluxo turbulento, diminuindo a camada laminar entre a superfície e a solução. A camada laminar (ou viscosa) deve ser a menor possível, pois quanto menor, melhor é a transferência de calor e massa do detergente para a camada de sujidades (LELIEVELD et al., 2005).

Se a velocidade for muito baixa e o padrão de fluxo resultante for laminar, há uma limitação da interação entre a solução de limpeza e a superfície suja, o que reduz, assim, seu potencial de limpeza. Dessa forma, a eficácia da operação de limpeza pode ser melhorada aumentando a velocidade da solução (MOERMAN; RIZOULIÈRES; MAJOUR, 2014).

5.4. Ação Química

Refere-se à escolha e definição da concentração das soluções químicas escolhidas para o processo de limpeza. As soluções de limpeza são chamadas detergentes, e esses detergentes precisam ter certas características para permitir uma boa limpeza. As principais características desejadas são: ter a capacidade de dissolver (decompor a sujeira em pedaços menores) ou solubilizar os depósitos; ter a capacidade de molhar e penetrar fácil e rapidamente as superfícies e as distintas camadas da sujeira; ter a capacidade de levar os resíduos suspensos na solução sem que se depositem novamente; e ser fácil de enxaguar (LELIEVELD; MOSTERT; HOLAH, 2005; TAMIME, 2008). A capacidade de solubilizar ou dissolver os depósitos está relacionada com o tipo de sujeira. Existem dois grandes grupos de detergentes, os ácidos e os alcalinos, e cada um deles pode remover um tipo específico de depósito. Isso é observado no Quadro 2, que resume as características das sujidades e o detergente químico apropriado para removê-las (TAMIME, 2008).

Quadro 2. Natureza das sujidades.

Afinidade com a água	Solubilidade	Exemplo
Solúveis em água	-	Açúcares simples, proteínas solúveis em água
Insolúveis em água	Solúveis em álcali	Proteínas, gorduras
	Solúveis em ácido	Depósitos minerais
	Insolúvel em álcali e ácido	Depósitos de carbono, resíduos fibrosos
	Solúveis em solventes orgânicos	Óleos minerais

Fonte: adaptado de Tamime, 2008.

6. ETAPAS DO PROCESSO *CLEAN-IN-PLACE*

A higienização em indústrias alimentícias é um processo de máxima importância, que está inserida nas Boas Práticas de Fabricação (BPF), na Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) e nos programas de garantia de qualidade como um todo. O objetivo principal da higienização é garantir a segurança dos alimentos, visando minimizar problemas de ordem econômica ou de saúde pública que alimentos não seguros possam desencadear (ANDRADE, 2008).

A limpeza deve ser cuidadosamente planejada para diminuir ao máximo a passagem de microrganismos de superfícies contaminadas para o alimento durante o processamento. O principal objetivo da higienização das instalações, equipamentos e utensílios é controlar as fontes de contaminação, já que em condições industriais é praticamente nula a possibilidade de eliminar este risco por completo. Para assegurar que estes procedimentos sejam realizados da melhor forma possível, é necessário que o responsável por este processo tenha o treinamento adequado e respeite as descrições contidas nos Procedimentos Padrões de Higiene Operacional (PPHO), desde a diluição dos produtos de limpeza, seu tempo de contato com as superfícies, temperatura e condições de enxágue. (TONDO; BARTZ, 2012).

O processo CIP em indústrias processadoras de bebidas carbonatadas não alcoólicas é realizado nas trocas de produto, início e fim de produção e consiste, normalmente, numa série de etapas descritas na tabela 2 (CANUT et al., 2008; BARBOSA, 2010; SILVA et al., 2010).

Tabela 2. Etapas convencionais da limpeza Clean-in-Place na indústria de bebidas carbonatadas não alcoólicas.

Etapa	Objetivo	Temperatura (°C)	Duração (min)
Pré-enxágue	Redução do material sólido e/ou líquido residual no equipamento.	Ambiente até 85°C	10
Limpeza	Enxágue quente utilizando detergente alcalino e/ou ácido, com objetivo de dissolver e remover sujidades	70-85	15 a 60
Enxágue intermediário	Enxágue utilizando água tratada para a remoção de resíduos suspensos pela ação do detergente	Ambiente	Até a neutralização do pH da água efluente
Desinfecção	Consiste na redução de microrganismos contaminantes de superfícies e equipamentos e eliminação de possíveis patógenos.	25	10 a 15
Enxágue final	Enxágue para remoção de vestígios de produtos químicos no equipamento	Ambiente	Até a neutralização do pH da água efluente

Fonte: Adaptado de Goode et. al (2010); Junior (2011); O'Rourke (2003); Nascimento et. al., (2010).

6.1. Pré enxágue

A etapa de pré-enxágue se inicia com a drenagem de todo produto que estiver armazenado no equipamento e nas tubulações que serão higienizadas, recuperando-o em outro local ou apenas descartando-o para início do processo de CIP. Após a retirada de alta carga de resíduos aderidos nas paredes do tanque e das tubulações, o pré-enxágue remove com água (geralmente recuperada do enxágue final ou intermediário) a maior parte da quantidade de carga orgânica que ficou retida. A importância dessa etapa é

que assim pode-se evitar que um excesso de sujidades seja levado para os tanques de detergentes químicos (TAMIME, 2008).

Excluindo-se os casos em que a temperatura tem um efeito adverso (como é o caso da precipitação de proteínas pelo calor), preconiza-se a utilização de água quente, pois a temperatura aumenta a velocidade de todas as reações que possam estar envolvidas no processo, e além disso permite aquecer o sistema para a operação de limpeza, traduzindo-se também numa diminuição do tempo necessário à operação. Na indústria de bebidas carbonatadas, a pré-lavagem permite ainda o arraste do CO₂, que tem ação neutralizante nos detergentes alcalinos. As condições em que o enxágue inicial se processam (tempo, temperatura e ação mecânica) dependem da quantidade e da natureza dos detritos presentes, tipo de superfície a enxaguar e equipamento disponível (BAKKA, 1993; CHEFTEL et al., 1983; MARRIOTT, 1989).

6.2. Limpeza

Esta é a fase principal do sistema CIP para bebidas carbonatadas não alcoólicas, e tem como função a desagregação das porções mais residuais dos produtos das superfícies dos equipamentos e a sua dissolução na solução detergente. É importante que esta solução impeça a deposição de sujidades nos equipamentos durante a recirculação (TAMIME, 2008; BARBOSA, 2010).

Os detergentes modificam a capacidade de penetração e remoção da sujidade pela água, por meio da transformação de gorduras, da solubilização de proteínas e da dissolução de sais minerais. O detergente deve apresentar características como saponificação, emulsificação, molhagem, solubilização de proteína, manutenção dos resíduos em suspensão, controle de minerais; não ser corrosivo e ser de baixo custo (SILVA et al., 2010).

Os compostos mais utilizados na indústria de alimentos para realização da limpeza são os detergentes alcalinos, detergentes ácidos, tensoativos e

sequestrantes (IMMIG, 2013). Os alcalinos geralmente contêm hidróxido de sódio e normalmente são utilizados em uma concentração de 0,5% a 4%. Este tipo de solução é muito eficaz para remover gorduras e proteínas, bem como outros compostos orgânicos. Já os detergentes ácidos são usados para remover incrustações inorgânicas a temperaturas mais baixas do que os detergentes alcalinos, geralmente em uma concentração de 0,5% a 2%.

Segundo Immig (2013), os detergentes à base de hidróxido liberam 100% de alcalinidade cáustica, responsável por sua ação de detergência, e por isso são muito usados no método CIP. Jennings (1959), ao trabalhar com hidróxido de sódio na limpeza por circulação em várias temperaturas (36-82 °C) mostrou que a taxa de remoção dos sólidos com hidróxido de sódio é proporcional à concentração de íons hidroxila (OH⁻). A temperatura aumenta a eficácia da ação dos íons de hidróxido e da água que não é inerte, tendo ação detergente ativa no sistema.

Na indústria de bebidas gaseificadas não alcoólicas, a sujidade é normalmente constituída por matéria orgânica e mineral. No caso de refrigerantes de sucos de frutas e de extratos vegetais com suco de frutas, os detritos resultantes são de difícil remoção e é necessária a utilização de detergentes alcalinos. Por outro lado, a sujidade resultante da maioria dos refrigerantes de extratos vegetais sem sucos de frutas, como por exemplo, água tônica e soda são facilmente removidas pela água quente e ação mecânica, durante um determinado período de tempo. Para esta aplicação, é conveniente avaliar a necessidade de emprego de detergente alcalino nos momentos de troca de produto, sendo por vezes a lavagem sem detergente combinada com a desinfecção suficiente para evitar a contaminação dos produtos, quando acompanhada por métodos de validação eficazes.

Para desalojar a matéria inorgânica que normalmente provém da água utilizada nas operações de higienização e do próprio processamento, é necessário periodicamente efetuar uma lavagem com detergente ácido. Admitindo-se que os resíduos de natureza mineral estão em baixo teor quando comparados com os de natureza orgânica, esta lavagem é efetuada com menor frequência (MESTRE, 1995). Os ácidos, embora possuam menor poder de detergência em relação aos detergentes alcalinos, são muito

utilizados para a solubilização de depósitos de carbonato, minerais e proteínas, apresentando também algumas propriedades microbicidas.

Logo, tendo em conta a natureza da sujidade, a operação de limpeza poderá ser constituída por (MESTRE, 1995):

- Lavagem com água;
- Lavagem com detergente alcalino;
- Enxágue intermediário;
- Lavagem com detergente ácido;
- Enxágue.

Os agentes ácidos são utilizados em condições muito particulares e não para uso geral. Ao contrário dos agentes alcalinos, a sua utilização é menos frequente uma vez que a sua eficácia é baixa na remoção de sujidades como gorduras, óleos e proteínas (FARIA, 2010).

A dureza é uma característica conferida à água pela presença de alguns íons metálicos, principalmente os de cálcio e magnésio e, em menor grau, os de ferro e de estrôncio. A dureza é reconhecida pela sua propriedade de formação de incrustações, sendo, no caso de bebidas, a formação de precipitados (CELESTINO, 2010). O Ministério da Saúde (MS), através da Portaria GM/MS N° 888, DE 4 DE MAIO DE 2021, estabelece que o limite de dureza em água para abastecimento, no Brasil, é de no máximo 300 mg CaCO_3/L . No entanto, o valor desse parâmetro nas indústrias de bebidas carbonatadas não alcoólicas, segundo estudo realizado por Rodrigues (2011), apresentou valores inferiores, na ordem de 12 a 18 mg CaCO_3/L (RODRIGUES et. al., 2011).

Segundo Tamime (2008), os tempos de recirculação precisam ser avaliados por experimentação, com tempo geralmente variando de 15 minutos até 1 hora, para circuitos excepcionalmente grandes e complexos. Os tempos de contato podem ser reduzidos compensando a eficácia de limpeza com temperaturas mais altas, concentrações mais altas ou o uso de formulações de detergentes mais complexas.

6.3. Enxágue intermediário

O produto a ser processado após o CIP certamente será contaminado caso exista qualquer detergente no equipamento remanescente da etapa da pré-desinfecção. Traços de resíduos também podem estar presentes. A etapa de enxágue tem por objetivo promover a lavagem do local de processamento com água, removendo os resíduos suspensos pela ação do detergente, evitando que ocorra nova deposição e eliminando as frações residuais das soluções de detergentes aplicadas anteriormente (ANDRADE; MACEDO, 1996; FRYER et al., 2006).

Os fatores envolvidos nesta etapa são exclusivamente físicos, onde a água remove o detergente residual por forças de cisalhamento. Pode-se então deduzir que os parâmetros a serem considerados, nesse caso, serão temperatura e vazão da água utilizada. A temperatura terá papel fundamental na solubilidade dos resíduos, enquanto que a vazão de escoamento será responsável por interferir no cisalhamento aplicado sobre a superfície a ser higienizada. A operação é interrompida quando a concentração de resíduos de detergente na água for inferior a um valor mínimo pré-estabelecido (JUNIOR, 2011).

6.4. Desinfecção

Enquanto o objetivo da limpeza é a remoção de resíduos orgânicos e minerais, a desinfecção visa à eliminação das formas vegetativas dos microrganismos patogênicos e à redução de microrganismos decompositores até níveis seguros, de acordo com legislação vigente. Os agentes de desinfecção não necessariamente eliminam as formas esporuladas (HOFFMANN et al., 2002).

A seleção do agente desinfetante deverá ter em conta alguns fatores tais como o nível de sujidade existente, a superfície a ser desinfetada, a compatibilidade com o agente de limpeza, o tempo disponível para a realização desta operação e o tipo de microrganismos que podem estar presentes (BAPTISTA, 2003).

Geralmente, a desinfecção é realizada a frio, através da circulação de um agente sanitizante nas superfícies do equipamento para reduzir a carga microbiana presente. O tempo de enxágue e a concentração da solução desinfetante são críticos para a obtenção de bons resultados (TAMIME, 2008; BARBOSA, 2010).

No Quadro 3, encontram-se alguns dos desinfetantes mais comuns utilizados num sistema CIP, são apresentadas suas vantagens e desvantagens e a atividade antimicrobiana.

Quadro 3. Vantagens e desvantagens de alguns desinfetantes utilizados no sistema CIP e atividade antimicrobiana.

Desinfetante	Vantagens	Desvantagens	Atividade Antimicrobiana
Ácido peracético	<ul style="list-style-type: none"> - Eficaz em operações de baixas temperaturas; - Baixa formação de espuma; - Amplo espectro de atuação; - Desinfecção mais eficaz, incluindo a remoção de depósitos minerais; - Produtos derivados da sua decomposição não são tóxicos 	<ul style="list-style-type: none"> - Corrosivo na presença de íons de cloro; - Concentrado provoca irritações e queimaduras; - Pode gerar odores fortes; - Corrosivo para alguns metais como cobre, bronze e latão 	<p>Eficiente na eliminação de bactérias Gram-positivas, Gram-negativas, fungos filamentosos e leveduras e esporos bacterianos</p>
Peróxido de hidrogénio	<ul style="list-style-type: none"> - Pode ser utilizado em temperaturas ambientes até 80°C - Sem resíduos químicos; - Apresenta baixa toxicidade 	<ul style="list-style-type: none"> - Corrosivo; - Desestabilizado pela presença de contaminantes metálicos 	<p>Possui atividades sobre bactérias Gram-positivas, Gram-negativas. Adequado para leveduras</p>

Dióxido de cloro	-Hidrolisa compostos fenólicos contribuindo para a diminuição de sabores e odores indesejáveis na água; -Estável em soluções aquosas, mantendo sua ação microbicida por tempo mais longo	- Corrosividade em aços inoxidáveis; - Instáveis ao armazenamento -Inativado pela matéria orgânica	Adequado para leveduras e bactérias e fungos
------------------	---	--	--

Fonte: WANG et al., 2006, GROUP, 2010, ANDRADE, 2008.

Algumas indústrias produtoras de refrigerante optam pela desinfecção utilizando um método físico como água quente. Para o sistema CIP, recomenda-se como parâmetro que a água circule a 85 °C por 15 minutos ou 80 °C por 20 minutos (KUAYE, 2017). As vantagens da desinfecção com água quente são a facilidade de aplicação, eficácia contra uma ampla gama de microrganismos, boa capacidade de penetração em fendas e rachaduras, além de não ser corrosivo. Entretanto, o processo pode ter alto custo energético e gerar incrustações minerais pelo calor, reduzindo a vida útil dos equipamentos (KUAYE, 2017).

6.5. Enxágue final

A maioria dos compostos químicos utilizados como agentes de desinfecção podem causar problemas de saúde nos consumidores, ou alterar as características do produto processado. Para retirar os resíduos de desinfetante é necessário efetuar um novo enxágue com água corrente, até que a água de enxague apresente pH neutro (MESTRE, 1995).

A etapa final pode ser realizada com água quente ou fria, dependendo da temperatura do ciclo de limpeza (BARBOSA, 2010). Para limpezas de bebidas carbonatadas o recomendado é realizar o enxágue final com água em temperatura ambiente, já que o processo de envase ocorre a baixas temperaturas. Mais uma vez, a qualidade desta água é crítica pois água de má qualidade poderá levar a uma contaminação após desinfecção e,

consequentemente, à deterioração dos produtos e comprometimento de sua segurança microbiológica (TAMIME, 2008).

7. VERIFICAÇÃO DO SISTEMA *CLEAN-IN-PLACE*

Uma higienização adequada é muito importante em qualquer indústria de produtos para consumo humano, para a remoção de perigos físicos, químicos ou microbiológicos; por exemplo, na indústria farmacêutica, alimentos e bebidas. E para o caso da indústria de processamento de alimentos líquidos, a limpeza é um pré-requisito para a obtenção de um processo seguro (SMIT, 2003). Nesse sentido, o CIP é um processo de grande importância, especialmente nas indústrias de bebidas carbonatadas, sendo necessária a aplicação de metodologias que forneçam informações confiáveis sobre a eficácia da higienização realizada (SALO; FRIIS; WIRTANEN, 2008). Estas informações podem ser obtidas através da validação do processo, onde uma ferramenta permite garantir que os níveis de limpeza obtidos após o CIP estejam apropriados (CARRERA, 2015).

Existem diferentes métodos para avaliar o nível de limpeza em uma superfície após o processo CIP. Tamime (2008) sugere uma verificação inicial mediante os sentidos, assim uma superfície limpa não tem cheiros esquisitos, as superfícies devem estar claras, brilhantes e sem cores que não sejam próprias do material, e ao tato as superfícies não devem apresentar aparência ensaboada, gomosa, etc. A análise sensorial pode ser complementada com uma análise mais complexa como a quantificação do ATP, o uso de *swabs* para contagem de microrganismos nas superfícies, amostragem da água de enxágue ou do produto (TAMIME, 2008; FDA, 2014). A verificação da eficiência é tão importante quanto o processo em si, pois evidencia não só a eficácia da limpeza como também possíveis contaminantes da nova produção, caso o CIP não tenha sido adequado (MOUTINHO, 2022).

Métodos de verificação como a inspeção visual e a coleta de amostras microbiológicas são os mais comuns, porém a incubação e a análise das amostras levam algum tempo; por isso, métodos rápidos para verificação da limpeza ganharam destaque nos últimos anos. Um método relevante na indústria de bebidas carbonatadas não alcoólicas é o ATP (adenosina trifosfato) bioluminescência, que mede a quantidade de matéria orgânica presente nos resíduos (microbianos ou não) que podem permanecer numa superfície depois da higienização. A quantidade de ATP é medida em poucos segundos através de um equipamento digital chamado Luminômetro, mostrado na Figura 5, e é expressa em URL (unidades relativas de luz). Quanto maior é o nível de URL, maior é a sujeira presente na superfície, indicando que o processo de limpeza não foi adequado (MCCLURE, 2008).

Figura 5- Luminômetro compacto que permite a detecção dos menores níveis de carga orgânica e contaminação microbiana.



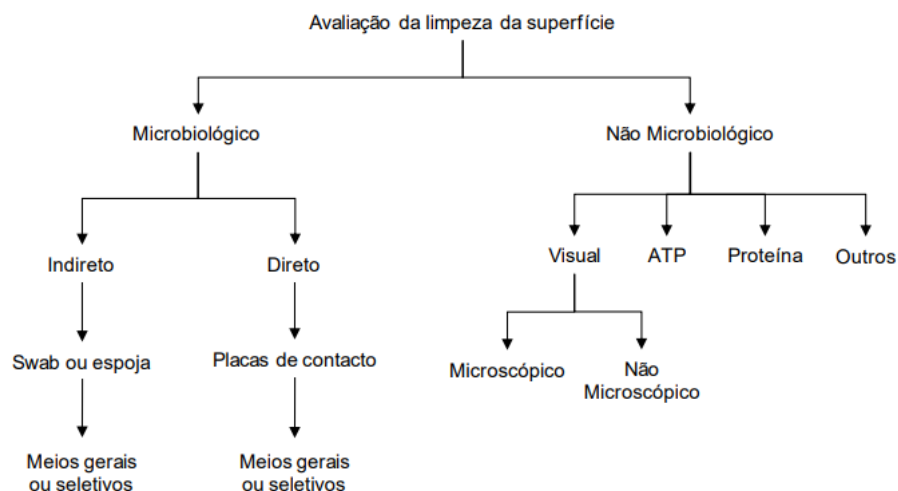
Fonte: PFARMA.

Para a realização do monitoramento, existem dois tipos de amostragem: a amostragem indireta utilizando soluções de enxágue e a amostragem direta de superfícies através de *swabs*. Através da análise de soluções de enxágue, é possível realizar uma amostragem de uma maior área superficial, bem como de áreas inacessíveis ou de superfícies que não podem ser desmontadas frequentemente. Todavia, se existir alguma sujidade remanescente na superfície, não será possível detectá-la através destas soluções (GÖRANSSON, 2012). A combinação dos dois tipos de amostragem é a forma mais eficaz de monitorar a limpeza do sistema, sendo que o programa de monitoramento deverá incluir (TAMIME, 2008; BATISTA, 2003):

- Inspeção e/ou avaliação visual antes do início do processo de produção;
- Análises microbiológicas de superfícies em contato com os produtos;
- Análises microbiológicas do ambiente;
- Análises físico-químicas de soluções de enxágue.

Na figura 6 são mostrados os métodos de monitoramento utilizados para avaliar a limpeza e a desinfecção das superfícies dos equipamentos e tubulações que passam pelo sistema CIP.

Figura 6 - Métodos para avaliar a limpeza de superfícies.



Tendo sido obtidos os resultados das diferentes análises feitas às várias amostras, é necessário aprovar ou rejeitar os processos de limpeza e desinfecção implementados. Os processos são considerados aprovados se todas as amostras revelam um nível de contaminação inferior aos níveis aceitáveis, de acordo com os limites pré-definidos para cada método analítico. Já se as amostras revelarem contaminação acima dos limites aceitáveis, o método de higienização implementado deve ser rejeitado (SEABRA, 2016). Primeiro é necessário confirmar se o processo de validação foi desempenhado de acordo com o protocolo, e em caso afirmativo, a falha terá sido causada pelo programa de limpeza e desinfecção em si. Devem ser definidas medidas corretivas, focadas no melhoramento do desempenho do programa de higienização. Caso se detecte contaminação, o programa de higienização deverá ser repetido antes do início da produção. Contudo, muitas vezes não é possível, uma vez que os resultados microbiológicos, por exemplo, só estão disponíveis 48 horas após a submissão da amostra, podendo a produção já ter começado. Quando isto ocorre, medidas como a parada imediata da produção seguida de nova higienização podem ser tomadas. Além disso, pode-se colocar o lote de produção em quarentena, até existir mais informação acerca de novas amostras recolhidas e, caso seja confirmado que o processo CIP não ocorreu de forma correta, realizar o descarte do lote produzido (SEABRA, 2016).

O conhecimento dos parâmetros e insumos para realização de procedimentos *Clean-in-Place* em indústrias de bebidas carbonatadas não alcoólicas, juntamente com a aplicação de programas de monitoramento adequados, é essencial para a melhoria contínua da eficácia dos processos e para a garantia da qualidade dos produtos oferecidos ao consumidor.

8. CONCLUSÃO

O controle microbiológico em bebidas evita a deterioração do alimento e a proliferação de microrganismos, a fim de minimizar perdas econômicas na indústria, sendo um dos principais objetivos ao produzir alimentos a qualidade associada à economia. A higiene é sempre um fator primordial, principalmente no processamento de alimentos. As práticas de higiene minimizam a presença de microrganismos nocivos à saúde e garantem a integridade do produto final. Isso requer uma eficiente e controlada higienização dos equipamentos utilizados no processo.

O método CIP foi desenvolvido para a limpeza e desinfecção automatizada de máquinas de envase e equipamentos de processamento sem a necessidade do desmonte dos mesmos. O sistema funciona circulando e recirculando automaticamente soluções detergentes e sanitizantes, até que a limpeza e a desinfecção sejam concluídas em um circuito fechado.

Para garantir que o processo seja eficiente, é necessário controlar vários parâmetros. O tempo de limpeza é um parâmetro crítico e varia de acordo com o tipo de equipamento e o produto processado. A temperatura das soluções de limpeza também é importante e depende da etapa do processo; durante a limpeza a temperatura é mantida entre 70 e 85°C, já na etapa de desinfecção a temperatura utilizada, nas indústrias de bebidas carbonatadas não alcoólicas, é a ambiente. Entretanto, algumas indústrias produtoras de refrigerante utilizam água quente (85°C/15 min) para desinfecção. A concentração da solução de limpeza deve ser controlada para que ela seja suficiente para remover todas as impurezas e resíduos, mas não a ponto de danificar o equipamento. A vazão deve ser suficiente para que a solução alcance todas as partes do equipamento e remova todas as impurezas e resíduos; nos processos CIP, deve ocorrer em regime turbulento. Além disso, o pH da solução de limpeza, a dureza da água e a presença de agentes de limpeza também são monitorados. O controle desses parâmetros é fundamental para garantir que o processo CIP seja eficiente, seguro e atenda aos padrões de higiene e qualidade exigidos pela indústria.

O monitoramento inadequado dos parâmetros do processo CIP pode levar a desvios operacionais e comprometer a eficácia da limpeza. Para evitar que ocorram estas falhas, é importante seguir procedimentos operacionais padrão, seguir a recomendação do fabricante, garantir que o equipamento esteja corretamente configurado e calibrado, monitorar regularmente os parâmetros do processo CIP e realizar manutenção preventiva regularmente.

O processo *Clean-in-Place* se mostrou uma prática eficaz que garante a segurança e a qualidade dos produtos na indústria de bebidas carbonatadas não alcoólicas, minimizando o risco de contaminação cruzada e melhorando a qualidade do produto final.

9. REFERÊNCIAS

ANDRADE, N J.; MACEDO, J. A. B. Higienização na indústria de alimentos. São Paulo, 1996.

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

ASSOCIAÇÃO DA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES E DE BEBIDAS NÃO ALCOÓLICAS. Bebidas. Brasília: ABIR, 2020. Disponível em: <http://abir.org.br/o_setor/bebidas/>.

BAKKA, R.L. (Ed.) (1993) - Sanitation Manual. Sanitation Committee of Society of Soft Drink Technologists, Hartfield, USA; pp 81.

BAPTISTA, P., Higienização de equipamentos e instalações na indústria agroalimentar. Forvisão - Consultoria em Formação Integrada, Lda. p. 68. Guimarães. Portugal, 2003.

BARBOSA, T.J.A. Otimização de Sistemas CIP, in Engenharia Química. 2010, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. p. 65.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 724, de 1º de julho de 2022. Dispõe sobre os padrões microbiológicos dos alimentos e sua aplicação. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, 2022a.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022 .Estabelece as listas de padrões microbiológicos dos alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, 2022b.

BRASIL, Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009. Regulamenta a Lei no 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Diário Oficial da União, Brasília, 4 de junho de 2009

BRASIL, PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Presidência da República, 2021

BRASIL. Portaria SVS/MS nº 326, de 30 de julho de 1997. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/1997/prt0326_30_07_1997.html.

CANUT, A., et al., Reducing costs by integrating ozonated water in the CIP systems. Journal of Hygienic Engineering and Design, 2008: p. 47-50.

CARRERA, S. C. Validação do Processo CIP como Ferramenta para Melhorar a Qualidade e a Produtividade: Estudo de Caso em Microcervejaria. 2015. 112 p. Dissertação de Mestrado - UFSC. Florianópolis. 2015.

CELESTINO, Sônia Maria Costa. 392p. Produção de refrigerantes de frutas - Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 29 p.- (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111, ISSN online 2176-5081 279).

CHEFTEL, J.C.; H.CFIEFTEL e P. BESANÇON (1983) - Introduction a la biochimie et a la technologie des aliments. Vol 2, Technique et. Documentation Lavoisier, Paris, France; 374-392.

CHEREGATTO, TATIANA CAMACHO. Isolamento de leveduras em indústria de refrigerante e avaliação da susceptibilidade à ação antimicrobiana dos agentes sanificantes de uso industrial. São Paulo, 2015.

ENCYCLOPEDIA OF FOOD MICROBIOLOGY, BATT, C.A.; TORTORELLO, M. L. , 2Ed., v.1, Elsevier Ltd. 2014; p. 367 – 373.

FDA. Guide to inspections validation of cleaning processes. Maryland, 2014 disponível em <http://www.fda.gov/ICECI/Inspections/InspectionGuides/ucm074922.htm>.

FLEET, G. H. Yeast Spoilage of Foods and Beverages. In The Yeasts (5th Edition), 2011, p. 53-63.Chapter 5.

FRYER, P. J.; CHRISTIAN, G. K.; LIU, W. How hygiene happens: physics and chemistry of cleaning. International Journal of Dairy Technology, v. 59, n. 2, p. 76-84, mai. 2006.

Formulation and Production Carbonated Soft Drinks. Países Baixos: Springer US, 1990.

GOODE, K.R.; ASTERIADOU, K.; FRYER, P.J.; PICKSLEY, M.; ROBBINSA, P.T. Characterising the cleaning mechanisms of yeast and the implications for Cleaning In Place (CIP). Food Bioprod. Process. 2010, 8, 365–374.

GÖRANSSON, A. and K. PETERSSON, A systematic approach to food safety. Journal of Hygienic Engineering and Design, 2012: p. 179-181.

GROUP, H., Clean-in-Place Best Practice Guidelines- Part III Extra information on CIP. 2010: p. 39

GUBOLINO, Sandra I. F. Qualidade físico-química e microbiológica de refrigerantes sabor guaraná em embalagens pet - 2000 ml e ocorrência de leveduras. 2007 73f. Dissertação (Mestrado profissional em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2007.

HELDMAN, D.; LUND, D. Handbook of Food Engineering. Florida: CRC Press, 2007.

HOFFMANN, F. L. et al. Avaliação da atividade antimicrobiana "in vitro" de dois agentes sanificantes de uso industrial. Higiene Alimentar, São Paulo, v. 16, n. 94, p. 62-67, 2002.

IMMIG, J.O. Higienização na indústria de alimentos, Universidade Federal Rio Grande do Sul, 2013.

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

JUNIOR, M. J. Instrumentação e identificação de um processo de sanitização cinética CIP. 2011. 134 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos)–Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, SP, 2011.

JUVONEN, R. et al. Microbiological spoilage and safety risks in non-beer beverages. [S.l.]: JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER, 2011. Disponível em:<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2011/T2599.pdf>

KUAYE, A. Y. Limpeza e sanitização na indústria de alimentos. 1º Ed, volume 4. São Paulo: Atheneu, 2017.

LELIEVELD, H.; MOSTERT, T.; HOLAH, J. Handbook of hygiene control in the food industry. Cambridge: CRC, 2005.

LIMA, C.; LIMA, L.; CERQUEIRA, M.; FERREIRA, E.; ROSA, C. Bactérias do ácido láctico e leveduras associadas com o queijo-de-minas artesanal produzido na região da Serra do Salitre, Minas Gerais. Arquivo Brasileiro Med. Vet. Zootec., v.61, n.1, p. 266-272, 2009.

MAGAR, S. T. Microbial spoilage of Beverages and their preservation. Microbe Notes, 20 junho 2021. Disponível em: <https://microbenotes.com/beverages-spoilage-preservation/>

MARRIOTT, N.G. (1989) - offood sanitation, 2nd ed., AV1, New York, USA; pp 387.

MCCLURE, J. (2008). Conventional and rapid analytical microbiology. In: Brown, M. (Ed.). Chilled Foods. A comprehensive guide (3. ed.). Cambridge: Woodhead Publishing Limited. p. 545-570.

MESTRE, M.J.U., Eficácia dos Programas de Sanificação na Indústria de Refrigerantes: Modelo Microbiológico. Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 1995.

MOERMAN, F., RIZOULIÈRES, P., MAJLOOR, F.A., 2014. Hygiene in Food Processing: Principles and Practice. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, pp. 305–383.

MOUTINHO, Maria Eduarda. Sistema de limpeza CIP (clean in place) aplicado à planta-piloto de processamento de aloe vera. 2022. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

NASCIMENTO, H.M.; DELGADO, D.; BARBARICA, I.F. Avaliação Da Aplicação De Agentes Sanitizantes Como Controladores Do Crescimento Microbiano na indústria Alimentícia. Revista Ceciliana Jun 2(1): 11-13, 2010.

NDAGIJIMANA, M.; BELLETTI, R.; LANCIOTTI, M. E.; GUERZONI, M. E.; GARDINI, F. Effect of Aroma Compunds on the Microbial Stabilization of Orange-based Soft Drinks. J. Food Sci, 69:20-24,2004.

O'ROURKE, T. CIP – Cleaning in Place. The Brewer International, v. 3, p. 30–34, 2003

ODEBRECHT, E. Microbiologia cervejeira: desenvolvimento de meios de cultura para quantificação de bactérias microaerofílicas deteriorantes obrigatórias, São Paulo: USP, 2001. 190p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade de São Paulo, 2001.

PFARMA-Disponível em: <https://pfarma.com.br/bioluminescencia-monitoramento-limpeza.html>

PITT, J. I.; HOCKING, A. D. Fungi and Food Spoilage. 2.ed. Maryland: Aspen Publishers Inc. 1997.

ROCHA, C.D. Determinação dos pontos críticos de contaminação por leveduras em indústria de refrigerantes. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Patologia, Parasitologia e Microbiologia – UFPR, Curitiba, PR., 2006.

RODRIGUES, Daniele Silva; LIMA, Maria Gorethe de Sousa; FEITOSA, Katiana Dasdores. Qualidade de água para produção de refrigerantes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, XXVI., 25 a 29 set. 2011, Porto Alegre (RS). Anais [...] Porto Alegre (RS), 2011.

SALO, S.; FRIIS, A.; WIRTANEN, G. Cleaning validation of fermentation tanks. Journal of food and bioproducts processing, v. 86, p 204-210, 2008.

SEABRA, C. Validação e Otimização do Sistema Automático de Limpeza de Equipamentos. 2016. 123 p. Dissertação de Mestrado em Tecnologias de Produção e Transformação Agro-Industrial. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2016.

SILVA, Neusely (et al); Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água. 5. ed. – São Paulo: Blucher, 2017 p. 3 – 106.

SINGH, M. & FISHER, J. (1996) Cleaning and disinfection in the brewing industry. In *Brewing Microbiology*, 2nd edition, (eds F.G. Priest and I. Campbell), pp. 271-300. Chapman and Hall, London.

SPSP. Dicas de limpeza ciclo de sinner. Disponível em: <https://www.spsp.com.br/post/dicasde-limpeza-ciclo-de-sinner>. 24p.

STRATFORD, M.; HOFMAN, P. D.; COLE, M. B. Fruit juices, fruit drinks and soft drinks. *The microbiological safety and quality of food*, v. 1, p. 836-869, 2000.

STRATFORD, Malcolm. Food and beverage spoilage yeasts. *Yeasts in food and beverages*, p. 335-379, 2006.

TAMIME, A.Y., *Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations*, ed. 3th. 2008: Blackwell Publishing Ltd.

TETRA PAK, *The Orange Book*, Tetra Pak Processing Systems AB, 2004.

TIMPERLEY, C.N.M. Smeulders. Cleaning of dairy HTST plate heat exchangers: optimization of the single-stage procedure *Int. J. Dairy Technol.*, vol. 41 (1988), pp. 4-7, 10.1111/j.1471-0307.1988.tb00572.x.

TONDO, Eduardo César; BARTZ, Sabrina. *Microbiologia e Sistemas de Gestão da Segurança de Alimentos*. Porto Alegre: Sulina. 2012.

VENTURINI, W. G. *Tecnologia de bebidas*. São Paulo: Edgard Blucher, 2005, p.29- 31; 141-164.

WANG, L., ZHANG, X., WANG, Y., WANG, W. Simultaneous determination of preservatives in soft drinks, yogurts and sauces by a novel solid-phase extraction element and thermal desorption-gas chromatography. *Analytica Chimica Acta*, v.577, p 62-68, 2006.

WILSON, D.I., 2018. Fouling during food processing — progress in tackling this inconvenient truth. *Curr. Opin. Food Sci.* 23, 105–112, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cofs.2018.10.002>.