



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA



**Projeto de redução no consumo de produtos químicos
utilizados em indústrias de bebidas e alimentos**

Wagner Vicente Pereira Junior

Orientador: Prof. Dr. Luiz Gustavo Martins Vieira

Uberlândia – MG

2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA



Projeto de redução no consumo de produtos químicos utilizados em indústrias de bebidas e alimentos

Wagner Vicente Pereira Junior

**Monografia de graduação apresentada à
Universidade Federal de Uberlândia como parte
dos requisitos necessários para a aprovação na
disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso do
curso de Engenharia Química.**

Orientador: Prof. Dr. Luiz Gustavo Martins Vieira

Uberlândia – MG

2018

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA MONOGRAFIA DA DISCIPLINA
PROJETO DE GRADUAÇÃO DE WAGNER VICENTE PEREIRA JUNIOR
APRESENTADO À UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, EM 14/12/2018.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Luiz Gustavo Martins Vieira

Orientador – FEQUI/UFU

Prof. Dr. Rubens Gedraite

FEQUI/UFU

Prof. Dr. Ubirajara Coutinho Filho

FEQUI/UFU

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado forças para seguir meu caminho, e condições de continuar indo em busca dos meus sonhos.

Aos meus pais Wagner e Suzi e irmãos Patricia e Arthur por todo amor, carinho, apoio e compreensão durante toda minha vida.

À Tamyres por ter segurado minha mão e andado junto comigo nos momentos em que achei que não conseguiria.

À todos os professores da Universidade Federal de Uberlândia, em especial a Luiz Gustavo e Rubens Gedraite pela ajuda, paciência e disponibilidade.

E por fim, aos meus amigos Igor e Mateus pelo companheirismo, Kaio e Guilherme por me acolherem como irmãos na república durante toda a faculdade, aos amigos do Bairro e a todos da turma 75.

“Viver é como andar de bicicleta: É preciso estar em constante movimento para manter o equilíbrio”.

Albert Einstein

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE QUADROS	ii
RESUMO.....	iii
ABSTRACT	iv
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Contextualização.....	1
1.2 Descrição do problema	2
1.3 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo Geral.....	3
1.4.2 Objetivos específicos	4
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 Características do processo de limpeza	5
2.2 Parâmetros de limpeza.....	7
2.2.1 Concentração de detergente alcalino	7
2.2.2 Concentração de detergente ácido	9
2.2.3 Temperatura.....	10
2.2.4 Vazão	11
2.2.5 Tempo.....	14
2.3 Componentes do CIP	15
2.3.1 Subsistema de armazenamento e envio de detergentes concentrados.....	15
2.3.2 Subsistema de armazenamento e envio de solução de limpeza	16
2.3.3 Automação do sistema	18
2.4 Configurações do sistema CIP	20
2.4.1 Sistema de uso único.....	21
2.4.2 Sistema de multiuso	21
2.5 Mão de obra.....	21

3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
3.1 Primeiro <i>M</i> : Medida	24
3.2 Segundo <i>M</i> : Matéria-prima.....	28
3.3 Terceiro <i>M</i> : Máquina	28
3.4 Quarto <i>M</i> : Meio Ambiente.....	30
3.5 Quinto <i>M</i> : Mão de obra.....	30
3.6 Sexto <i>M</i> : Método	31
3.7 Implementação	32
5. CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Relação dos custos com utilidades na fábrica.....	3
Figura 2 - Relação dos custos com higiene e limpeza	3
Figura 3 - Interação dos parâmetros de limpeza.....	6
Figura 4 - Variação do tempo de limpeza com vazão e concentração de NaOH	8
Figura 5 - Efeito da concentração de HNO ₃ no tempo de limpeza.	10
Figura 6 - Efeito da velocidade no tempo de limpeza.....	12
Figura 7 - Simulação de tensões cisalhantes em uma curva.....	13
Figura 8 - Fotos ilustrativas dos reservatórios de detergentes concentrados.	16
Figura 9 - Foto de bomba pneumática resistente a ácido nítrico.....	16
Figura 10 - Foto de spray ball, flying saucer e aspersor rotativo.....	17
Figura 11 - Foto Central CIP.....	18
Figura 12 - Foto de possíveis maneiras de instalação de um condutivímetro.	19
Figura 13 - Relação entre condutividade e concentração à 25°C.	20
Figura 14 - Relação entre condutividade e temperatura à 2% p/p NaOH.....	20
Figura 15 - Diagrama de Ishikawa.....	23
Figura 16 - Fotos mostrando o diâmetro de alguns equipamentos.	25
Figura 17 - Conversão de concentração de NaOH para concentração de detergente alcalino.	27
Figura 18 - Conversão de concentração de NaOH para concentração de detergente alcalino.	27
Figura 19 - Fotos mostrando o derramamento de detergente concentrado.....	29
Figura 20 - Planilha típica empregada no controle de concentrações.....	30
Figura 21 - Desenho esquemático do abastecimento de detergentes na fábrica.....	31
Figura 22 - Carta de controle de concentrações antes do plano de ação.....	33
Figura 23 - Carta de controle de concentrações após o plano de ação	33
Figura 24 - Problema de derramamento na Ilha Química resolvido	34
Figura 25 - Registro de consumo de detergente alcalino	35
Figura 26 - Registro de consumo de detergente ácido.....	35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Componentes dos detergentes alcalinos	9
Quadro 2 - Temperaturas usuais de CIP	11
Quadro 3 - Recomendação de vazão para diferentes tubulações.	14
Quadro 4 - Receitas de CIP para processamento de suco de laranja.	15
Quadro 5 - Parâmetros de CIP da unidade em estudo	24
Quadro 6 - Normas de concentração e média no mês de janeiro	26
Quadro 7 - Tabela para orçamento de detergentes.	28
Quadro 8 - Tabela de planejamento 5W1H.	32
Quadro 9 - Comparativo de custos com CIP antes e após o plano de ação	33

RESUMO

Foi realizado um estudo de caso para possibilitar a otimização do sistema de limpeza CIP em uma fábrica de sucos. Atualmente os parâmetros de concentrações de detergentes, vazão, tempo e temperatura estão conforme especificações dos fornecedores de insumos e equipamentos, porém, devem ser conferidos com a literatura para garantir que estão dentro dos valores usuais e assim, evitar perda na qualidade ou desperdício de recursos. Outro fator importante é a avaliação dos materiais e configurações do sistema de limpeza, para garantir a qualidade do processo e evitar riscos à saúde do consumidor. A otimização deste sistema se mostra muito importante em termos econômicos, ambientais e de segurança, já que o CIP é o maior contribuinte para os custos variáveis do processo, gera grandes quantidades de resíduos e tem papel fundamental no controle microbiológico.

Palavras-chave: CIP, limpeza, higienização, otimização, suco

ABSTRACT

A case study was carried out to optimize the CIP cleaning system in a juice factory. Currently the parameters of concentrations of detergents, flow, time and temperature are according to the specifications of the suppliers of equipment and inputs, but must be checked with the literature to ensure that they are within the usual values and thus avoid loss in quality or waste of resources. Another important factor is the evaluation of the materials and configurations of the cleaning system, to guarantee the quality of the process and to avoid risks to the health of the consumer. The optimization of this system is very important in economic, environmental and safety terms, since CIP is the major contributor to variable process costs, generates large amounts of waste and plays a key role in microbiological control.

Key words: CIP, cleaning, sanitation, optimization, juice

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Com a intensa urbanização ocorrida nos últimos anos o consumo de produtos alimentícios industrializados cresceu exponencialmente, com isso, aumentou-se a preocupação de como estão sendo produzidos para atender tamanha demanda e os órgãos de vigilância se tornaram mais exigentes, criando-se a necessidade de práticas por parte das empresas que garantam a qualidade dos produtos.

Para manter a qualidade, as empresas aplicaram as boas práticas de fabricação (BPF), que incluem uma boa higienização pessoal dos colaboradores, uma boa limpeza do piso, paredes e principalmente uma boa limpeza interna e externa dos equipamentos para reduzir a capacidade de multiplicação dos microrganismos e evitar a contaminação cruzada (ANDRADE, 2008).

A limpeza interna dos equipamentos demanda um elevado consumo de produtos químicos, visto que, geralmente não é possível a remoção dos mesmos para limpeza manual, sendo necessário um sistema de circulação de soluções detergentes e água. Este tipo de limpeza interna é conhecido como *Clean in Place* (CIP), e pode ser composto por três ou cinco etapas. O CIP de três etapas, também chamado CIP intermediário, consiste em um pré-enxágue, circulação de detergente alcalino e um enxágue final. Já o CIP completo consiste nas três etapas anteriores, acrescido de uma circulação de solução ácida para remoção das sujidades inorgânicas e outro enxágue.

Na produção bebidas e alimentos o CIP tem um elevado impacto em três aspectos: qualidade, ambiental e econômico.

Considerando o aspecto da qualidade, o CIP dentro do sistema produtivo tem um papel essencial, pois se a limpeza for deficiente existem perigos microbiológicos e químicos que podem comprometer a qualidade e até a segurança do produto (SMIT, 2003). Dentro desse contexto, os profissionais responsáveis pela higienização nas indústrias de bebidas devem atuar de forma eminentemente

preventiva na busca da melhor qualidade dos produtos processados, evitando problemas de ordem econômica e saúde pública (ANDRADE, 2008).

Do ponto de vista econômico, deve ser considerado os custos relacionados a tempo de inatividade, consumo de detergentes, água, energia e vapor, ou seja, o CIP é um dos maiores contribuintes dos custos variáveis do processo. (BRIGGS *et al.*, 2000)

No que tange o aspecto ambiental, a quantidade de água utilizada e de resíduos gerada são preocupantes, pois a água é um recurso que se torna cada vez mais escasso, e os resíduos, caso não passem por um tratamento adequado, podem causar enormes impactos ambientais nos corpos hídricos e na vida aquática.

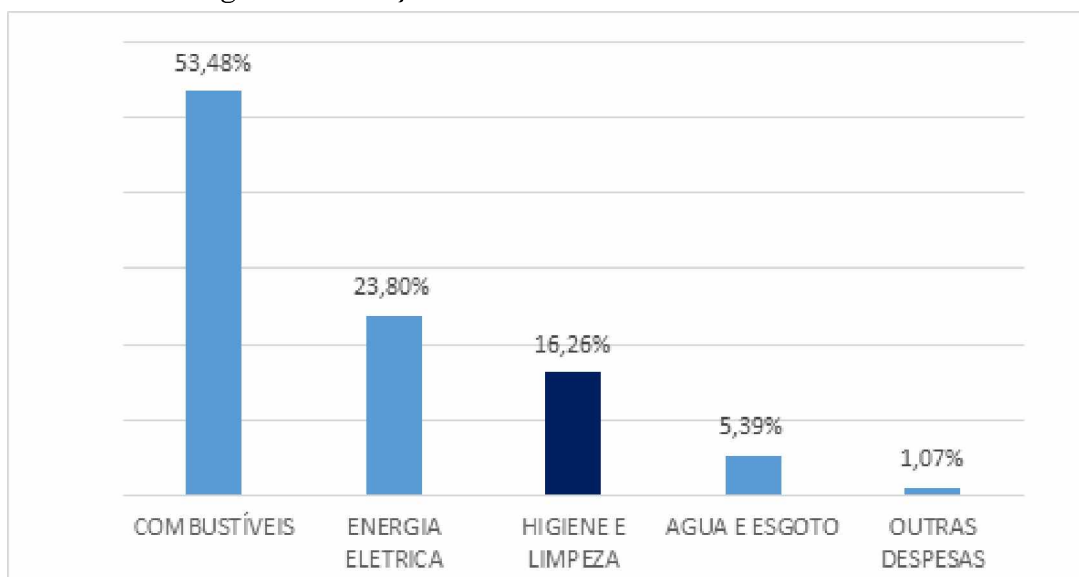
Diante deste contexto, um estudo de otimização do CIP se mostra necessário para reduzir os riscos de contaminação, aprimorar o uso dos recursos e diminuir os impactos ambientais em qualquer indústria de bebidas e alimentos, mas tomado como referência uma fábrica de sucos no estado de Minas Gerais.

1.2 Descrição do problema

Os custos com CIP na empresa estudada cresceram muito nos últimos anos, se tornando uma enorme preocupação para os gestores locais, já que afeta fortemente os custos variáveis do processo. Este aumento se deve a fatores, como por exemplo, o aumento da frequência de limpeza, com o intuito de diminuir problemas de contaminação e aumento no preço dos recursos utilizados. Na Figura 1 é exibida a relação de despesas com utilidades, e na Figura 2 o detalhamento dos gastos com higiene e limpeza.

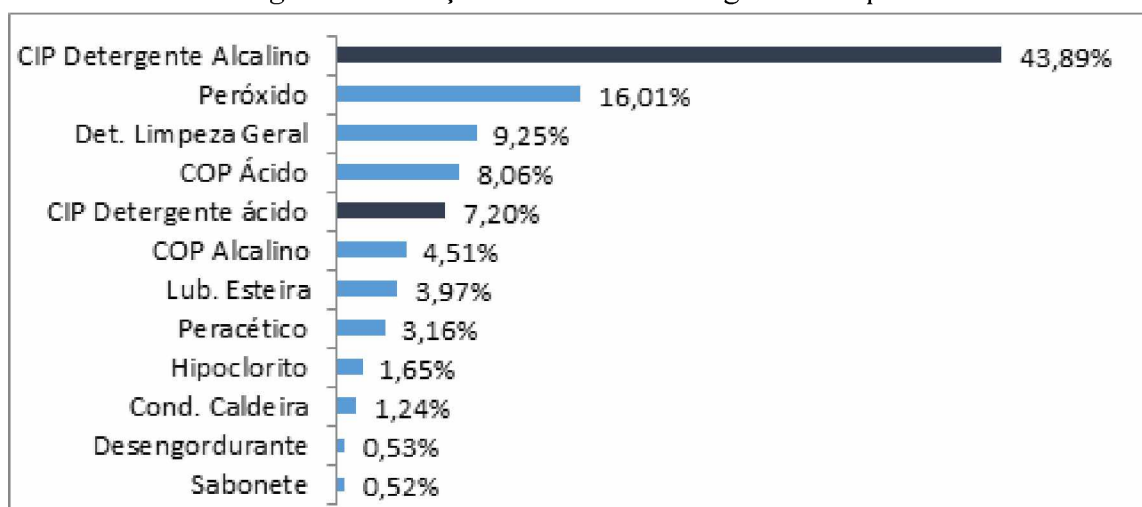
A participação direta do CIP nos custos com utilidades pode ser notada na primeira figura, onde é mostrado que a conta de higiene e limpeza representa 16,26% dos custos totais com utilidades, e na segunda, em que o CIP corresponde a 51% da conta de higiene e limpeza. Porém, deve-se lembrar de que o processo de limpeza demanda grandes quantidades de água, de energia e de vapor de água, além de gerar resíduos a serem tratados. Diante do exposto, pode-se afirmar que o CIP afeta todos os custos de utilidades.

Figura 1 - Relação dos custos com utilidades na fábrica



Fonte: O autor (2019)

Figura 2 - Relação dos custos com higiene e limpeza



Fonte: O autor (2019)

1.3 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Otimização do sistema de limpeza CIP na fábrica estudada.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Avaliar os parâmetros atuais de tempo, temperatura, vazão e concentração dos equipamentos nos quais são realizados os procedimentos de limpeza CIP;
- b) Avaliar potencial de reuso das soluções empregadas;
- c) Propor melhorias no sistema CIP atual; e
- d) Eliminar as falhas operacionais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Características do processo de limpeza

O processo de limpeza é um conjunto de atividades que tem como objetivo principal eliminar os depósitos que podem ter se formado ou acumulado nas superfícies dos equipamentos e tubulações, estes depósitos podem ser de origem orgânica, inorgânica ou biológica (ANDRADE; MACEDO, 1996).

Os depósitos orgânicos são resíduos de origem animal ou vegetal, constituídos principalmente por proteínas, carboidratos, gorduras e óleos. No caso do suco, a carga orgânica não é muito complexa, sendo de fácil remoção, pois não há presença de gorduras, e os açúcares são solúveis em água. Portanto, comparando com outras indústrias de alimentos, tais como laticínios e frigoríficos, o processo de limpeza é menos complexo e demanda uma menor quantidade de etapas (TETRA PAK, 2004).

Para a remoção das sujidades orgânicas utiliza-se detergente alcalino, normalmente à base de hidróxido de sódio, por ser mais barato. A função principal dos íons hidróxido é promover a peptização, ou seja, romper a ligação das proteínas, tornando-as menores e mais solúveis para facilitar a remoção (JACQUES *et al.*, 2003).

Os depósitos inorgânicos são resultantes principalmente da dureza da água, formada por sais de cálcio e magnésio dissolvidos, sendo expressa em termos de carbonato de cálcio equivalente (TAMIME, 2008). Quando água contendo carbonatos dissolvidos é aquecida a temperaturas entre 70 a 80 °C acontece uma reação na qual estes são convertidos em carbonato de cálcio insolúvel que precipita na forma de calcário nas paredes dos equipamentos (KUNZE, 2006).

Estes depósitos inorgânicos precisam ser retirados para evitar a contaminação do suco e evitar a formação de uma camada que reduz a eficiência térmica dos pasteurizadores. Comumente são utilizados detergentes a base de ácido nítrico, ácido fosfórico, ou uma mistura de ambos para a solubilização e remoção destes compostos (TETRA PAK, 2004).

Uma falha na remoção destas sujidades orgânicas e inorgânicas pode ocasionar o surgimento de depósitos de origem biológica, na forma de biofilmes. O biofilme é uma população de microrganismos protegidos por uma matriz extracelular polimérica (NOBILE; MITCHELL, 2007). Sua formação começa com a adesão reversível de microrganismos à superfície, mediante forças de van Der Waals e eletrostáticas, depois se torna uma adesão irreversível mediante a produção de exopolissacarídeos, que mantém aderidos os microrganismos entre si e com a superfície, formando micro colônias dentro do biofilme, finalmente com um biofilme maduro produzem-se flocos que se desprendem para formar novas colônias (MYSZKA; CZACZYK, 2011).

Para evitar a formação destes biofilmes é muito importante a etapa de sanitização posterior à limpeza, esta etapa pode ser realizada com água quente ou agentes oxidantes como ácido peracético, cloro ou peróxido de hidrogênio. (GIBSON *et al.*, 1999).

Para que se tenha um processo de CIP eficiente a circulação das soluções de limpeza deve ocorrer sob elevada turbulência, na temperatura e concentração adequadas e durante um tempo suficiente para que se garanta a remoção completa dos resíduos.

Sinner, em 1960, estabeleceu que os quatro fatores de limpeza: turbulência, temperatura, concentração e tempo, interagem entre si, e que se um dos quatro for alterado, precisa-se compensar com os outros fatores para se obter os mesmos resultados. Esta interação é apresentada na Figura 3.

Figura 2 – Interação dos parâmetros de limpeza



Fonte: LELIEVELD *et al.*, (2005)

Mas, na realidade, o que geralmente acontece é que, a fim de evitar problemas de contaminação, os processos são estabelecidos com todos os quatro fatores exagerados, ou seja, com elevadas concentrações, tempos de recirculação mais longos que o necessário, além de temperaturas e vazões também definidas de maneira inadequada. Como consequência, tem-se um CIP de baixa eficiência, o qual tende a consumir, de forma desnecessária, volumes elevados de soluções de limpeza e de água, maior quantidade de energia e gastando mais tempo do que o necessário.

2.2 Parâmetros de limpeza

2.2.1 Concentração de detergente alcalino

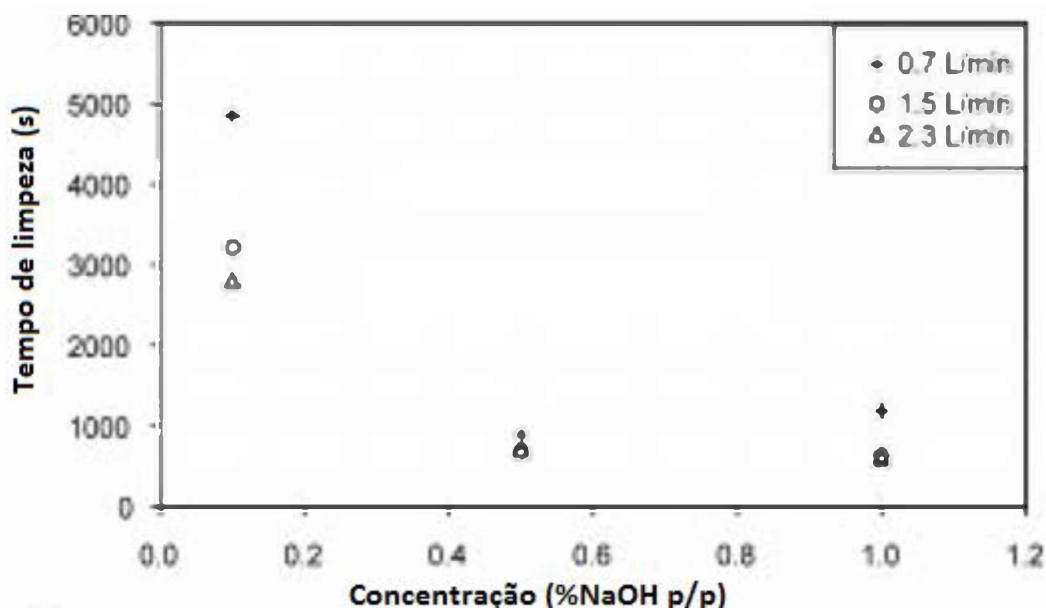
Segundo GALLOT-LAVALLEE *et al.* (1984), um incremento na concentração dos agentes de limpeza reduz o tempo de limpeza.

Posteriormente foi identificado que em concentrações mais altas ocorria um inchaço do depósito, formando o chamado “depósito vítreo”, que inibia o transporte (PLETT, 1985).

Então, estudos começaram a ser realizados para tentar identificar a concentração ótima de hidróxido de sódio para a circulação alcalina. Bird (1992) constatou que a concentração ótima de NaOH estava em torno de 0,5% p/p para a remoção de depósitos de leite em equipamento de bancada. Posteriormente, Tuladhar (2001) determinou uma concentração ótima entre 0,5 e 1,0% p/p de NaOH para remoção dos depósitos de proteína de leite centrada, a temperaturas abaixo de 50 °C.

Christian (2004) realizou experimentos com três velocidades diferentes com o intuito de verificar a influência da concentração no tempo de limpeza de depósitos de proteína de leite. Os resultados são mostrados na Figura 4.

Figura 3 - Variação do tempo de limpeza com vazão e concentração de NaOH



Fonte: CHRISTIAN, 2004

Nota-se que, o aumento da concentração de solução de hidróxido de sódio contribui para reduzir o tempo de limpeza. No caso específico da vazão de 0,7 L/min este comportamento é verificado para valores de concentração que se aproximam de 0,5%. Para valores de concentração maiores do que 0,5% o tempo tende a aumentar. Já no caso dos valores de vazão de 1,5 L/min e 2,3 L/min, o tempo de limpeza tende a se estabilizar.

Atualmente, o hidróxido de sódio é tipicamente usado com concentrações variando entre 0,5 à 2,0 % (p/p) para a maioria das indústrias de alimentos; mas, níveis mais altos de concentração podem ser considerados para aplicações que possuem maior grau de sujidade (TETRA PAK, 2004).

A fonte de hidróxido de sódio pode ser a matéria prima bruta, ou detergentes formulados que contêm em sua composição diferentes produtos auxiliares de limpeza, como mostrado no Quadro 1.

Portanto, a avaliação da concentração de solução alcalina para limpeza não deveria ser determinada apenas pela concentração de hidróxido de sódio. Contudo, por ser este um componente que pode ser mensurado com maior facilidade, é tomado como referência para avaliar a qualidade da solução detergente.

Quadro 1 - Componentes dos detergentes alcalinos

Componentes	Exemplos	Função
Alcalino	Hidróxido de sódio Silicato de Sódio Fosfato Trissódico	Dissolução da sujeira, hidrólise e solubilização de proteínas, saponificação da gordura.
Sequestrantes	Polifosfato de sódio EDTA	Formação de complexos com íons cálcio e magnésio para evitar a precipitação de sais.
Surfactantes	Alquil aril sulfonatos Sulfonatos de alquilo Etoxilatos de alquilfenol	Umidificação, remoção da sujeira, solubilização, emulsificação.
Oxidantes	Peróxido de hidrogênio Hipoclorito de sódio	Intensificar o efeito de limpeza
Outros	Agentes dispersantes	Promover a dispersão
	Antiespumantes	Prevenir formação de espuma
	Inibidores de corrosão	Prevenir corrosão alcalina
	Estabilizantes	Prolongar o tempo de armazenamento

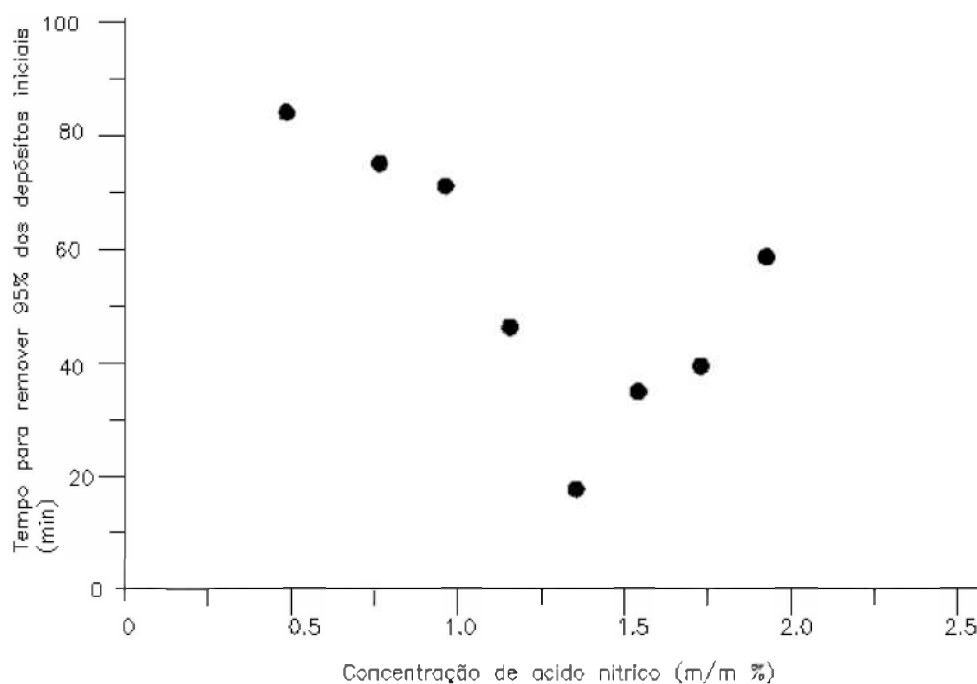
Fonte: LELIEVELD et al., 2005

2.2.2 Concentração de detergente ácido

Da mesma forma que para os detergentes alcalinos, existe uma faixa ótima de concentração dos detergentes ácidos que otimiza o tempo de limpeza.

Fryer *et al.* (1996) realizaram experimentos para a remoção da sujeira proveniente de amidos, e demonstraram que existe uma concentração que otimiza o tempo necessário para remoção de 95% dos resíduos de amido em uma temperatura de 50°C. Os resultados podem ser observados na Figura 5.

Figura 5 - Efeito da concentração de HNO_3 no tempo de limpeza



Fonte: FRYER et al., 1996

O uso de ácido nítrico em concentrações mais altas precisa ser considerado com cuidado, já que pode atacar materiais poliméricos e aço inoxidável, sendo assim ele é utilizado tipicamente na faixa de 0,5 - 1,5% p/p (TETRA PAK, 2015).

2.2.3 Temperatura

Em geral, à medida que a temperatura aumenta, a taxa de limpeza aumenta como relatado por vários autores (ALFA LAVAL AB, 1995; HANKINSON; CARVER, 1968; DE GOEDEREN *et al.*, 1989; FRYER BIRD, 1994).

Isto porque o aumento da temperatura reduz a tensão superficial e a viscosidade da solução de limpeza, além aumentar a velocidade de reação entre os detergentes e a sujidade (LELIEVELD *et al.*, 2005).

Timperley e Smeulders (1988) investigaram o efeito da temperatura entre 60 e 90 °C na limpeza de um pasteurizador, usando um único estágio de limpeza. Eles observaram uma diminuição de 40% no tempo de limpeza quando a

temperatura do fluido foi aumentada de 60 para 75 °C, e 60% aumentando de 60 para 90°C.

Porém, um aumento exagerado da temperatura pode ocasionar mudanças na estrutura dos resíduos, como por exemplo, a desnaturação de proteínas acontece em temperaturas acima de 85 °C, isso ao invés de facilitar, dificulta a limpeza, podendo ocorrer mudanças nas propriedades dos detergentes, especificamente na estabilidade física, formando precipitados ou filmes (LELIEVELD *et al.* 2005).

Como regra geral, um equipamento deve ser limpo na mesma temperatura em que está processando os alimentos (TETRA PAK, 2015). No Quadro 2 são apresentados exemplos de temperaturas usuais de processos.

Quadro 2 - Temperaturas usuais de CIP

Tipo de detergente	Faixa de temperatura (°C)	Equipamentos a serem limpos
NaOH	60 a 80	Tanques e tubulações
	70 a 90	Pasteurizadores
	90 a 140	Pasteurizadores UHT
HNO ₃	60 a 65	Tanques, tubulações e pasteurizadores
	80 a 85	Pasteurizadores UHT

Fonte: TETRA PAK (2015.)

2.2.4 Vazão

A remoção de sujidades de um equipamento deve contar com a ação mecânica, que decompõe a sujeira e colabora na sua remoção das superfícies (ANDRADE; MACEDO, 1996).

Vários estudos já foram realizados para mostrar o efeito da velocidade de escoamento no tempo de limpeza. Um estudo realizado por Timperley e Smeulders (1988) sobre a limpeza de um permutador de calor mostrou que o tempo de limpeza reduz com o aumento da velocidade, porém, a taxa de melhoria diminui à medida

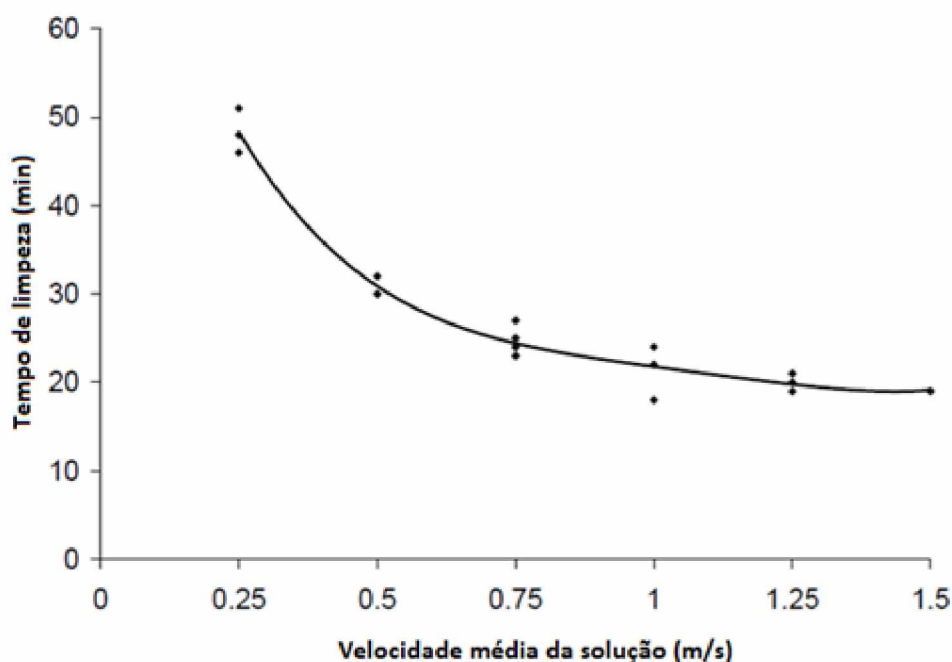
que a velocidade aumenta, até ocorrer uma assíntota em torno de 1,5 m/s, como pode ser visto no gráfico apresentado na Figura 6.

Tamime (2008) também afirma que não há nenhum ganho na eficiência de limpeza para velocidades superiores a 2,1 m/s.

Deve-se lembrar que, para uma mesma velocidade pode-se ter diferentes tensões de cisalhamento nas paredes do tubo. Por exemplo, o cotovelo da tubulação mostrado na Figura 7 (adaptada de TETRA PAK, 2015) tem regiões de altas tensões (em vermelho) e baixas tensões (em azul).

A probabilidade de ocorrer problemas de limpeza em áreas assinaladas na cor vermelha é baixa; mas podem surgir problemas nas áreas azuis se a velocidade média não for alta o suficiente (TETRA PAK, 2015).

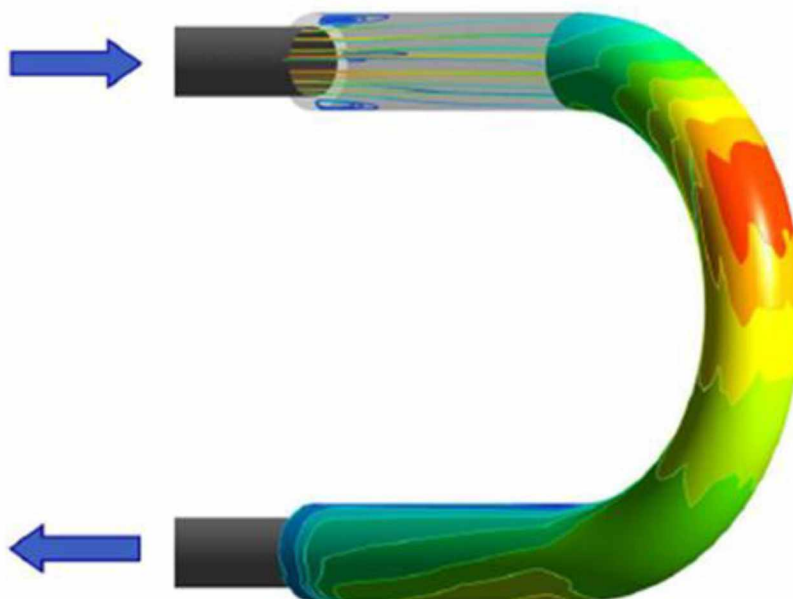
Figura 6 - Efeito da velocidade no tempo de limpeza



Fonte: TIMPERLEY; SMEULDERS (1988)

Vazões correspondentes a uma velocidade média de 1,5 m/s foram usadas com sucesso para CIP em muitas instalações de processamento de alimentos. Nesta velocidade, o fluxo turbulento é garantido para tubos retos com um diâmetro interno acima de 0,01 m (LELIEVELD *et al.*, 2005).

Figura 4 - Simulação de tensões cisalhantes em uma curva



Fonte: TETRA PAK (2015)

Portanto, é irrelevante que se calcule a velocidade média da solução CIP, e certifique-se que a mesma está próxima a 1,5 m/s. Para este cálculo, deve-se considerar o diâmetro interno para determinar a área que o fluido atravessa. No Quadro 3, são exibidos alguns exemplos de vazão requeridas para se atingir a velocidade média de projeto para diferentes tubulações.

Quadro 3 - Recomendação de vazão para diferentes tubulações

Diâmetro nominal da tubulação	Diâmetro externo	Espessura da parede	Diâmetro interno	Vazão requerida
(pol.)	(mm)	(mm)	(mm)	(m³/h)
1"	25,4	1,2	23,0	2,2
1 ½"	38,1	1,2	35,7	5,4
2"	50,8	1,2	48,4	9,9
2 ½"	63,5	1,6	60,3	15,4
3"	76,2	1,6	73,0	22,6
4"	101,6	1,6	98,4	41,0
5"	127,0	1,6	123,8	64,9
6"	152,4	1,6	149,2	94,3

Fonte: TETRA PAK (2015)

2.2.5 Tempo

O tempo refere-se à duração das diferentes etapas do CIP e a frequência com que é feita a limpeza. No que se refere às etapas de CIP o tempo precisa ser o suficiente para permitir dissolução, arraste e remoção das sujidades. Já a frequência de CIP deve ser calculada de tal forma a evitar que a multiplicação microbológica alcance níveis perigosos (TAMIME, 2008).

O tempo de escoamento das soluções, em cada etapa do processo de higienização, é o parâmetro de maior facilidade de manipulação e, por isso, o fator preferido de redução. Porém, se alterado de forma não criteriosa pode ocasionar a não efetividade do processo (GORMEZANO, 2007).

No Quadro 4 são encontrados alguns exemplos das chamadas “receitas de CIP” utilizadas no processamento de indústrias de suco de laranja.

Quadro 4 - Receitas de CIP para processamento de suco de laranja.

Frequência	Superfícies	Etapa de limpeza	Temperatura (°C)	Duração (minutos)
Diário	Não aquecidas	Pré-enxágue	Ambiente	3 a-5
		Circulação alcalina	Ambiente	10
		Enxágue	Ambiente	5
Diário	Aquecidas	Pré-enxágue	Ambiente	3 a 5
		Circulação alcalina	70	20
		Enxágue	Ambiente	10
Semanal		Pré-enxágue	Ambiente	3 a 5
		Circulação alcalina	70	20
		Enxágue	Ambiente	5
		Circulação ácida	65	10
		Enxágue	Ambiente	10

Fonte: Adaptado de TETRA PAK (2015)

2.3 Componentes do CIP

Basicamente, um sistema CIP é composto por um subsistema de armazenamento e envio de detergentes concentrados e por um subsistema de armazenamento e envio de solução de limpeza. Dependendo das necessidades do projeto, pode ser feita a automação destes sistemas.

2.3.1 Subsistema de armazenamento e envio de detergentes concentrados

Os equipamentos para armazenamento e envio de detergentes concentrados devem ser resistentes aos produtos e adequados a aplicações em indústrias de alimentos. Comumente são utilizados plásticos, por serem relativamente baratos em comparação com os metais que possuem mesma a resistência. Os seguintes plásticos são considerados fáceis de limpar e são adequados para uso em aplicações higiênicas (LEWAN, 2003).

- Polipropileno (PP)
- Cloreto de polivinila (PVC) - não plastificado
- Copolímero de acetal (AC)
- Policarbonato (PC)
- Polietileno de alta densidade (HDPE)

Na Figura 8 estão ilustrados alguns tanques comuns para armazenagem de produtos concentrados à base de hidróxido de sódio e ácido nítrico.

Figura 8 - Fotos ilustrativas dos reservatórios de detergentes concentrados



Fonte: < https://www.alpinatermoplasticos.com.br/tanques_quimicos_liquidos.php >

Para envio das soluções de produtos químicos ao equipamento de processo a ser limpo, normalmente são utilizadas bombas pneumáticas de polipropileno. Uma atenção especial deve ser dada ao ácido nítrico que requer bombas específicas revestidas por materiais poliméricos, um exemplo de bomba para esta finalidade é ilustrada na Figura 9.

Figura 9 – Foto de bomba pneumática típica resistente a ácido nítrico



Fonte: < <https://bombasmb.com/bomba-pneumatica-de-plastico-mbv20-pp/> >

2.3.2 Subsistema de armazenamento e envio de solução de limpeza

Este subsistema é composto por tanques de solução CIP, bombas centrífugas radiais, tubulações para avanço e retorno de solução, e dispositivos aspersores.

Os tanques de solução CIP devem ter capacidade suficiente encher toda a maior linha do sistema, incluindo tanques de equilíbrio, tubulações de avanço e retorno, entre outros, e ainda restar 20% do volume total (TAMIME, 2008).

A seleção da bomba centrífuga adequada é obtida através da avaliação de pressões, cotas do sistema, velocidades e perdas de carga, de tal forma que garanta um fluxo turbulento no sistema (FORNI, 2007).

Os dispositivos aspersores de solução anteriormente citados são elementos que permitem a aplicação da solução química nas superfícies de tanques. Os principais modelos de aspersores de solução são o *spray ball*, o *flying saucer* e os aspersores rotativos. Na Figura 10 estão ilustrados os aspersores tipicamente usados em sistemas de limpeza CIP. O *spray ball* é o modelo mais comum e amplamente utilizado nas indústrias (FORNI, 2007).

Figura 10 – Foto de *Spray ball*, *flying saucer* e aspersor rotativo



Fonte: Fonte: FORNI (2007)

Na Figura 11 é mostrada uma central CIP, muito comum nas indústrias de bebidas e alimentos. É possível notar os tanques de solução alcalina, de solução ácida, e de água de enxágue, além de válvulas, tubulações, e a bomba centrífuga e o painel de comando local.

Uma questão fundamental é que estes equipamentos tenham um design sanitário, para evitar acúmulo de sujidades ou água durante muito tempo como, por exemplo, válvulas que permitam acumulação de resíduo, ramificações de tubulações que não são mais utilizadas, ou até mesmo, diâmetro muito grande em alguma secção, de modo que a solução detergente não consiga preencher todo o espaço. Esses espaços ou regiões nas tubulações ou nos equipamentos nos quais as soluções de limpeza nem atingem ou atingem, mas sem velocidade suficiente, são conhecidos como pontos mortos (JACQUES *et al.*, 2003).

Figura 11 – Foto de Central CIP típica



Fonte: TAMIME (2008)

Outro fator que influencia a higienização é o tipo de superfície dos equipamentos, sendo de extrema importância as características da mesma, pois os ciclos de limpeza ácida e alcalina podem ser extremamente agressivos para as superfícies. Estas condicionantes exigem que as superfícies dos equipamentos sejam de aço inoxidável polido, AISI 304 ou 316. O polimento deve ser sanitário, que exige rugosidades menores que 0,8 μm na superfície dos equipamentos e menores que 1,6 μm nas soldas (NIKOLEISKI, 2012).

2.3.3 Automação do sistema

Dependendo das necessidades específicas do projeto, e da quantidade de recursos financeiros, podem ser instalados sensores, atuadores e controladores para automatizar o sistema CIP.

O método mais comum de correção automática da concentração de detergente é através de um sistema utilizando um controlador e um condutivímetro. O condutivímetro aplica uma corrente elétrica alternada entre dois eletrodos imersos em uma solução e envia o sinal da tensão resultante para o controlador. Na Figura

12 são apresentadas as várias maneiras de instalação de um condutivímetro. Um detalhe importante é que, a instalação em um ângulo de 15° em seções verticais evita a formação de bolhas que poderiam atrapalhar a leitura.

Figura 12 – Foto de possíveis maneiras de instalação de um condutivímetro

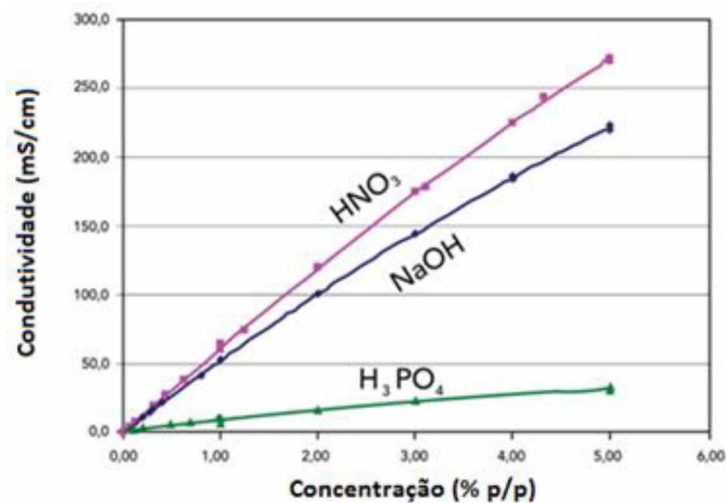


Fonte: < <https://www.sensorsmag.com/components/applying-and-maintaining-analytical-sensors> >

A condutividade depende de vários fatores como composição química, concentração, mobilidade de íons, valência de íons e temperatura, além de que a condutividade não é muito sensível a soluções que contenham quantidades significativas de sujidades. Portanto, é necessário que se tenha um controle da temperatura, no caso de linhas aquecidas e que seja feita a calibração periódica do condutivímetro. (HALLIDAY; RESNIK, 2004; TAMIME, 2008).

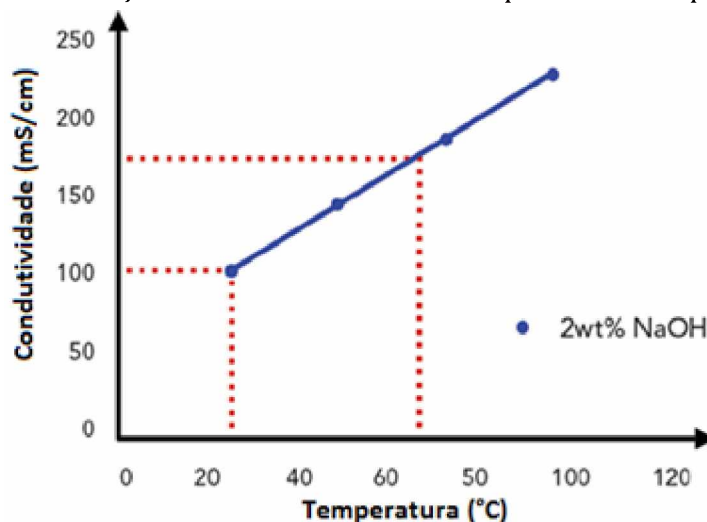
Na Figura 13 é mostrada a dependência da condutividade com a concentração, e na Figura 14 com a temperatura.

Figura 13 - Relação entre condutividade e concentração à 25°C



Fonte: TETRA PAK (2015)

Figura 14 - Relação entre condutividade e temperatura à 2% p/p NaOH



Fonte: TETRA PAK (2015)

2.4 Configurações do sistema CIP

As soluções de limpeza podem ser de uso único ou multiuso, isso depende das práticas de processamento e da carga de sujeira no equipamento de processo. A solução de multiuso pode ser drenada após algumas centenas de ciclos de limpeza por motivos como cor, odor, material flutuante, sólidos suspensos, entre outros. (MERIN *et.al.*, 2001).

2.4.1 Sistema de uso único

No sistema de uso único, uma solução de limpeza recém preparada é empregada, feita circular pelo equipamento a ser limpo e depois drenada. Este sistema é usado nas situações em que: *i*)- há um elevado grau de sujidade, *ii*)- quando a contaminação cruzada deve ser evitada, ou *iii*)- quando se requer garantir esterilidade total. É um sistema mais simples, que requer um menor investimento inicial e que apresenta custo variável mais elevado (LELIEVELD *et al.*, 2005).

2.4.2 Sistema de multiuso

Segundo Davis (1980) e Hambilin (1990) há métodos de otimizar o sistema anterior, nos casos em que a solução de pode ser utilizada para o pré-enxaguamento de um programa de higienização subsequente, antes de ser descartada.

No caso de soluções CIP proveniente de equipamentos com total esterilidade, pode-se reutiliza-la em outras áreas da fábrica. Um exemplo dessa configuração é o uso de soluções cáusticas diluídas usadas para evaporadores na indústria de laticínios (BHAVE *et al.*, 2001).

Em alguns processos em que não há presença de muitos resíduos, graças ao pré-enxágue que remove a sujeira grosseira, as soluções de limpeza ficam quase limpas podendo ser reutilizadas em futuros ciclos de limpeza. A recuperação de soluções é feita graças à automação do processo baseado em sensores de condutividade que permitem separar as soluções de limpeza da água durante as distintas etapas do CIP (LELIEVELD *et al.* 2005).

2.5 Mão de obra

Para realização do CIP deve haver pessoal suficiente em todos os níveis, com habilidade, treinamento, experiência e qualificações apropriadas às tarefas que

lhes são atribuídas. Seus deveres e responsabilidades devem ser claramente explicados e registrados como instruções de trabalho (LELIEVELD *et al.*2005).

No nível operacional os colaboradores devem estar devidamente instruídos a respeito do método de realização do CIP, coleta de amostras e manuseio adequado de produtos químicos. No laboratório os analistas devem ter conhecimento das análises necessárias para liberação do CIP, que incluem análise de concentração de soda e ácido, e análise da água de enxágue, para garantir que não há nenhum residual dos produtos de limpeza. Além disso, todo o pessoal de produção e controle de alimentos deve ser treinado nos princípios de BPF, em todos os aspectos relevantes da higiene alimentar e na prática e princípios subjacentes das tarefas a eles atribuídas (LELIEVELD *et al.*2005).

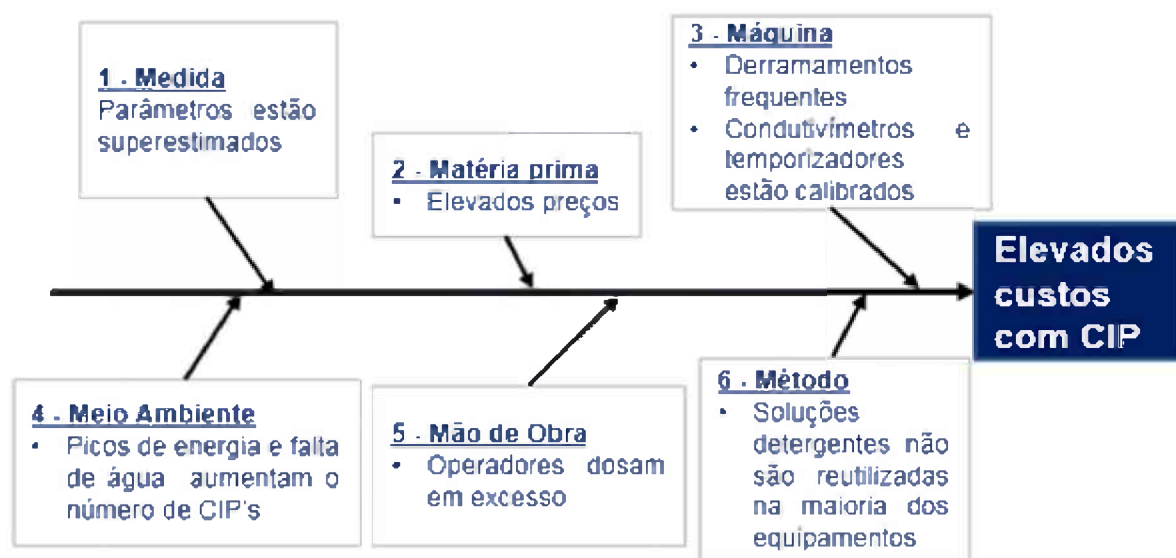
3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo aborda os problemas encontrados na fábrica utilizada como cenário para este estudo, com o objetivo principal de reduzir os custos com o emprego do sistema de limpeza CIP.

Como guia nesta busca por pontos de melhoria foram utilizadas algumas ferramentas de gestão da qualidade, que em conjunto com a revisão bibliográfica realizada servirão de base na elaboração de um plano de ação para a proposta de melhorias operacionais para o processo de limpeza CIP.

Para análise das causas raízes foi elaborado, com o apoio da equipe de produção da empresa, um Diagrama de Ishikawa, como apresentado na Figura 15.

Figura 15 - Diagrama de Ishikawa



Fonte: O Autor (2019)

Este diagrama é uma ferramenta muito utilizada nas indústrias, e se baseia numa ramificação das causas raízes de um problema, agrupadas nos 6 *M*'s: medida, matéria prima, máquina, meio ambiente, mão de obra e método.

Após determinação das possíveis causas raízes dos problemas enfrentados no cotidiano do processo foi feito um estudo detalhado dos problemas como apresentado a seguir.

3.1 Primeiro M: Medida

Para verificar se os parâmetros estão superestimados, foi realizada uma coleta de dados, acompanhando o CIP de todos os equipamentos da unidade e os valores de tempo, temperatura e vazão foram relacionados conforme exibido no Quadro 5.

Quadro 5 - Parâmetros de CIP da unidade em estudo

Equipamento		Volume (L)	Tempo mínimo (min)					Temperatura (°C)		Vazão (m³/h)
			Pré-enxágue	Soda	Enxágue interm.	Ácido	Enxágue final	Solução alcalina	Solução ácida	
ENVASE	PET	500	2,5	35,0	5,0	35,0	6,7	85	50	20,0
	SIG 1	700	5,0	25,0	7,0	10,0	10,0	65	60	16,0
	SIG 2	700	5,0	25,0	7,0	10,0	10,0	70	60	16,0
	SIG 3	700	5,0	25,0	7,0	10,0	10,0	65	60	16,0
PASTEURIZAÇÃO	PET	2.500	6,7	30,0	16,7	30,0	16,7	90	70	26,0
	SIG 1	1.800	5,0	30,0	18,3	30,0	18,3	85	65	15,5
	SIG 2	1.800	5,0	30,0	26,7	30,0	28,3	85	60	15,5
	SIG 3	1.800	6,7	30,0	18,3	30,0	15,0	85	60	16,0
LINHAS FRIAS	Extração	280	5,0	25,0	5,0	-	-	25	-	12,0
	DS	200	3,0	30,0	5,0	-	-	25	-	12,0
	Xaroparia	800	3,0	25,0	5,0	-	-	25	-	12,0
	Formulação	1000	5,0	25,0	5,0	-	-	25	-	12,0

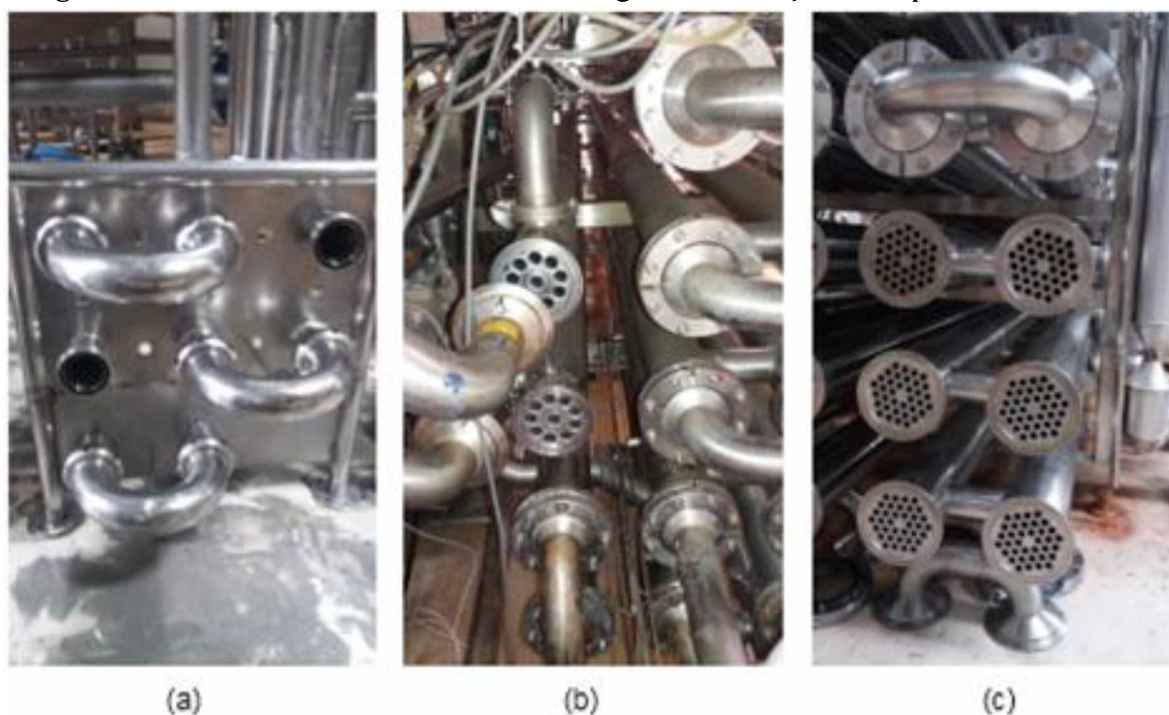
Fonte: O Autor (2019)

Comparando-se os valores apresentados no quadro acima com os valores mostrados no Quadro 4 (Item 2.2.5), nota-se que quase todos os parâmetros de tempo e temperatura estão conforme os valores usuais, exceto o tempo de pré-enxágue da máquina de envase de embalagens PET, que é realizado com 2,5 minutos ao invés de 3 minutos, e as temperaturas de circulação de solução ácida, que estão abaixo de 65°C. Mas, como foi citado no item 2.2.3, a temperatura de remoção dos resíduos deve ser a mesma na qual estes foram gerados, ou seja, é uma especificidade de cada equipamento do processo produtivo.

Para analisar os valores de vazão foi necessário observar o ponto de diâmetro máximo do equipamento de processo e comparar o valor encontrado com a aquele apresentado no Quadro 3 (item 2.2.4). Sabe-se que, todas as tubulações

possuem diâmetro máximo de 2,5 polegadas (como pode ser visto nas Figuras 16-a e 16-b). A exceção fica por conta do pasteurizador PET, cujo ponto de diâmetro máximo encontra-se nas curvas de conexão, que possuem 3 polegadas de diâmetro nominal (Figura 16-c). Portanto, no sistema em estudo, todas as vazões proporcionam uma média de velocidade maior ou igual a 1,5 m/s, uma vez que os valores praticados se encontram acima de 15,4 m³/h e no caso do pasteurizador PET, acima de 22,6 m³/h.

Figura 16 - Fotos mostrando o diâmetro de algumas tubulações e respectivos acessórios



Fonte: O Autor (2019)

Portando, se não há problemas com relação aos parâmetros tempo, temperatura e vazão utilizados na operação do sistema CIP, as concentrações de detergentes não precisam compensar nenhum fator, ou seja, devem estar compreendidas no intervalo indicado pelos autores citados nos itens 2.2.1 e 2.2.2, garantindo assim que se terá um CIP eficiente.

Um levantamento de dados experimentais de concentração média de solução ácida e alcalina no mês de janeiro de 2018 foi realizado, sendo os valores obtidos apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 - Valores de concentração e média no mês de janeiro.

Equipamento		Valor para detergente ácido (%p/v)	Valor para detergente alcalino (%p/v)
ENVASE	PET	0,5 a 1,5	2,0 a 2,5
	SIG 1	0,5 a 1,5	2,0 a 2,5
	SIG 2	0,5 a 1,5	2,0 a 2,5
	SIG 3	0,5 a 1,5	2,0 a 2,5
PASTEURIZAÇÃO	PET	0,5 a 1,5	3,5 a 5,0
	SIG 1	0,5 a 1,5	2,0 a 2,5
	SIG 2	0,5 a 1,5	2,0 a 2,5
	SIG 3	0,5 a 1,5	2,0 a 2,5
LINHAS FRIAS	Extração	-	2,0 a 2,5
	DS	-	2,0 a 2,5
	Xaroparia	-	2,0 a 2,5
	Formulação	-	2,0 a 2,5

Fonte: O Autor (2019)

Podem ser encontrados na literatura especializada valores típicos recomendados de valores de concentração de soluções de hidróxido de sódio e de ácido nítrico. Contudo, na fábrica em estudo não são utilizados estes produtos na forma de espécie química pura, mas sim na forma de detergentes formulados. Portanto, para que se possa comparar estes valores teóricos com as concentrações de detergentes específicos utilizados deve-se realizar uma conversão transformando as concentrações indicadas de NaOH (%p/p) e HNO₃ (%p/p), para concentrações de detergentes alcalino (% p/v) e ácido (%p/v) respectivamente.

O detergente alcalino utilizado possui especificação de, no mínimo, 42,6% de hidróxido de sódio. Portanto, convertendo os valores usuais de 0,5 à 2,0 (% NaOH p/p), tem-se que os valores mínimo e máximo de concentração de detergente alcalino são respectivamente 1,17% (p/v) e 4,64% (p/v). Já o detergente ácido utilizado possui teor mínimo de 51,5% de HNO₃. Logo, realizando a conversão da faixa de 0,5 à 1,5 (%HNO₃ p/p) citada na literatura especializada, para uma faixa de concentração adequada à prática da empresa em estudo, tem-se que deve ser usado entre 0,97% (p/v) e 2,89% (p/v). Estas conversões de valores de concentração são esquematizadas nas Figuras 17 e 18.

Figura 17 - Conversão de concentração de NaOH para concentração de detergente alcalino

0,5 kg NaOH	1 kg solução	1 kg detergente	$\times 100\% = 1,17\%$	$\frac{\text{kg deterg}}{\text{L solução}}$
100 kg solução	1,003 L solução	0,426 kg NaOH		

2,0 kg NaOH	1 kg solução	1 kg detergente	$\times 100\% = 4,64\%$	$\frac{\text{kg deterg}}{\text{L solução}}$
100 kg solução	1,011 L solução	0,426 kg NaOH		

Fonte: O Autor (2019)

Figura 18 - Conversão de concentração de HNO₃ para concentração de detergente alcalino

0,5 kg HNO ₃	1 kg solução	1 kg detergente	$\times 100\% = 0,97\%$	$\frac{\text{kg deterg}}{\text{L solução}}$
100 kg solução	1,002 L solução	0,515 kg HNO ₃		

1,5 kg HNO ₃	1 kg solução	1 kg detergente	$\times 100\% = 2,89\%$	$\frac{\text{kg deterg}}{\text{L solução}}$
100 kg solução	1,005 L solução	0,515 kg HNO ₃		

Fonte: O Autor (2019)

Portanto, percebe-se que os valores estão compreendidos na faixa de concentração recomendada por diversos autores já anteriormente citados, exceto a concentração do pasteurizador do PET, em que o limite máximo é de 5 % (p/v). Logo, há uma oportunidade de redução no consumo se o valor usualmente praticado for reduzido para 4,5 % (p/v). Outra oportunidade está na alteração do valor da concentração mínima das linhas frias, que poderiam ser até 1,2 % (p/v), devido à baixa incrustação. Entretanto, são operadas com um mínimo de 2,0% (p/v).

Já a faixa de concentração de detergente ácido utilizada está inferior ao valor estabelecido pelos autores de referencia, que seria correspondente a um mínimo de 1 % (p/v). Logo um estudo deve ser realizado para verificar se esse intervalo mínimo de 0,5% (p/v) de detergente, não afeta a qualidade do produto.

3.2 Segundo M: Matéria-prima

Os detergentes utilizados para limpeza de equipamentos industriais são produtos formulados, com aditivos especiais, conforme citado no item 2.2.1, para que possam reduzir o tempo de inatividade das máquinas. Logo, são produtos de elevado valor agregado. Entretanto, a cada dia surgem novas empresas neste mercado, fornecendo tais produtos por com menor preço, o que abre perspectiva para significativa oportunidade de redução de custos para as empresas de bebidas e alimentos, se não fosse a dúvida pelo desconhecido.

Para suprir esta dúvida e avaliar a troca de fornecedores é necessário que se faça um orçamento detalhado, especificando concentração de princípio ativo e a concentração indicada de uso, além de serem necessárias análises laboratoriais de amostras para certificação de que os valores corretos de concentração estão sendo obedecidos. No Quadro 7 é apresentado um exemplo típico de planilha a ser usada para fins de orçamento.

Quadro 7 - Tabela para orçamento de detergentes.

Descrição	Volume solução requerido (m ³ /mês)	Nome do Produto	Teor min. de princípio ativo (%p/p)	Faixa de conc. de indicada para uso (%p/v)	Concentração média de uso (%p/v)	Consumo (kg/mês)	Preço produto (R\$/kg)	Custo mensal (R\$/mês)
Detergente ácido para CIP	232		___ % HNO	___% - ___%	___%			
Detergente alcalino para CIP	714		___ % NaOH	___% - ___%	___%			

Fonte: O Autor (2019)

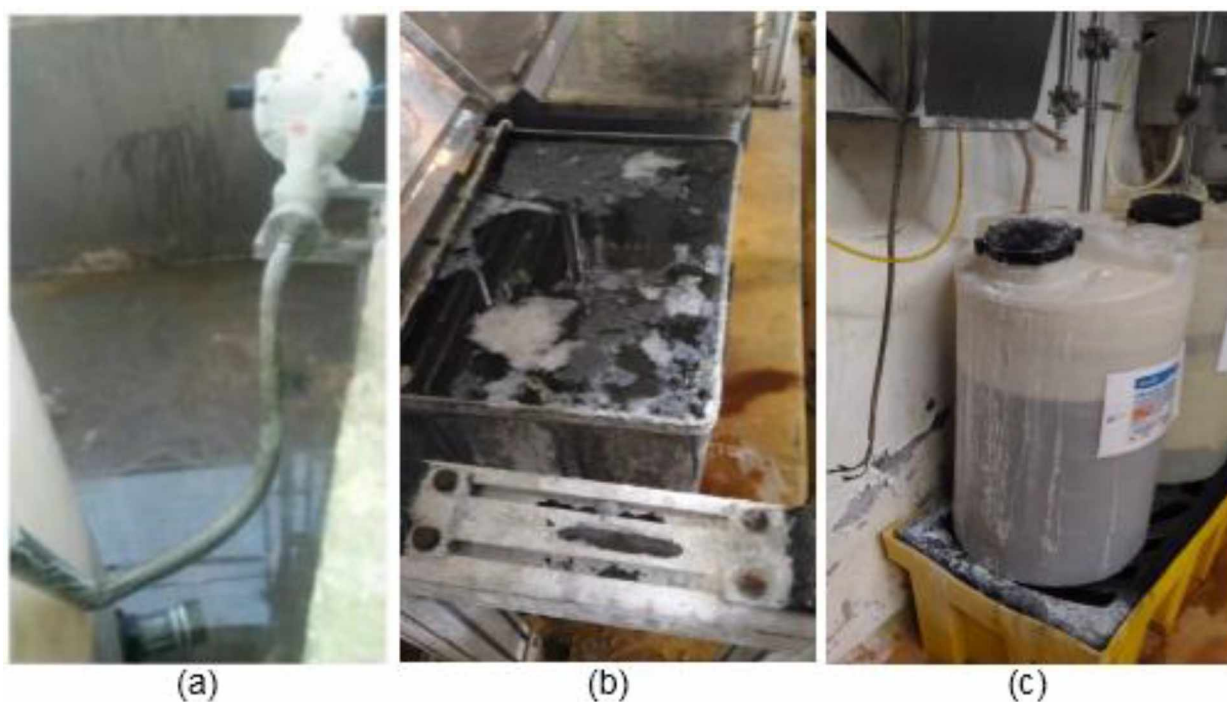
3.3 Terceiro M: Máquina

Nesta etapa foram verificadas as possíveis causas de desperdício de detergentes relacionadas aos equipamentos. Durante o ano de 2018 foram detectados alguns pontos críticos vazamento e demais pontos de melhoria.

Começando pela “Ilha Química”, que é o ponto central de abastecimento, foi verificado que a válvula instalada na parte inferior do tanque apresentava vazamento, com o consequente derramamento de detergente alcalino. Na Figura

19(a) é ilustrado este caso. Também foram identificados derramamentos de produtos nos reservatórios de detergentes dos pasteurizadores e máquinas de envase, como mostrado nas Figuras 19(b) e 19(c) respectivamente. Estes vazamentos ocorriam devido à incrustação ou mau contato dos relês dos sensores de nível. A incrustação se formava devido a reação de carbonatação do hidróxido de sódio em contato com o ar e o mau contato se deve a uma reação de oxidação dos fios de cobre que acontece na presença de vapor de ácido nítrico.

Figura 19- Fotos mostrando o derramamento de detergente concentrado



Fonte: O Autor (2019)

Além dos vazamentos, também foram detectados problemas nos sistemas de dosagem de detergentes. Alguns condutivímetros estavam descalibrados, fornecendo leituras de valores errados de concentração para os controladores e os temporizadores não estavam ajustados para fornecer a concentração correta.

3.4 Quarto M: Meio Ambiente

A ocorrência de picos de energia ou falta de água fazem com que as máquinas entrem no modo de limpeza e esterilização, pois pode ocorrer alguma perda na esterilidade do processo.

No caso dos picos de energia não há o que fazer; porém a falta de água pode ser corrigida ou pelo menos minimizada pela equipe de utilidades.

3.5 Quinto M: Mão de obra

O CIP do processo só é validado se estiver acima da concentração mínima de detergentes especificadas na Tabela 1, apresentada no subitem 3.1. Foi constatado o comportamento indesejado por parte de alguns operadores do processo que, para não ter o trabalho de dosar o produto novamente e ter que levar outra amostra ao laboratório, dosavam mais detergente que o necessário.

As análises de concentrações são registradas em uma planilha de controle do laboratório. Um exemplo típico é mostrado na Figura 20.

Figura 20- Planilha típica empregada no controle de concentrações

DATA	HORA	OPERAÇÃO (descrever: CIP soda e/ou CIP ácido)	LINHA DA EXTRAÇÃO	SODA 2,0-2,5%	ÁCIDO PERACETICO 0,15-0,30%	RESULTADO DA ÁGUA DE ENXÁGUE Fenol/Paleina	RESULTADO DA ÁGUA DE ENXÁGUE Alarajado de mal	LIBERAÇÃO
20/01/2018	06:59	CIP SODA E ACIDO	TURBO EXTRATOR	4,64	0,78	ok	ok	ok
21/01/2018	06:50	CIP SODA E ACIDO	TURBO EXTRATOR	2,05	0,67	ok	ok	ok
22/01/2018	06:50	CIP SODA E ACIDO	TURBO EXTRATOR	2,71	0,24	ok	ok	ok
23/01/2018	06:53	CIP SODA E ACIDO	TURBO EXTRATOR	4,78	0,78	ok	ok	ok
24/01/2018	06:40	CIP SODA E ACIDO	TURBO EXTRATOR	3,21	0,45	ok	ok	ok
25/01/2018	06:49	CIP SODA E ACIDO	TURBO EXTRATOR	4,85	0,45	ok	ok	ok
26/01/2018	07:00	CIP SODA E ACIDO	TURBO EXTRATOR	4,1	0,78	OK	OK	OK
27/01/2018	06:45	CIP SODA E ACIDO	TURBO EXTRATOR	3,92	0,42	ok	ok	ok
28/01/2018	06:48	CIP SODA E ACIDO	TURBO EXTRATOR	2,42	0,56	ok	ok	ok
29/01/2018	06:46	CIP SODA E ACIDO	TURBO EXTRATOR	3,14	0,67	ok	ok	ok
30/01/2018	06:46	CIP SODA E ACIDO	TURBO EXTRATOR	2,78	0,35	ok	ok	ok
31/01/2018	06:50	CIP SODA E ACIDO	TURBO EXTRATOR	4,1	0,24	OK	OK	OK
				↓ Média: 3,7 % m/v				

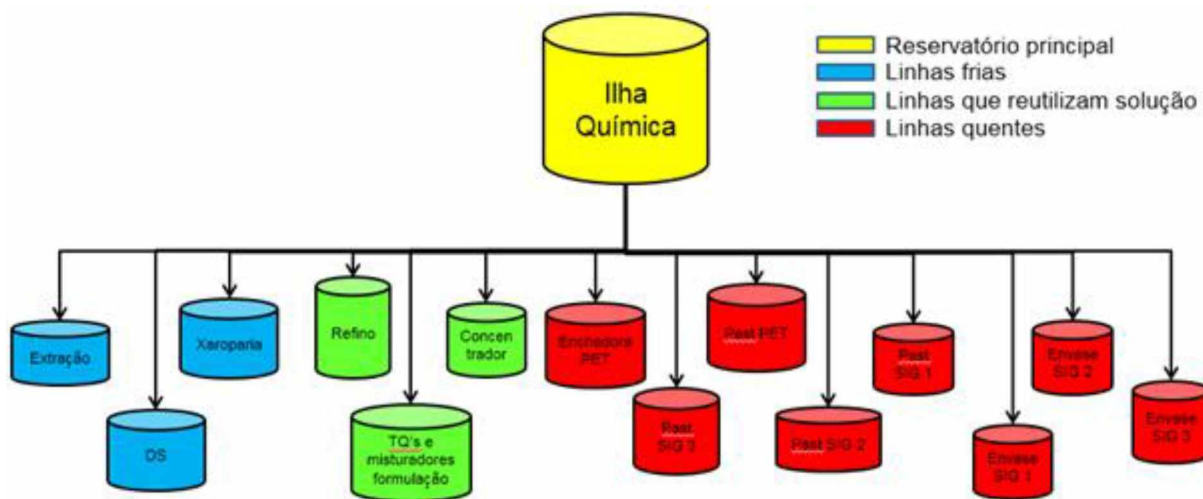
Fonte: O Autor (2019)

Percebe-se que as concentrações de detergente alcalino, estão bem acima do permitido, com valor médio de 3,7 % p/v, sendo que o limite superior estabelecido é 2,5% p/v. Portanto é necessário que se faça um treinamento sobre a maneira correta de realização dos CIP's e que se comece um trabalho de conscientização dos colaboradores quanto aos problemas econômicos e ambientais ocasionados pela dosagem excessiva de detergentes.

3.6 Sexto M: Método

Atualmente são recuperados aproximadamente 15% das soluções CIP da unidade, sendo que as áreas que já praticam o reuso são Refino, Concentrador, Tanques e Misturadores da Formulação. Já as áreas de Extração, DS (destamboramento), Xaroparia, Enchedoras e Pasteurizadores PET e SIG (cartonado) não reutilizam as soluções de limpeza. Um esquema do abastecimento de soluções detergente é mostrado na Figura 21.

Figura 21- Desenho esquemático do abastecimento de detergentes na fábrica



Fonte: O Autor (2019)

Como citado no subitem 2.4.1, em tubulações e equipamentos nos quais se requer esterilidade total, não é permitido o reuso de soluções. Portanto, nos pasteurizadores e máquinas de envase é necessário o uso de soluções virgens para evitar contaminação cruzada ou algum problema microbiológico. Mas, nada impede

que a solução utilizada nesses sistemas possa ser utilizada nas outras linhas antes de ser descartadas. Logo, um estudo deve ser realizado para avaliar o potencial econômico de reutilizar a solução destas linhas nas áreas que ainda não são reutilizadas as soluções.

3.7 Implementação

A partir das causas raízes estudadas, foi elaborado um plano de ação (5W1H), apresentado no Quadro 8.

Quadro 8 - Plano de ação proposto (5W1H)

	Why	Where	How	Who	When
<u>1-Medida</u> Parâmetros CIP superestimados	Concentração pode ser maior que 1,5 % p/v	Linhas Frias	Alteração da norma de concentração das linhas frias de 2,0 – 2,5 para 1,5 – 2,5 % p/v	Wagner/ Qualidade	Fev/18
<u>2-Matéria</u> <u>Prima</u> Elevados preços	Por garantir a qualidade de limpeza	Todos os equipamentos	Avaliar troca de fornecedores	Wagner	Dez/18
3-Máquina Derramamentos	Falha nos sensores de nível / válvula estragada	Reservatórios das máquinas / Ilha Química	Manutenção dos sensores / troca da válvula	Técnico fornecedor/ manutenção mecânica	Jun/18
Temporizadores desregulados	Não correspondem a faixa correta de CIP	Equipamentos das linhas não automatizadas	Ajuste	Técnico fornecedor	Mar/18
<u>4-Meio</u> <u>Ambiente</u>	Falta de água	Nas máquinas de envase e pasteurização	Colocar válvula manual de água	Projetos	Now/18
5- Mão de obra Colaboradores que realizam superdosagem	Falta de conhecimento	Produção	Conscientização	Wagner	Fev/18
<u>6 - Método</u> Possibilidade de reutilização da solução alcalina	Não há alto teor de sujeidade	Das máquinas de envase para a xaroparia	Utilizar um tanque antigo e instalá-lo ao lado da xaroparia para reaproveitar solução provida das máquinas de envase	Wagner/ Projetos	2019

Fonte: O Autor (2019)

4 RESULTADOS

Com a alteração dos parâmetros de concentração de solução alcalina nas linhas frias foi gerada uma economia mensal de aproximadamente três mil reais. No Quadro 9 é apresentado a economia mensal obtida. Foi considerada a realização de 30 CIP's por mês em cada linha, já que são realizados diariamente.

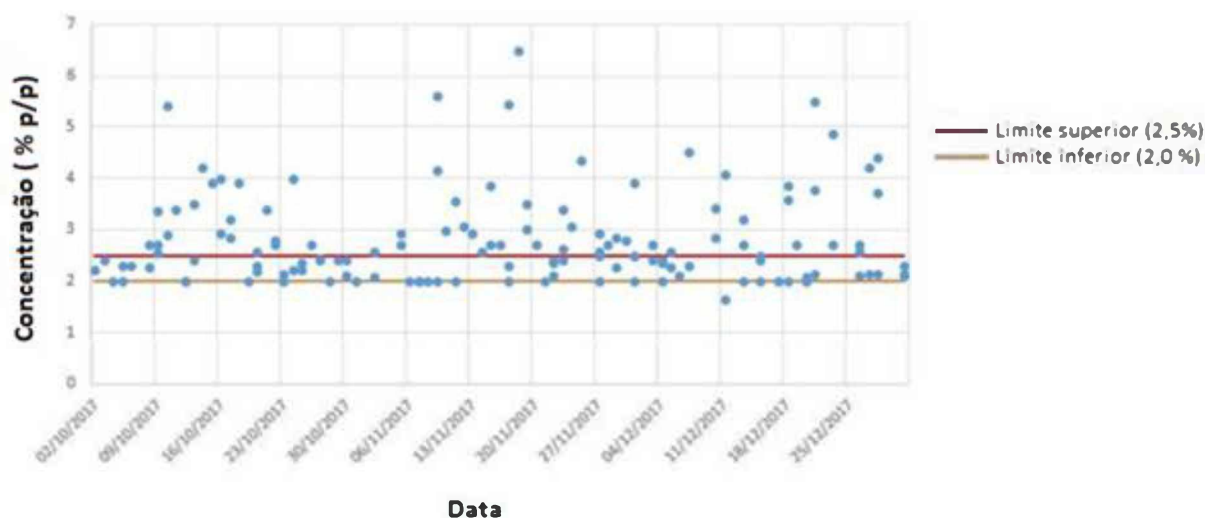
Quadro 9 - Comparativo de custos com CIP antes e após o plano de ação

Custo por CIP	Destamboramento	Xaroparia	Extração
Antes (2,0 a 2,5%)	R\$ 32,63	R\$ 180,94	R\$ 62,71
Atual (1,5 a 2,5%)	R\$ 20,63	R\$ 128,37	R\$ 46,13
Economia mensal	R\$ 1.080,00	R\$ 1.577,10	R\$ 497,40

Fonte: O Autor (2019)

Também houve uma padronização das concentrações, isto porque os equipamentos de dosagem foram calibrados, e os operadores de processo treinados. Esta padronização pode ser notada pelas cartas de controle estatístico de processo antes e depois do plano de ação, apresentadas nas Figuras 22 e 23, respectivamente.

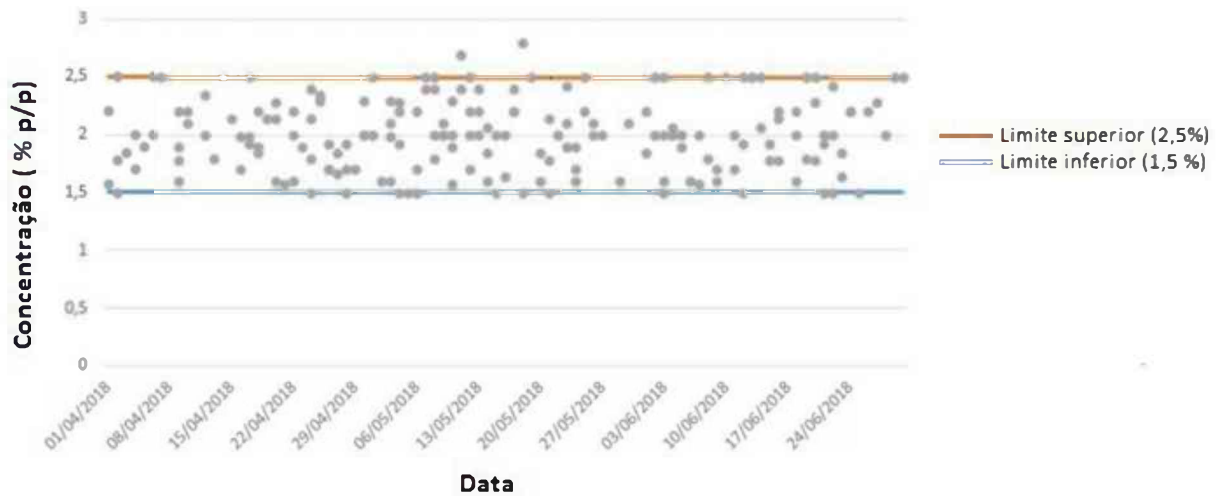
Figura 22- Carta de controle de concentrações antes do plano de ação



Data

Fonte: O Autor (2019)

Figura 23- Carta de controle de concentrações após o plano de ação



Fonte: O Autor (2019)

Com a manutenção preventiva, os problemas de derramamento devido à incrustação dos sensores foram sanados e a válvula da “Ilha química” foi trocada, conforme exibido na Figura 24.

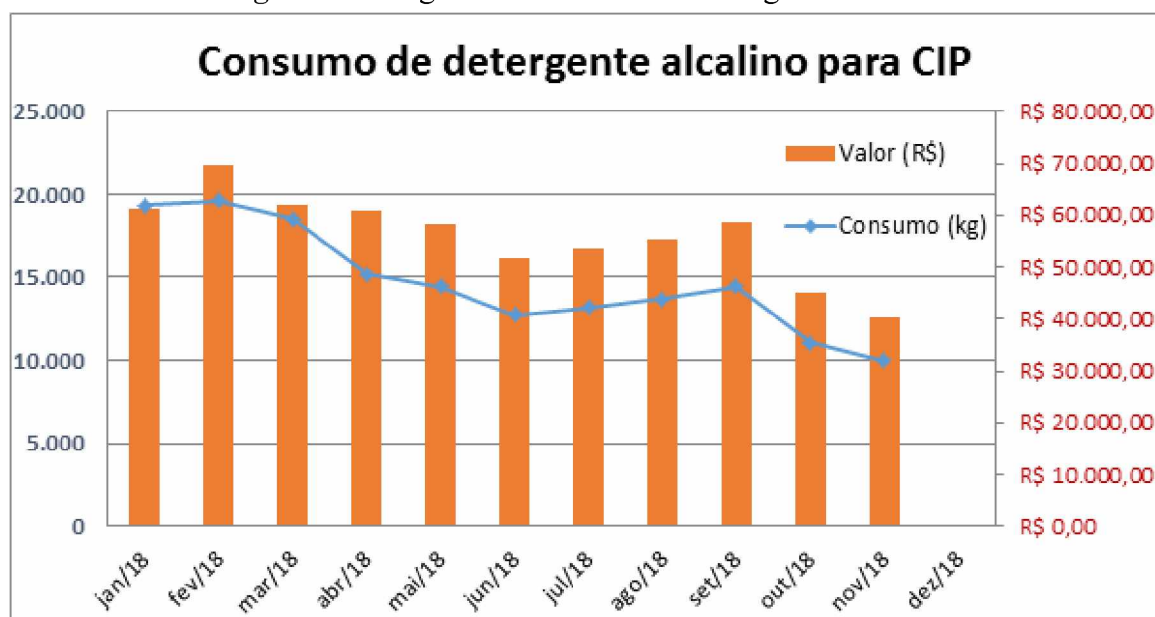
Figura 24 - Problema de derramamento na Ilha Química resolvido



Fonte: O Autor (2019)

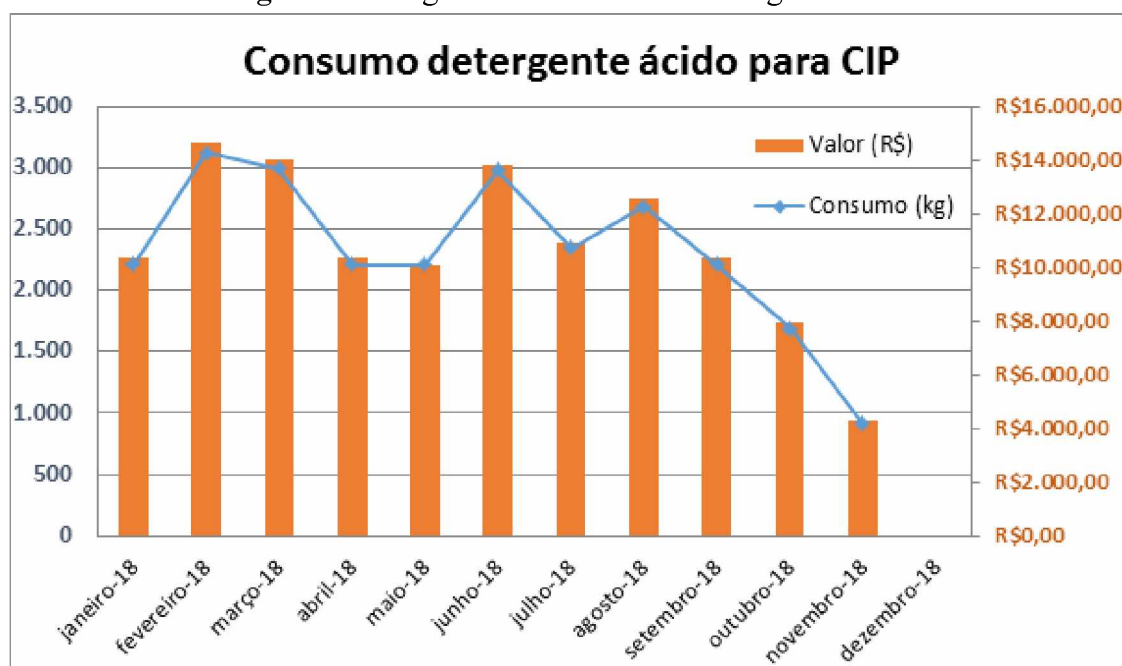
As ações corretivas propostas neste trabalho contribuíram para promover a queda no consumo de detergentes alcalino e ácido, como pode ser observado nos registros de consumo apresentados nas Figuras 25 e 26.

Figura 25 - Registro de consumo de detergente alcalino



Fonte: O Autor (2019)

Figura 26 - Registro de consumo de detergente ácido



Fonte: O Autor (2019)

5 CONCLUSÃO

Com a realização deste trabalho, foi possível verificar que os parâmetros de temperatura, vazão e tempo de funcionamento o sistema CIP da fábrica em estudo estão adequados.

As temperaturas de limpeza estão de acordo com a temperatura de processo, as vazões fornecem velocidades superiores a 1,5 m/s e os tempos estabelecidos estão em conformidade com o que é proposto por diversos autores citados neste trabalho.

Com isso, percebeu-se que o único fator que poderia ser alterado seria as concentrações de detergentes. Então, foram propostas melhorias nos parâmetros de concentração com o intuito de reduzir os custos e o impacto ambiental, sem afetar a qualidade do processo de limpeza.

Também foram estudados os equipamentos e as possíveis configurações do sistema de limpeza CIP, sendo possível concluir que há possibilidade de reuso de insumos na fábrica analisada. Contudo, devem ser feitos estudos mais específicos que demonstrem a viabilidade técnica do projeto.

Após realização das ações corretivas propostas no plano de ação, foi possível verificar que resultados satisfatórios foram alcançados e que a economia mensal de gastos com insumos foi da ordem de vinte mil reais por mês. Foi possível verificar também que houve maior padronização nas concentrações dos detergentes empregados nos processos de limpeza.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIR. **Detalhe do associado EBBA**, 2018. Disponível em: <https://abir.org.br/associado/ebba/>. Acesso em 08 abril 2018

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

ANDRADE, N. J; MACÊDO, J. A. B. **Higienização na indústria de alimentos**. São Paulo: Varela, 1996. P 189.

ALFA LAVAL AB. **Dairy Handbook**. Alfa-Laval, Lund, Sweden, 1995.

BHAVE, R.; JUNG, G.; SONDH, R. **Food processing: Potential savings through ceramic membrane caustic reclaim**. 2001.

BIRD, M. R. **Cleaning of food process plant**. PhD Thesis, University of Cambridge, UK, 1992.

BRIGGS, D. *et al.* **Brewing Science and practice**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2000.

CHRISTIAN, G. K. **Cleaning of carbohydrate and dairy protein deposits**. PhD thesis, University of Birmingham, UK, 2004.

DE GOEDEREN, G.; PRITCHARD, N. J.; HASTINGS, A. P. M. **Improved cleaning processes for the food industry**. In: *Fouling and Cleaning in Food Processing*, Prien, Germany, Kessler, H. G. and Lund D. B., eds. 115±130, 1989.

DAVIS, P.F. **Single use, re-use and multi-use CIP systems**. A seminar on cleaning-in-place, Melbourne, Australian Society of Dairy Technology, 1980.

FORNI, R. **Projeto Mecânico de um Sistema de Higienização CIP (Cleaning in Place)**. 114 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FRYER, P. J. and BIRD, M. R. **Factors which affect the kinetics of cleaning dairy soils**. *Food Sci Technol Today* 8(1) 36±42, 1994.

FRYER, P.; HASTING, A.; JEURNINK, J. **Fouling and cleaning in food processing**, Proceedings of a conference held at Jesus College, Cambridge 23 to 25 March 1994. Brussels: European Commission, 1996.

GALLOT-LAVALLEE, T., LALANDE, M., and CORRIEU, G. **Cleaning kinetics modelling of holding tubes fouled during milk pasteurisation**. *J Food Process Eng* 7 123 - 142, 1984.

GORMEZANO, L. **Desenvolvimento e implementação de sistema para avaliar a cinética de remoção de resíduos presentes nos tubos de trocador de calor feixe tubular**. Dissertação de mestrado, CEUN-IMT, 2007.

GIBSON, H. et al. **Effectiveness of cleaning techniques used in the food industry in terms of the removal of bacterial biofilms**. *Journal of Applied Microbiology*, Malden, v. 87, p. 41- 48, 1999.

HALLIDAY, David, RESNIK Robert, KRANE, Denneth S., **Física 3**, volume 2, 5 Ed. Rio de Janeiro: LTC, 384 p, 2004.

HANKINSON, D. J. and CARVER, C. E. **Fluid dynamic relationships involved in circulation cleaning**. *J Dairy Sci* 51(11) 1761 - 1767, 1968.

HAMBLIN, R. **Design and control of CIP**. CIP: Cleaning in Place. A. J. D. Romney: 153-168, 1990.

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

KUNZE, W. **Tecnología para cerveceros y malteros**. 1.ed. Berlín: VLB Berlin, 2006.

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

LEWAN, M. **Equipment construction materials and lubricants**. In: Hygiene in Food Processing (eds H.L.M. Lelieveld, M.A. Mostert, J. Holah & B. White), pp. 167 - 178, Woodhead Publishing, Cambridge, 2003.

MERIN U., GÉSAN-GUIZIOU G., DAUFIN G. and BOYAVAL E., **Cleaning-in-place in the dairy industry: criteria for reuse of caustic (NaOH) solutions**. EDP Sciences 357 - 366, 2001.

MYSZKA, K.; CZACZYK, K. **Bacterial Biofilms on Food Contact Surfaces – a Review**. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. v. 61, n. 3. p.173-180, 2011.

NOBILE, C.; MITCHELL, A. **Microbial biofilms**. Current Biology, v.17, p 349-353, 2007.

NIKOLEISKI, D. **Principles of hygienic design**. Journal of Journal of Hygienic engineering and design, v. 1, p 15-18, 2012.

PLETT, E. A. **Cleaning of fouled surfaces**. In: Fouling and Cleaning in Food Processing, Lund, D. B., Plett E., and Sandu C., eds, University of Wisconsin, Madison, WI, USA, 286 - 311, 1985.

SINNER, H. **Über das Waschen mit Haushaltwaschmaschinen**. In welchem Umfange erleichtern Haushaltwaschmaschinen und gerate das Waschehaben im Haushalt, Hamburg, 1960

SMIT, G. **Dairy processing: Maximizing Quality**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2003.

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

TIMPERLEY, D. A.; SMEULDERS, C. N. M. **Cleaning of dairy HTST plate heat exchangers: optimization of the single-stage procedure**. J Soc Dairy Technol 41(1) 4 - 7, 1988.

TULADHAR, T. R. **Development of a novel sensor for cleaning studies**. PhD Thesis, University of Cambridge, UK, 2001.

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

TETRA PAK, **A guide to cleaning technology in the food processing industry**, Tetra Pak Processing Systems AB, 2015.