

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

ELEN MACHANOSCK
LUANA FRANCO GOMES

AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO DE
CONCENTRAÇÃO DE SODA EM UMA INDÚSTRIA DE
BEBIDAS NÃO ALCOÓLICAS

ITUIUTABA

2020

ELEN MACHANOSCK
LUANA FRANCO GOMES

AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO DE
CONCENTRAÇÃO DE SODA EM UMA INDÚSTRIA DE
BEBIDAS NÃO ALCOÓLICAS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial
para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador: Prof. Dr. Luís Fernando
Magnanini de Almeida.

ITUIUTABA

2020

AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO DE CONCENTRAÇÃO DE SODA EM UMA INDÚSTRIA DE BEBIDAS NÃO ALCOÓLICAS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial
para obtenção do título de Graduação
no Curso Superior de Engenharia de
Produção da Universidade Federal de
Uberlândia.

Ituiutaba, _____ de _____ de 2020.

Prof. Dr. Luís Fernando Magnanini de Almeida (orientador),
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Prof. Dr. Ricardo Batista Penteado,
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Prof. Dr. Lucio Abimael Medrano Castillo,
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

*Dedicamos este trabalho à Deus, nosso maior orientador no céu e à nossa família,
nossa maior força na Terra.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e a Madre Assunta, por ter ouvido todas as minhas orações e pedidos para que desse tudo certo, por ter me guiado e iluminado até aqui.

Agradeço à minha mãe, Glória, minha irmã, Clara, que são minha base e me motivam diariamente a buscar o melhor e a me dedicar cada vez mais, sempre nós três unidas.

Agradeço aos meus avós, Maria e Clementino que nunca mediram esforços para me ajudar durante essa jornada.

Agradeço ao meu padrinho Sandoval, por sempre me lembrar quais são os meus objetivos e sonhos me motivando à alcançá-los.

Ao meu namorado Bruno, que me acompanhou e esteve ao meu lado durante esse período, me dando apoio nos momentos que mais precisava e por nunca ter me deixado desistir.

Aos meus amigos, Arthur, Betânia, Bruna, Gabriela, Jaqueline e Luiza, por terem sido tão especiais, por toda ajuda e por terem tornado esse caminho mais fácil e alegre.

À Elen, que juntas nos dedicamos para concluir esse projeto, e por trabalharmos quase um ano na mesma empresa me ensinando muito.

Ao nosso orientador Luís Fernando Magnanini de Almeida, que com muita dedicação nos ajudou muito. E a todos os professores do curso que contribuíram para minha formação.

Luana Franco Gomes

Início meus agradecimentos aos meus pais, Marta e João, aos quais serei eternamente grata não só pelo apoio e fé em meu potencial, mas por serem meus exemplos de determinação e resiliência, o que me fez ter forças para trilhar meu caminho até aqui.

Ao meu companheiro de vida, Rafael, por me motivar incondicionalmente, o que me leva a uma busca por melhorar continuamente como profissional e mulher.

Aos meus amigos Evandro, Humberto, Ismail, Maiara, Rafaela, Isabela, Fernanda, minhas inspirações, que me levaram a acreditar que sou capaz de construir meu próprio destino.

À minha parceira de projetos na faculdade, Luana, com quem tive o prazer de trilhar o início de carreira e desenvolver este projeto, por sua energia e dedicação, desenvolvendo em mim o sentimento de inconformismo, buscando sempre por excelência.

Ao orientador deste estudo, Luís Fernando, por compartilhar seu conhecimento e garantir que conseguíssemos desenvolver habilidades que nos tornarão profissionais mais competitivas e preparadas para o mercado. Além de todos os outros docentes do curso de engenharia de produção que contribuem incansavelmente para a formação de profissionais éticos e qualificados.

Elen Machanosck

*“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar.
Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”*

Madre Teresa de Calcutá

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Volume (em milhões de litros) de produção do mercado brasileiro de refrescos e bebidas mistas dos anos de 2010 a 2017	16
Figura 2 - DPMO (defeitos por milhão) e nível sigma.....	17
Figura 3 - Símbolos para fluxograma	21
Figura 4 - Repetibilidade	25
Figura 5 - Estruturação da pesquisa ação.....	27
Figura 6 - Fluxograma do processo de envase	29
Figura 7 - Fluxograma do processo de CIP.....	29
Figura 8 - Pareto do consumo de químicos no ano de 2019.....	30
Figura 9 - Perfil de consumo de soda em quilos antes e depois da instalação do sistema de segurança de dosagem.....	32
Figura 10 - Quantidade de soda adquirida ao mês em 2019 (em quilogramas).....	32
Figura 11 - CIPs programados e não programados versus volume de produção e milhões de caixas no ano de 2019	33
Figura 12 - Tanque de soda graduado (a cada 25 litros)	34
Figura 13 - Plano de amostragem cruzado para estudo R&R.....	36
Figura 14 - Frascos das amostras coletadas.....	36
Figura 15 - Resultados Análise Sistema Medição (titulação)	37
Figura 16 - Ishikawa de análise da variabilidade na análise de concentração de soda	39
Figura 17 - Resultados Análise Sistema Medição (bureta automática)	41

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

DMAIC	Definir – Medir – Analisar – Implementar – Controlar
CIP	Clean in Place
SIPOC	Supply – Inputs - Process – Outputs – Consumers
5W2H	What – Where – When – Who – Why - How – How much
ANOVA	Análise de Variância
R&R	Repetibilidade e reprodutibilidade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA	12
1.2	OBJETIVOS DE PESQUISA.....	14
1.2.1	<i>Objetivos geral</i>	<i>14</i>
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	<i>14</i>
1.3	RELEVÂNCIA DA PESQUISA.....	14
1.4	DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	14
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	MERCADO DE BEBIDAS NÃO ALCÓOLICAS NO BRASIL	15
2.2	SEIS SIGMA.....	16
2.3	LEAN MANUFACTURING	17
2.3.1	<i>Desperdícios do Lean</i>	<i>18</i>
2.3.2	<i>DMAIC</i>	<i>18</i>
2.3.3	<i>Ferramentas para aplicação do DMAIC.....</i>	<i>20</i>
2.3.3.1	<i>Fluxograma.....</i>	<i>20</i>
2.3.3.2	<i>Séries Temporais.....</i>	<i>21</i>
2.3.3.3	<i>Brainstorming.....</i>	<i>22</i>
2.3.3.4	<i>Pareto.....</i>	<i>22</i>
2.3.3.5	<i>SIPOC</i>	<i>22</i>
2.3.3.6	<i>5w2h.....</i>	<i>23</i>
2.3.3.7	<i>Diagrama de causa e efeito.....</i>	<i>23</i>
2.3.3.8	<i>5 porquês.....</i>	<i>24</i>
2.4	ANÁLISE DE SISTEMA DE MEDIÇÃO	24
3	MÉTODOS DE PESQUISA	26
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	26
3.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS - ETAPAS	28
4	RESULTADOS	28
4.1	DEFINIR	28
4.2	MEDIR	32
4.3	ANALISAR.....	34
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
5.1	CONCLUSÕES DO TRABALHO.....	43
5.2	LIMITAÇÕES DO ESTUDO	43
5.3	TRABALHOS FUTUROS	43
6	REFERÊNCIAS	44

RESUMO

O presente trabalho foi iniciado almejando a redução de consumo de soda cáustica no processo de higienização de linhas de uma indústria de bebidas não alcoólicas do triângulo mineiro, todavia, durante o processo observaram-se grandes desvios nas análises de concentração da solução estudada, sendo necessária avaliação do sistema de medição, a titulometria, para garantir dados confiáveis e, a partir de então, viabilizar a aplicação da metodologia DMAIC para a redução efetiva do consumo. Com a aplicação do estudo de repetibilidade e reprodutibilidade foi possível identificar falhas no método e nas ferramentas utilizadas, os quais foram melhorados e padronizados, ocorrendo uma nova análise após a modificação desse sistema. Como resultados, destacam-se a padronização do processo com um aumento de cerca de 63% de precisão das medidas e a prática das equipes envolvidas em ferramentas da qualidade que culminaram no desenvolvimento de senso crítico e análises mais bem delimitadas de possíveis falhas em outras atividades do setor. As análises de titulometria realizadas com o uso da bureta automática, ao invés do método manual, também provocaram a redução do tempo dedicado do analista de qualidade à essa atividade, tornando-o mais produtivo.

Palavras-chave: MSA; Ferramentas da qualidade; DMAIC; Padronização; Titulometria.

ABSTRACT

The present work was initiated aiming at the reduction of consumption of caustic soda in the process of cleaning the production lines of a non-alcoholic beverage industry in Minas Gerais, however, during the process there were great deviations in the analysis of the concentration of the studied solution, being necessary a measurement system analysis of the titrometry to guarantee reliable data and, from then on, make it possible to apply the DMAIC methodology for the effective reduction of soda consumption. With the application of the repeatability and reproducibility study it was possible to identify flaws in the method and tools used, which were improved and standardized, with a new analysis taking place after the modification of this system. As a result, we highlight the standardization of the process with an increase of approximately 63% in the precision of the measures and the practice of the teams involved in quality tools that culminated to development of critical sense and better delineated analyzes of possible failures in other activities in the sector. The titrometry analyzes performed with the use of the automatic burette, instead of the manual method, also reduced the quality analysts' time devoted to this activity, making them more productive.

Keywords: MSA; Quality Tools; DMAIC; Standardization; Titrometry.

1 INTRODUÇÃO

Nesta seção será apresentada uma contextualização da temática e justificativa do estudo, seguida pelos objetivos gerais e específicos e estrutura do trabalho.

1.1 Contextualização e justificativa

Resistir à competição de um mercado mais acirrado após o processo de globalização e evolução da tecnologia se tornou a grande problemática das organizações. Portanto, buscam apoiar-se a estratégias e ferramentas que colaboram para as tomadas de decisões frente a condições cada vez mais incertas (NOBRE, 2016).

As instituições brasileiras passam por dificuldades para conseguir aumentar sua competitividade por conta de diversos contratempos como, burocracia, elevadas taxas de cobrança e problemas com infraestrutura. Porém, a diminuição da eficiência nas empresas acontece devido na maioria das vezes por fatores internos da própria empresa, em especial pelas rotinas e modelo de gestão usadas (BRITO, 2015).

A validação da produtividade e eficiência proporciona uma maior qualidade quando se trata de tomar decisões pelos gestores e líderes com intuito de levá-lo à melhor aplicação dos recursos e investimentos, buscando redução de custos e definição de metas (PIRAN; LACERDA; CAMARGO, 2018).

O presente trabalho está inserido no contexto das indústrias de alimentos, nas quais de maneira geral, as matérias-primas e insumos que fazem parte da produção estão em constante risco de contaminação devido à microrganismos que, por vezes, são até patogênicos. Em todas as etapas do processo é fundamental ter o devido cuidado para que essa contaminação não ocorra, já que podem ser prejudiciais à saúde e acarretar situações desastrosas (FORNI, 2007).

Nessas empresas, um ponto crucial para a higiene do processo de fabricação é o método de limpeza das tubulações usadas na fabricação de bebidas e alimentos, já que quando desempenhado da maneira correta remove os resíduos orgânicos, químicos, físicos ou microbiológicos nas máquinas, permitindo o consumo de seus produtos. Aliás, uma remoção ineficiente dos resíduos pode levar a mudanças físico-químicas que podem prejudicar a qualidade do produto. Dessa forma, na produção de alimentos líquidos, a higienização é vista como pré-requisito (SMIT, 2003).

Com isso, todas as superfícies, tubulações, máquinas e utensílios utilizados na produção devem ser analisados e é necessário criar métodos de limpeza próprios, atendendo às especificações técnicas de cada máquina. Exemplos de procedimentos necessários para que não ocorra a propagação de microrganismos por meio de sobras de produção são o uso de produtos químicos e o aquecimento da máquina (FORNI, 2007).

Devido à produção nas indústrias alimentícias (e de bebidas), o tempo em que linhas de produção ficam paradas para limpezas é melhor que sejam reduzidas, propiciado pela criação da higienização *Clean in Place* (CIP). O CIP trata-se de um processo de limpeza que não necessita desmontagem da máquina, porém, requer o

uso de outros equipamentos, juntamente com produtos, desenvolvidos para tal função, que juntos realizam a limpeza (FORNI, 2007).

Com objetivo de assegurar uma higienização eficaz e assim diminuir os riscos de contaminação nos processos de produção, aplica-se altas concentrações de soluções químicas de limpeza em períodos prolongados de fluxo, enxágues e temperaturas elevadas. Apesar de serem fundamentais para a boa higienização esse procedimento leva ao aumento do consumo de energia, água, produtos químicos e tempo, além de produzir poluentes. Dessa forma, o CIP é, em diversas empresas, um dos maiores custos variáveis do processo produtivo. Além das contribuições para o combate à contaminação dos alimentos produzidos, o CIP também é importante para a redução da presença de detritos minerais nas máquinas, o que diminui sua eficiência e pode levar ao seu mau desempenho. (WALSTRA et al., 1999; BRIGGS et al., 2004).

Desta forma, a busca pela otimização da higienização das linhas de produção tem papel crucial pela óptica ambiental e uma relevante importância da perspectiva econômica, com diversas iniciativas sendo realizadas visando conciliar a higienização adequada com o menor consumo de recursos. Desse modo, já é possível empregar tecnologias no procedimento de CIP que auxiliam na redução de consumo de água e produtos químicos usados, ganhando redução de energia, diminuição de custos e outros fatores envolvidos sem renunciar à qualidade e garantia de segurança dos produtos (CLARK, 2009; JUDE e LAMAIRE, 2013).

A empresa estudada atua no seguimento de bebidas não alcoólicas. Conforme a Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas não Alcoólicas, a quantidade produzida de sucos concentrados, néctares, refrescos, sucos e chás prontos para beber, sofreram uma queda de produção nos anos de 2016 e 2017. Um exemplo disso é a produção do suco concentrado que em 2016 produziu 576.021 litros de suco, e em 2017, 511.385 litros, ou seja, uma redução de, aproximadamente, 11% (ABIR, 2020).

Sendo assim, além da preocupação sanitária e ambiental, se faz necessário conter custos e otimizar processos de empresas desse ramo já que a produção vem sendo reduzida, com isso, diminuir desperdícios, aumentando a competitividade das empresas nesse mercado, frente a redução de demanda. Isso pode ocorrer através da aplicação de projetos de melhoria contínua, os quais envolvem os próprios colaboradores, que são os detentores do processo e auxiliam para encontrar a melhor solução.

O presente trabalho se justifica ao utilizar métodos sistemáticos de melhoria contínua para a redução de desperdícios em uma fábrica de produtos alimentícios, de modo a aumentar a sua competitividade sem, no entanto, ter impactos negativos na qualidade indispensável a saúde e bem estar do consumidor final. Para isso, escolheu o processo de CIP, por ser um dos maiores responsáveis pelo custo variável dos lotes de produção.

Inicialmente, o trabalho foi detalhado para a aplicação da metodologia DMAIC buscando reduzir o consumo de soda no processo de higienização. Na etapa medir, deparou-se com grande variabilidade nas análises de concentração de soda, que era feita através do método de titulação manual. Assim, o foco do trabalho foi buscar entender a precisão do método e se há oportunidades de melhoria na execução da

titulação, para tanto foi aplicada a metodologia de avaliação de sistemas de medição e posteriormente viabilizar o projeto, finalizando com a aplicação do ciclo DMAIC.

1.2 Objetivos de pesquisa

1.2.1 Objetivos geral

O objetivo do presente trabalho é avaliar o sistema de medição (titulação) da concentração do principal insumo químico (soda cáustica) utilizado na limpeza e higienização durante o CIP do processo de envase de uma indústria de bebidas do triângulo mineiro.

1.2.2 Objetivos específicos

Identificar os parâmetros do processo de higienização, analisar as causas do alto consumo de soda cáustica, avaliar fatores que promovem a variabilidade nas análises de concentração de soda cáustica e gerar proposta de novos parâmetros a fim de perpetuar a padronização almejada.

Além disso, espera-se viabilizar um projeto de melhoria utilizando DMAIC como técnica que permita a redução do consumo de soda nos processos de limpeza CIP e, por consequência, diminuir o consumo de água, o impacto ambiental dos processos de CIP e impactar o custo variável do processo no produto da empresa estudada.

1.3 Relevância da pesquisa

O presente trabalho tem sua contribuição acadêmica na experimentação de uma metodologia altamente difundida e primordial para referenciar outros potenciais estudos na área. Além disso, poderá ser fonte de informação para outras empresas que buscam maneiras de reduzir custos sem afetar a qualidade de seus produtos, mantendo a segurança de seus colaboradores e consumidores, especialmente as do ramo alimentício que necessitam do processo do CIP.

Outro ponto que vale destaque é que o presente estudo decidiu por explicitar uma dificuldade encontrada durante a execução e torná-la um novo foco, sendo essa a análise do sistema de medição. Dessa forma, procura-se que os leitores se identifiquem com a realidade de uma pesquisa, assim como seus contratempos, e que se atentem para a importância da análise e validação dos sistemas de medição antes da continuidade dos estudos, visto que dados não confiáveis podem levar a resultados questionáveis.

O trabalho possui relevância no meio empresarial, pois atua em um ponto crucial do processo produtivo, com implicações ambientais, de higiene e nos custos variáveis.

1.4 Delimitação do trabalho

Este trabalho se limitou a análises de dados do ano de 2019 e 2020, pois no ano de 2018 foi realizado projeto de aumento do tempo de ciclo de limpeza nos equipamentos, gerando significativo impacto no consumo de insumos e alteração de parâmetros operacionais e, portanto, já não representam mais a realidade da empresa estudada. Ademais, considerou apenas o processo de CIP, por ser um dos principais responsáveis pelo custo variável. Dentro desse processo, foi considerado apenas o consumo de soda cáustica utilizada para higienização nas máquinas de enchimento e de pasteurização de uma linha de produção pois este fator é definido por análises realizadas manualmente pela equipe de controle de qualidade utilizando de processos pouco padronizados.

Por fim, devido a necessidade da análise e melhoria do sistema de medição, o estudo se limitou a essa análise, visto que a continuidade do objetivo inicialmente proposto dependia do estabelecimento de um sistema de medição confiável, ficando para estudos futuros a continuidade do projeto de redução do consumo de soda no CIP.

1.5 Estrutura do trabalho

A divisão desta pesquisa se dá em cinco capítulos, sendo que, após a fase introdutória, o capítulo dois descreve a fundamentação teórica que respalda todo o projeto. No capítulo três é definido o método de pesquisa utilizado. O desdobramento da pesquisa é explicitado no quarto capítulo, descrevendo a aplicação das ferramentas da qualidade dentro da metodologia DMAIC em busca dos resultados expostos. O capítulo final é reservado às considerações finais, no qual são detalhadas as conclusões obtidas, as delimitações do estudo e, por fim, oportunidades de trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo traz uma contextualização do histórico e mercado de bebidas não alcoólicas no Brasil e aborda a metodologia Seis Sigma, o *Lean Manufacturing* e a análise de sistemas de medição.

2.1 Mercado de bebidas não alcoólicas no Brasil

Bebidas de maneira geral desenvolvem um papel importante no convívio social entre as pessoas, apresentando íntima relação com a alimentação humana e envolvendo o contexto da hospitalidade. No entanto, existem muitos estudiosos de bebidas que não hesitam em afirmar que dentre as suas funções, uma é de fato a nutrição, assim, defendem que as bebidas são alimentos (REIS, 2015).

O setor de bebidas não alcoólicas tem expandido tanto no do volume de produção quanto no consumo per capita, incentivando as marcas a se inovarem e lançarem novos tipos de produtos. As indústrias, portanto, têm pesquisado por novos nichos com propósito de oferecer novos produtos e sabores, e aprimorar sua

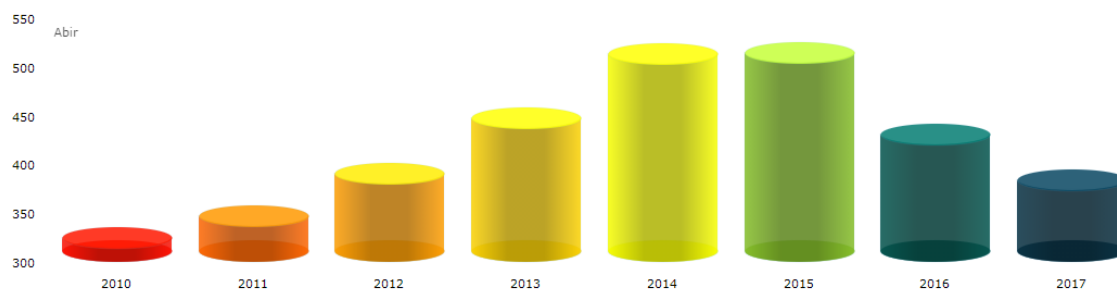
qualidade e popularizar seu consumo (FERRAREZI et al., 2013; DE MARCHI, 2006; DE MARCHI, 2001).

O mercado de sucos concentrados e em polpa busca conquistar a preferência dos consumidores, apoiando-se, essencialmente, na vertente de conservação das propriedades das nutritivas das frutas. Em consequência da facilidade de consumo e abastecimento, os concentrados são entregues aos clientes com preços melhores do que os de sucos de polpas. A funcionalidade para conservação e transporte, são as principais vantagens para exportação. Outrora, os sucos de polpas necessitam de um congelador para conservar o produto, o que dificulta sua comercialização. Desse modo, supermercados e pontos comerciais são os importantes canais de consumo deste produto (ROSA et al., 2006).

O comércio brasileiro de sucos prontos para beber (PPB) produzem por volta de 373 milhões de litros ao ano (ABIR, 2020), havendo ascensão deste volume até 2015 e mudança no perfil de consumo desde então, impactando o volume desta indústria, conforme evidenciado na Figura 1.

Contudo, ainda é necessário buscar a preferência dos consumidores resistentes em sucos industrializados. Assim, para essa parcela de consumidores, as marcas passam a oferecer um produto com um diferencial de saúde, de interesse e inovação para ter participação de negócios em outras partes do mercado que apresentam uma perspectiva mais natural ou menor preço unitário. De modo geral, os sucos prontos para consumo são vendidos em embalagens de vidro 250mL, lata 335mL e em cartonados de 200mL e 1L (ROSA et al., 2006).

Figura 1 – Volume (em milhões de litros) de produção do mercado brasileiro de refrescos e bebidas mistas dos anos de 2010 a 2017



Fonte: (ABIR, 2020).

2.2 Seis Sigma

A definição do sistema Seis Sigma (também conhecido como *six sigma*) apareceu na década de 1980, na empresa Motorola, com a necessidade conter falhas que ocorriam na produção de eletrônicos (SOUZA et al., 2007).

Em 1988, assim que a Motorola venceu o Prêmio Nacional da Qualidade Malcolm Baldrige, o sistema Seis Sigma foi reconhecido como o método encarregado pelo sucesso da organização. Assim, outras organizações passaram a colocar em prática a metodologia e a divulgarem seus ganhos, o que permitiu ainda mais visibilidade.

Segundo Werkema (2012), este é um método gerencial sistemático e muito quantitativo, que tem como foco expandir os ganhos das empresas, através do aperfeiçoamento da qualidade de processos e produtos e da crescente satisfação do consumidor final.

O nome está relacionado a letra grega σ (Sigma), usualmente utilizada para representar uma grandeza estatística para mensurar o número de falhas. Assim, no momento que uma empresa alcança o ponto Seis Sigma de qualidade, quer dizer que, a cada milhão de produtos (ou serviços) oferecidos, 3,4 exibirão defeito, mostrando um ponto de conformidade de 99,99966% (GONÇALVES, 2020).

A Figura 2 apresenta o rendimento da produção e Defeitos Por Milhão de Oportunidades (DPMO) convertendo para níveis *sigmas*, que significa o nível *sigma* da empresa de acordo com as falhas que ela possui na produção (PANDE et al, 2000).

Figura 2 - DPMO (defeitos por milhão) e nível sigma

Produção	DPO	Sigma
30,90%	690000	1
69,20%	308000	2
93,30%	66800	3
99,40%	6210	4
99,98%	320	5
99,9997%	3,4	6

Fonte: Pande et al (2000).

2.3 Lean Manufacturing

Sistema Toyota de Produção ou Lean Manufacturing ou ainda produção enxuta, surgiu no Japão pós-guerra, no momento em que gerentes executivos da Toyota guiados por Taiichi Ohno, notaram que havia uma grande diferença entre a produtividade na indústria automobilística americana e a japonesa. Assim, iniciaram-se os estudos para melhorar o sistema de produção japonês. A descoberta mais importante encontrada pelas observações foi o mau uso da mão-de-obra. Em média, eram utilizados nove japoneses para fazer o trabalho de um americano. Desde essa descoberta começou-se a busca incansável para redução dos desperdícios (BARTZ; WEISE; RUPPENTHAL, 2013).

De acordo com Ohno (1997), fluxos contínuos com a produção respondendo à demanda, permitem uma produção enxuta pois promovem a eliminação de desperdícios através da observação das reais necessidades dos clientes, buscando atendê-las com maior qualidade ao menor custo.

Ohno (1997), descreve que dois pilares servem de suporte para o sistema, o *Just in Time* (JIT) e Autonomia. A autonomia tem por finalidade adaptar a máquina com mecanismos eficazes para que quando ela detectar alguma falha no processo, ela pare automaticamente sem que seja necessário a presença de um

operador. Assim, não é necessário a parada da máquina sempre que ocorrer um problema e a produção de produtos com defeito é anulado.

O *Just in time* significa que, as matérias-primas necessárias para a produção de determinado item chegaram no tempo e quantidade correta. Isso garante eliminação de estoque em diversas fases do processo, levando a redução de perdas como um exemplo, a ‘perda de superprodução’ (SHINGO, 1996).

2.3.1 Desperdícios do Lean

Segundo Bornia (2002), perdas são classificadas como qualquer processo ou deslocamentos não são necessários para desenvolver tal e que geram custos e que não agregam valor, assim, deve-se eliminá-los do sistema. O Sistema Toyota de Produção, distingue sete tipos de perdas.

- 1) Perdas por superprodução: Shingo (1996) relata a presença de dois tipos de superprodução a quantitativa, ou seja, produzir mais do que realmente precisa e a antecipada, que é produzir antes da necessidade real;
- 2) Perdas por transporte: o carregamento ou movimentação de componentes não necessário é um custo que não possui agregação de valor ao produto;
- 3) Perdas no processamento em si: são atividades ou processos que não são necessários para que o produto tenha características básicas de qualidade, levando em consideração a geração de valor ao cliente;
- 4) Perdas por fabricar produtos defeituosos: significa produzir produtos que não atendem às especificações;
- 5) Perdas por espera: são classificadas em dois grupos, espera por equipamentos, levam à baixa utilização dos ativos fixos; espera dos trabalhadores, pode acontecer por conta da falta de multifuncionalidade;
- 6) Perdas no movimento: Shingo (1996) descreve que movimentos feitos pelos colaboradores podem ser classificados como operações (que agrega valor ao produto final) e perdas (que não contribui com as operações);
- 7) Perdas por estoque: de acordo com Bornia (2002), os materiais ou produtos estocados são desperdícios já que os produtos (ou matéria-prima) ficam paradas e não agregam valor, além de demandarem gastos.

2.3.2 DMAIC

A metodologia DMAIC, aborda as 5 etapas: Definir (*define*), Medir (*measure*), Analisar (*analyse*), Melhorar (*improve*) e Controlar (*control*). Essa metodologia busca desenvolver procedimentos através da análise, comprovação e solução das falhas encontradas, levando melhorias aos procedimentos que assim serão organizados novamente com o intuito de chegar aos resultados propostos (VIANNA, 2002).

Segundo Sunil et al. (2013), o DMAIC dispõe de dados estatísticos de todas as práticas executadas em um processo, colaborando para tomadas de decisões

melhores, se tornando uma metodologia que prepara as organizações para tomar decisões de qualidade e produtividade.

Um plano de qualidade como o DMAIC, terá sua implementação bem sucedida se houverem planos de ações para a expansão da qualidade seguindo sempre as estratégias que se deseja alcançar (SANTOS, 2010).

Definir, é a primeira etapa do DMAIC, que tem como objetivo constatar as oportunidades de melhoria, definir as condições do cliente, identificar as características da qualidade que interferem no projeto e estabelecer o escopo de aplicação do projeto que visa melhoria determinando uma carta de projeto (MONTGOMERY; WOODALL, 2008).

Com isso, para aplicar esta etapa são utilizadas algumas ferramentas, como por exemplo o SIPOC. A abreviação significa *Suppliers* (os fornecedores), *Inputs* (as entradas), *Process* (os processos), *Outputs* (as saídas) e *Consumers* (os clientes). Assim, o método possibilita constatar os fornecedores, as entradas, os processos, as saídas e os clientes que estão em cada processo. Aliás, é uma maneira visual efetiva de comunicação entre a equipe, pois facilita o entendimento para membros que ainda não dominam o processo e necessitam de uma visão mais holística antes de se aprofundarem nos detalhes (FINAMORE, JR., 2008, p.410).

Outra ferramenta utilizada é o gráfico de Pareto, que é uma distribuição de frequência dos dados agrupados em categorias que visa constatar os problemas mais significativos para serem trabalhos primeiro. Encontra-se alguns tipos diferentes do gráfico, no qual a mais utilizada é o que apresenta as classes em barra com as distribuições de frequência em ordem decrescente e uma outra linha exibindo a distribuição de frequência em porcentual acumulado. As variações do Pareto, mostram que muitas das vezes, 80% dos problemas são ocasionados devido a 20% dos elementos do processo (MONTGOMERY, 2009a; MONTGOMERY, WOODALL, 2008).

A segunda etapa é a medir e segundo Lin *et al.* (2013), a etapa medir visa determinar as técnicas para coleta de informações sobre como o estado atual do setor analisado. As informações a serem coletadas devem destacar as oportunidades de melhoria. Ainda nessa etapa, a coleta de informações é fundamental para corroborar e dimensionar o problema e a oportunidade, visando definir prioridades e tomadas de decisões sobre os parâmetros necessários (LIN *et al.* 2013).

Para a análise dos dados busca-se para entender as associações de causa e efeito do processo e estabelecer quais os motivos da variância, identificando suas causas (GODOY, 2014). Assim, aplicam-se ferramentas como análise de causas, para identificar causas raízes do problema através da classificação das possíveis fontes de problemas. E os 5 por quês, que se faz a pergunta 'por quê' ao problema 5 vezes para chegar ao problema raiz.

Na quarta etapa, o envolvimento da equipe e o pensamento analítico de todos deve ser utilizado para sugerir alterações tanto específicas como gerais para aplicarem no processo e melhorarem a sua performance. Os resultados precisam ser analisados antes da realização, para redesenhar o processo melhorando o fluxo de trabalho, eliminando gargalos e desperdícios (MONTGOMERY; WOODALL, 2008).

Para recolher ideias de todos da equipe, uma boa ferramenta para se utilizar é o *Brainstorming*, em que cada um pode sugerir possíveis soluções. Diante de todas as ideias sugeridas, é feita uma priorização das melhorias mais importantes para o negócio.

A quinta e última etapa visa determinar, mensurar, padronizar e acompanhar para acrescentar as modificações já existentes no sistema. Para mais, a etapa controlar é utilizada para complementar todo o excedente no projeto e não intervir na melhoria do processo acompanhado do plano de controle (técnica de acompanhamento da solução aplicada) (ANTONY et al., 2012; MACH; GUÁQUETA, 2001).

Segundo Werkema (2013), é nessa etapa que se dá a avaliação da meta, para saber se atingiu seu objetivo em larga escala. Com isso, os resultados alcançados após toda a etapa de implementação das mudanças dos processos devem ser monitorados para provar a eficácia do projeto.

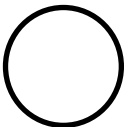
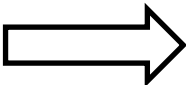
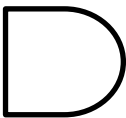
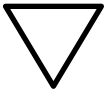
2.3.3 Ferramentas para aplicação do DMAIC

2.3.3.1. Fluxograma

Segundo Slack (2002), fluxograma significa uma estrutura de processo, representado por símbolos que apresentam de forma clara as alterações do processo seguindo os componentes que fazem parte dele. Na realidade, serve como um documento para registrar as etapas necessárias para um processo. Nas organizações, é usado para dar clareza nos procedimentos e otimizar a produção. Assim, é uma ferramenta eficiente para a qualidade e para o desempenho da indústria.

Dos benefícios de utilizar o fluxograma, segundo Mello (2008) estão: possibilita analisar como os elementos de um processo se relacionam, mecanizado ou não, contribuindo com a análise de sua eficácia. Permite uma fácil localização de melhoria, já que proporciona uma visão ampla das etapas, transportes, operações e formulários. Possibilita uma rápida identificação de qualquer mudança aplicada aos sistemas pela fácil visualização das mudanças inseridas. Na Figura 3 temos os símbolos para a criação de um fluxograma:

Figura 3 - Símbolos para fluxograma

Símbolo	Descrição	Exemplo
	Operação: ocorre quando se modifica intencionalmente um objeto em qualquer de suas características físicas ou químicas, ou também quando se monta ou desmonta componentes e partes.	Martelar um prego, colocar um parafuso, rebitar, dobrar, digitar, preencher um formulário, escrever, misturar, ligar e operar máquina etc.
	Transporte: ocorre quando um objeto ou matéria prima é transferido de um lugar para o outro, de uma seção para outra, de um prédio para outro. Obs: apenas o manuseio não representa atividade de transporte.	Transportar manualmente ou com um carrinho, por meio de uma esteira. Levar a carga de caminhão. Levar documentos de um setor a outro etc.
	Espera ou demora: ocorre quando um objeto ou matéria prima é colocado intencionalmente numa posição estática. O material permanece aguardando processamento ou encaminhamento.	Esperar pelo transporte, estoques em processo aguardando material ou processamento, papéis aguardando assinatura, etc.
	Inspeção: ocorre quando um objeto ou matéria-prima é examinado para sua identificação, quantidade ou condição de qualidade.	Medir dimensões de produto, verificar pressão ou torque de parafusadeira, conferir quantidade de material, conferir carga etc.
	Armazenagem: ocorre quando um objeto ou matéria-prima é mantido em área protegida específica na forma de estoque.	Manter matéria prima no almoxarifado, produto acabado no estoque, documentos arquivados, arquivos em computador etc.

Fonte: adaptado de Peinado, Jurandir. Graeml, Alexandre (2007).

2.3.3.2. Séries Temporais

O método padrão de série temporal inclui decomposição e análise individual dos componentes interferentes. Depois de uma análise precisa, são estudados em grupo para verificar o resultado (Bruni, 2007).

Podem ser divididas em quatro segmentos: tendência, cíclico, sazonal e irregular.

Se tratando de tendência, Render et al. (2000) estabelece como uma variável que muda os dados de forma crescente e decrescente. O segmento cíclico, Dos Santos (2010) estabelece como se os dados apresentassem variações regulares de longo prazo, superior e inferior da linha de tendência.

Já o segmento sazonal, Kotler (2000) estabelece que a variação é padrão ao longo do ano. E o segmento irregular, Perini e Bertolde (2016) define como aquele que se tem variações muito aleatórias consequente de fatores diversos.

2.3.3.3. Brainstorming

Para usar a maioria das ferramentas da qualidade é necessário o uso de uma ferramenta que levanta de ideias e opiniões por uma equipe em um projeto, essa é nomeada como *brainstorming* (CARPINETTI, 2012).

É uma metodologia que quando aplicada leva a criatividade, para levar o grupo a apresentar o maior número de ideias diferentes possíveis para a situação aplicada. Deve ser aplicado de uma maneira que o pensamento crítico seja interrompido, aplicando mais o pensamento criativo, deixando livre o desenvolvimento de ideias sem preconceitos e paradigmas, potencializando a criatividade do grupo (GOMES, 2006).

Para Delgado Neto (2005), algumas das vantagens de usar o *brainstorming* englobam a contribuição da equipe na busca por soluções, trata-se de um método didático e há extensa cobertura de ideias.

2.3.3.4. Pareto

Vilfredo Pareto, estudioso italiano, através de seu estudo, chegou à conclusão de que poucas causas são determinantes para os efeitos e a maioria delas são, deveras, triviais. O Gráfico de Pareto é usado para mostrar quantitativamente os fatores mais relevantes, em ordem decrescente, apontadas a partir da estratificação (SILVA, 1995, p.23).

Assim, a ideia que se embasa no estudo sobre desigualdade na distribuição da riqueza, concluiu que 20% da população concentram 80% das riquezas. Sob a perspectiva da qualidade, atesta que 80% das consequências são causadas por 20% das ações (MARSHAL ET AL, 2011).

É uma ferramenta gráfica em barras que coloca os dados em ordem decrescente (iniciando pela esquerda) com uma linha crescente da primeira à última barra, apresentando o acumulado entre elas, desenvolvida através de uma coleta de informações que dá suporte para compreender a associação entre causa e efeito. Por conseguinte, essa ferramenta contribui para a priorização dos problemas que mais impactam nos processos da organização (JUNIOR ET AL, 2013).

2.3.3.5. SIPOC

A sigla SIPOC significa, *Supply, Inputs, Process, Output e Consumers*. Assim, a metodologia possibilita estudar os fornecedores, as entradas, as atividades, as saídas e os clientes que interagem durante o processo. Promove maior entendimento pelos membros da equipe, traduzindo o processo de forma visual contribuindo para membros que não detêm conhecimento prévio dos detalhes (FINAMORE JR., 2008, p. 41).

Segundo Baba (2008), essa metodologia é ferramenta adequada para destacar elementos que são necessários para melhorar o processo, assim é possível obter um maior conhecimento sobre os procedimentos e obter pontos para otimizar.

Utilizando essa ferramenta é viável a criação de indicadores para administrar as entradas e saídas do processo, com objetivo de mensurar o nível de satisfação do cliente e a performance dos fornecedores, sendo assim, identificar os principais indicadores de eficácia e eficiência (PETENATE, 2012).

2.3.3.6. 5w2h

Segundo Pontes et al (2005), essa ferramenta tem como finalidade definir de maneira ordenada as ações e as responsabilidades no momento de aplicar a ferramenta, que é através de questionamentos, para ações que vão ser executadas nos procedimentos de uma empresa de forma mais eficiente.

De acordo com Arruda et al (2016), a implementação dessa ferramenta visa a melhoria de um processo, que se dá analisando o problema e planejando ações corretivas com as seguintes perguntas de origem inglesa, como: *Why* (Por quê?), *What* (O que?), *Who* (Quem?), *When* (Onde?), *How* (Como?) e *How much* (Quanto?).

Qualquer organização pode implementar a ferramenta, visto que, ela assegura pontos positivos como simples aplicação, de forma segura e sem altos custos. Projetos demandam ações e elas precisam ser organizadas surgindo um novo plano de ação para cada uma das metas. Deste modo, o processo ficará sempre com uma finalidade bem definida (ROTH, 2014).

2.3.3.7. Diagrama de causa e efeito

Sobre o diagrama.

O diagrama de Ishikawa foi desenvolvido em 1943 por Kaoru Ishikawa com o objetivo de mostrar vários fatores que poderiam ser comuns entre si. É também denominado como diagrama de espinha de peixe e é uma técnica muito útil para encontrar as causas raízes de um problema específico. Representa-se de forma gráfica utilizada como metodologia de análise para retratar fatores que influenciam (as causas) sobre um problema estabelecido (o efeito) (Jurandir Peinado e Alexandre Reis Graeml, 2007).

Seu desenvolvimento é feito a partir do reconhecimento do efeito (problema em estudo), associado às possíveis causas, analisando o diagrama para verificar as causas verídicas e corrigir o problema principal (WERKEMA, 1995).

Ainda pode-se agrupar as possíveis causas nos “6 M”, que são: mão-de-obra, máquina, método, matéria-prima, medida e meio ambiente (MIGUEL, 2001).

2.3.3.8. 5 porquês

A metodologia 5 porquês é uma perspectiva com base científica, empregada no sistema Toyota de Produção, para identificar a causa real do problema raiz, que normalmente é ofuscada por motivos óbvios (Ohno, 1997).

É uma ferramenta prática para resolver problemas que se baseia em fazer a pergunta “Por quê” cinco vezes para entender o que aconteceu (causa raiz).

Segundo Weis (2011), para aplicação dos 5 por quês, por mais que designado assim, pode-se aplicar menos (3 por exemplo), ou caso precise até mais, conforme surge a necessidade para encontrar sua causa raiz.

2.4 Análise de sistema de medição

Para controlar a variação presente em um processo é importante compreender antes a finalidade e ter uma previsão de falhas e erros que podem vir a acontecer, além de conhecer o que está realmente sendo feito (FONSECA, 2008).

A análise dos parâmetros e resultados elevam o entendimento sobre o processo e como está sendo executado. A prática de inspecionar é um método de analisar tais critérios, peças em preparação, subconjuntos montados, ou produtos acabados com ferramentas de medição que dão habilidade para o investigador a confirmar ou negar o argumento de que o processo está estável ou com variação aceitável (FONSECA, 2008).

A análise dos sistemas de medição se apoia na estatística como ferramenta. Assim, muitos fatores foram criados para qualificar o sistema de medição com fundação em uma quantidade finita de medições. Basicamente, deveriam ser feitas inúmeras medições para medir seu funcionamento, mas como isso é pouco viável, usamos da estatística para ajudar a dar segurança aos dados coletados (HAERTEL, 2018).

Dessa forma, um sistema de medição pode ser impactado por dois tipos de variação: a variação aleatória (erros devido à falha na execução de um experimento, erro do método) e a variação sistemática (problemas no instrumento). São fontes decorrentes a causas comuns (variação natural ou à esperada no processo) e especiais (variação inesperada que é resultante de acontecimentos poucos comuns). Segundo o Manual de MAS da QS-9000 (1997), para monitorar uma alteração do sistema de medição é fundamental conhecer as fontes de variação possíveis e eliminá-las ou controlá-las (FONSECA, 2008).

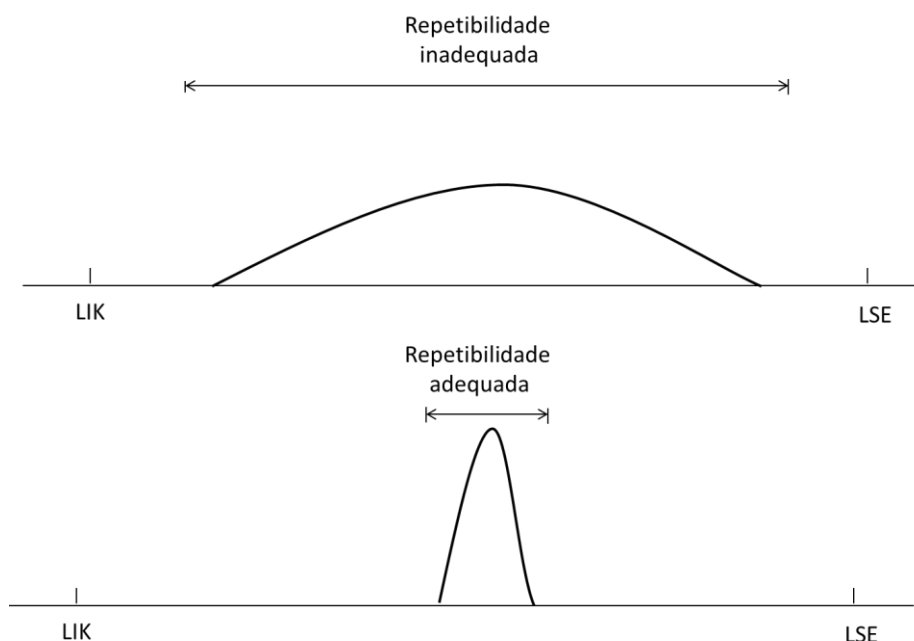
Os elementos básicos de um sistema de medição genérico são: a peça, o padrão, a ferramenta, o procedimento, a pessoa, e o ambiente. As causas que

interferem essas áreas precisam ser entendidas para assim, serem eliminadas ou controladas (FONSECA, 2008).

De acordo com Werkema (2006) os pontos principais que levam à variabilidade dos processos de medição, são: ferramentas de medição desgastadas; métodos de medição incorreto; analista não treinado; instrumentos de medição não calibrado e más condições no local como temperatura, iluminação e umidade.

A variação referente ao equipamento, é a repetibilidade. Refere-se a uma variação de causa comum consequente de inúmeras medições feitas sob condições definidas. As condições de medições são fixas e definidas, por isso também é encontrada como a variação dentro do sistema (FONSECA, 2008). Repetibilidade é caracterizada pelo erro aleatório, por motivo de causas comuns, com distribuição normal dos resultados do sistema de medição representado pela Figura 4.

Figura 4 - Repetibilidade



Fonte: adaptado de Werkema (2000).

A repetibilidade (1) de um sistema de medição é dada pela variação nas medições atingidas quando um avaliador utiliza de um dispositivo ou mecanismo para medir repetidas vezes a característica de interesse dos mesmos itens (WERKEMA, 2006).

$$Repe = \pm t \cdot s \quad (1)$$

Em que:

Repe é a repetibilidade

t é o coeficiente *t* de Student

s é a incerteza padrão

A reprodutibilidade é a diferença das médias das medições realizadas por analistas diferentes, utilizando mesma ferramenta, medindo uma mesma característica, sob mesmas condições ambientais (FONSECA, 2008).

“A reprodutibilidade de um sistema de medição é a variação na média das medidas obtidas quando diferentes avaliadores utilizam do mesmo instrumento para medir repetidas vezes a características de interesse dos mesmos itens” (WERKEMA, 2006, p. 28).

$$R_{op} = \bar{I}_{maior} - \bar{I}_{menor} \quad (2)$$

Em que:

$\bar{I}$ é a variação das médias dos operadores

Mas não se aplica somente para diferentes analistas, também se aplica para diferentes instrumentos de medição, laboratórios e ambientes (FONSECA, 2008).

O R&R do sistema de medição analisa a variação desse sistema de medição afim de saber se é adequado ou não para a aplicação estudada. Assim, ao final é verificado o resultado %R&R, onde é considerado um resultado aceitável menor que 10%, aceitável em circunstâncias exclusivas entre 10% e 30% e inaceitáveis resultados maiores que 30% (Haertel, 2018).

$$Variância_{R\&R} = Variância_{reprodutibilidade} + Variância_{repetibilidade} \quad (3)$$

A Análise de Variância (ANOVA) é uma ferramenta para ser utilizada na comparação de conjuntos ou estratos de interesse (MONTGOMERY, 1991). Assim, a ANOVA proporciona avaliar a diferença entre os grupos que estão sendo estudados. Resultados a partir da ANOVA representam um nível de confiança estabelecido pelo analista.

Ademais, a ANOVA é uma técnica estatística que é utilizada para definir se as amostras de dois ou mais grupos advêm de populações com médias iguais. A análise de variância avalia uma medida dependente, à medida que a análise multivariada de variância confronta as diferenças de grupos quanto a duas ou mais variáveis dependentes (BLACK et al., 2009).

A implementação de análises gráficas é fundamental para melhor visualização das variâncias, assim algumas das ferramentas que auxiliam nessa análise, são: cartas de médias, carta de amplitude, cartas de sequências, gráfico de dispersão (FONSECA, 2008).

3 MÉTODOS DE PESQUISA

3.1 Caracterização da pesquisa

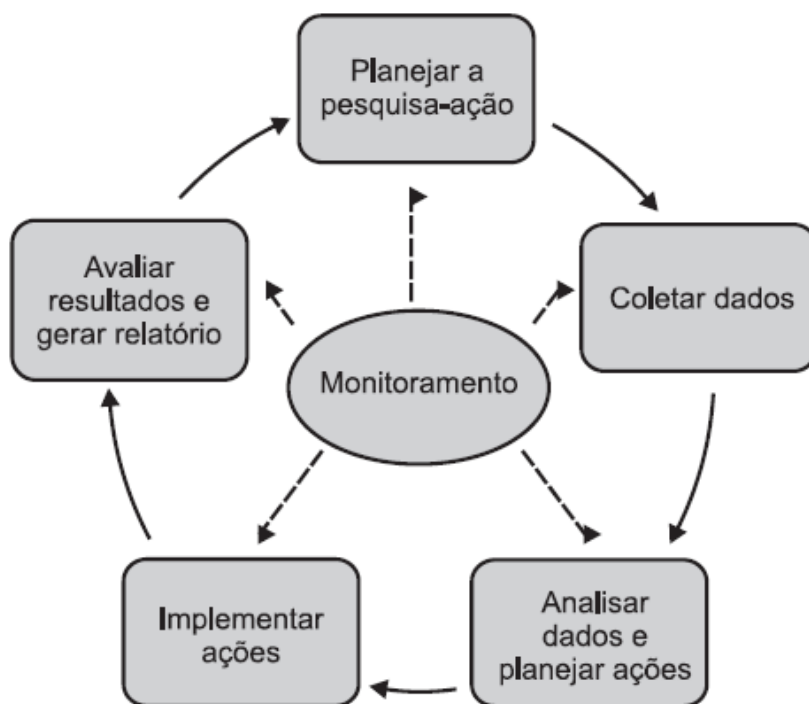
O presente trabalho se trata de uma pesquisa ação, de natureza aplicada, do método qualitativo e quantitativo, descritivo. Natureza aplicada, onde se procura produzir conhecimentos de terão aplicação prática sendo dirigidos à resolução de

problemas específicos. Descritiva por que, quando o responsável pela pesquisa registra e detalha as ações observadas não interferindo nelas. Esse tipo de pesquisa é aplicado em organizações nas quais é encontro hierarquia ou em que equipes passam por problemas (THIOLLENT, 2007). Dessa maneira, a pesquisa ação é um modelo de pesquisa na engenharia de produção que tem por objetivo produzir conhecimento e solucionar um problema de maneira prática.

Segundo Thiollent (1998), alguns dos fatores primordiais da pesquisa ação, são: profunda interação entre pesquisadores e demais envolvidos no cenário investigado; da interação surge a priorização dos problemas; a finalidade da pesquisa ação consiste em solucionar ou no mínimo esclarecer os problemas do cenário investigado; a pesquisa não se restringe somente à uma ação: procura-se tornar o entendimento dos pesquisadores, outros envolvidos e equipes consideradas mais amplo.

O processo para condução da pesquisa segundo Coughlan e Coughlan (2002) pode ser visto na Figura 5. Assim, a pesquisa é dividida em cinco fases: planejar; coletar dados; analisar dados e planejar ações; implementar ações; avaliar resultados e gerar relatório.

Figura 5 - Estruturação da pesquisa ação



Fonte: Traduzido de Coughlan e Coughlan (2002) por Turrioni e Mello (2010).

Diante desse cenário, surge a seguinte questão da pesquisa: através da aplicação da metodologia de avaliação de sistemas de medição, apoiada nas ferramentas da qualidade, pode-se definir maneiras de reduzir a variabilidade nas análises de soda no processo de CIP, chegando a uma nova padronização dos parâmetros envolvidos no processo?

3.2 Procedimentos metodológicos - Etapas

As informações fundamentais para a realização do estudo foram obtidas na própria empresa no setor financeiro e em seus sistemas de informação. Os dados foram obtidos através de documentos e observações que foram feitas durante o processo, acompanhando os colaboradores que executam tal função.

Em seguida, após verificação dos dados, foi iniciado o planejamento das ações e foram utilizadas algumas ferramentas nesta etapa, como: *brainstorming*, SIPOC, diagrama de causa e efeito e 5 por quês, com o objetivo de definir as causas raízes do problema em questão e buscar implementar soluções que evitem que o problema volte a acontecer, além do estabelecimento de processos padronizados, para que a variação na execução de um colaborador e outro seja evitada.

Por fim, para se controlar o novo processo, o impacto nas análises foi acompanhado durante o período de duas semanas, devido à limitação de tempo para concretização deste trabalho.

4 RESULTADOS

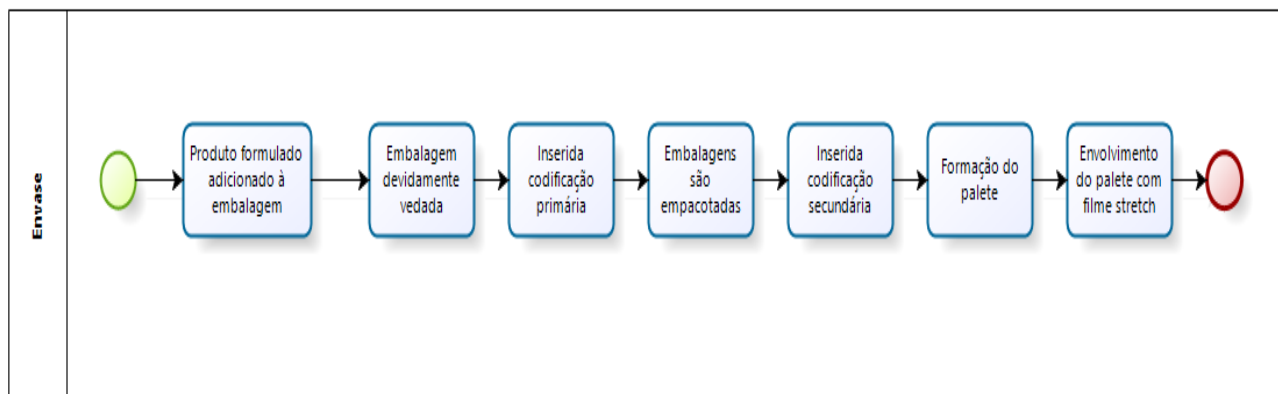
Nesta seção são descritas as atividades realizadas durante a aplicação deste projeto segmentadas por etapa de acordo com o ciclo DMAIC. Na etapa definir, espera-se levantar o problema e buscar o maior número de informações possível do mesmo para respaldar toda a pesquisa e, em seguida, na etapa medir, serão levantados os dados de medição através da titulometria. Durante a fase de análise os dados obtidos são estudados a fim de identificar padrões e possíveis causas que culminem em desvios que possam comprometer as medições. Na fase de implantação, são aplicadas melhorias para eliminar ou reduzir as inconveniências identificadas na fase anterior e, por fim, na fase controlar, os dados são estudados novamente para garantir a estabilidade das melhorias aplicadas ou definir um novo ciclo de melhorias.

4.1 Definir

O presente estudo foi realizado em uma empresa do ramo de bebidas e alimentos situada no triângulo mineiro. Dentre as três unidades fabris da companhia, esta é responsável por 80% do volume de produtos acabados para o mercado interno, possuindo 330 colaboradores nas funções operacionais, administrativas e corporativas. A unidade é capaz de produzir cerca de 14,5 milhões de litros de sucos ao mês divididos entre cartonados de 150mL, 200mL, 1000mL, latas de 335mL e garrafas PET nos formatos 250mL, 275mL, 500mL, 900mL, 950mL, 1000mL e 1500mL além de matérias-primas para mercado interno e externo. São cinco linhas produtivas, sendo três delas dedicadas à produção de cartonados, uma para latas e uma para embalagens do tipo PET.

Na Figura 6 está ilustrado o fluxograma genérico do processo de envase comum às cinco linhas de produção.

Figura 6 - Fluxograma do processo de envase

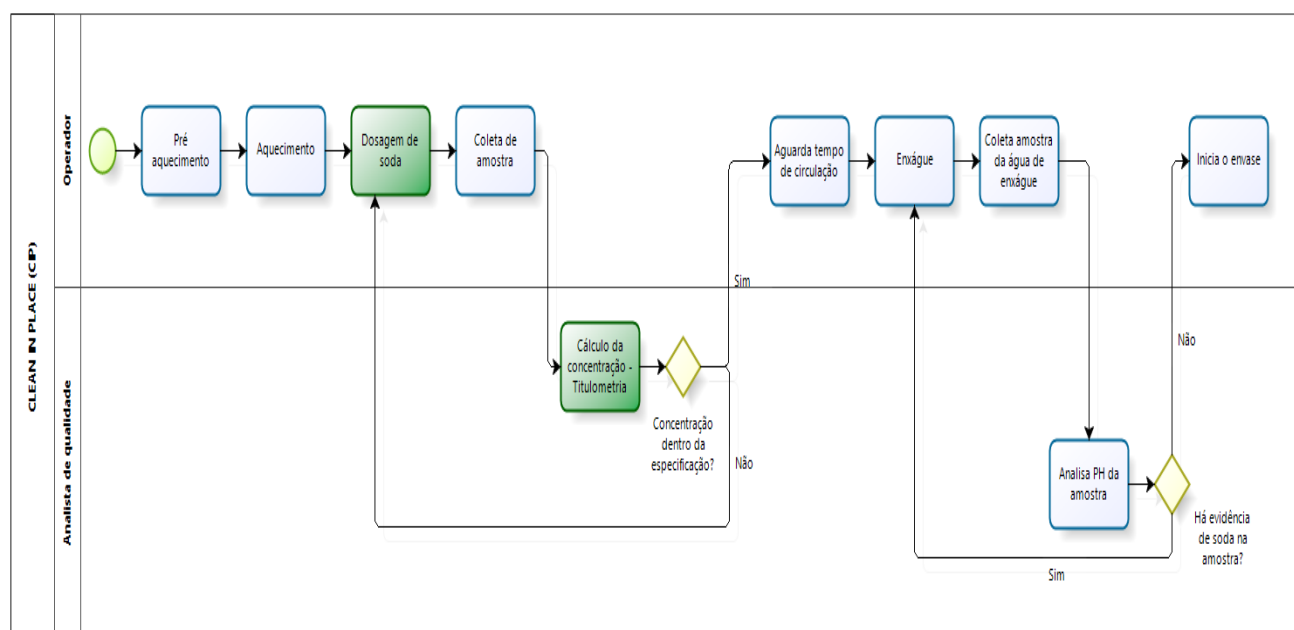


Fonte: autoria própria.

Os procedimentos de higienização são considerados os pontos fundamentais em qualquer processo produtivo quando se trata de uma indústria alimentícia, sendo assim, existem rigorosos padrões a serem seguidos até mesmo para atender o alto nível de exigência das certificações como ISO 22000:2005, norma de Sistemas de Gestão da Segurança de alimentos, ISO 9001:2015, norma mundialmente reconhecida que especifica o Sistema de Gestão da Qualidade e SGF, Sistema de Gestão de Fornecedores às quais a empresa está submetida.

A cada novo produto a ser envasado é realizado um procedimento de enxágue e a cada ciclo pré-determinado para cada equipamento, deve ser executado o procedimento de CIP (*Clean in place*), cujo fluxograma está ilustrado na Figura 7, destacando as etapas objeto deste estudo.

Figura 7 - Fluxograma do processo de CIP



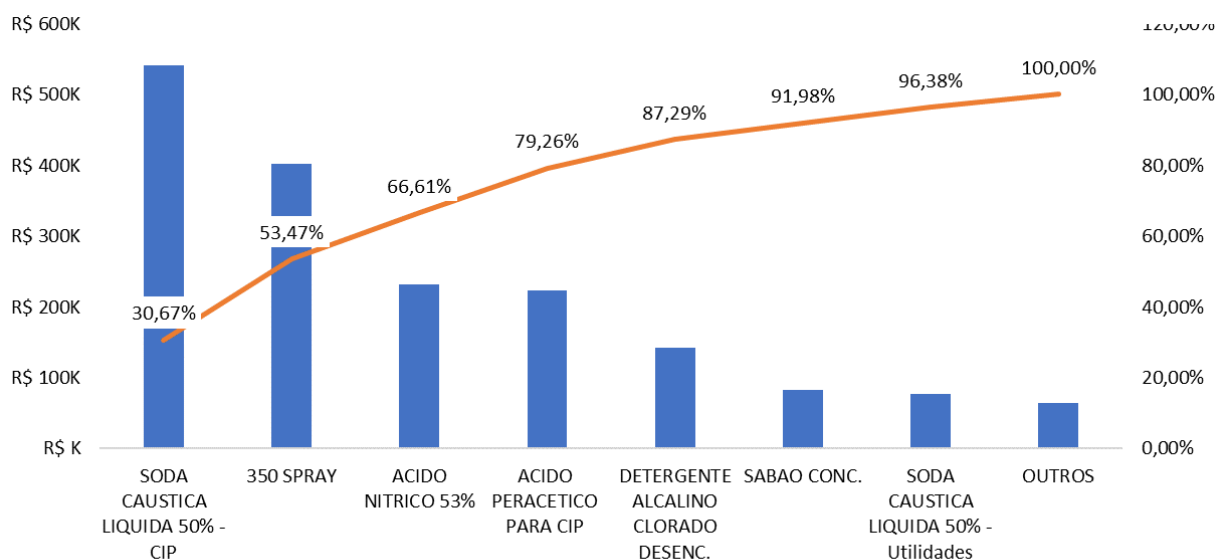
Fonte: autoria própria.

Esse processo também é exigido em algumas outras situações, como por exemplo, em casos de pico de energia na planta, quando necessário abrir a câmara estéril da enchedora por possível falha, após envase de produtos que possam conter traços de alergênicos, ou seja, pode-se segregar o processo em duas categorias principais, sendo elas: CIP programado, referente às situações previstas, e CIP não programado, que diz respeito às adequações necessárias após eventos inesperados ao longo do dia.

Com muitos desafios de reduzir custos sem influenciar na qualidade e segurança dos produtos, a necessidade de atuação sobre o consumo de insumos se faz primordial desde que respaldada nas metodologias que garantam os limites a serem respeitados.

Analisando o perfil de consumo de produtos químicos do ano de 2019 é possível estabelecer uma frente de trabalho que possa representar, significativamente, economia para a companhia estudada pois, como nota-se na Figura 8 há um consumo significativo de soda cáustica líquida, insumo principal utilizado para o processo de CIP. É possível observar que é utilizada uma segunda variedade de soda cáustica nesta indústria, porém, esta última é um insumo de processos específicos da área de utilidades, não sendo parte do escopo do presente trabalho.

Figura 8 - Pareto do consumo de químicos no ano de 2019



Fonte: autoria própria.

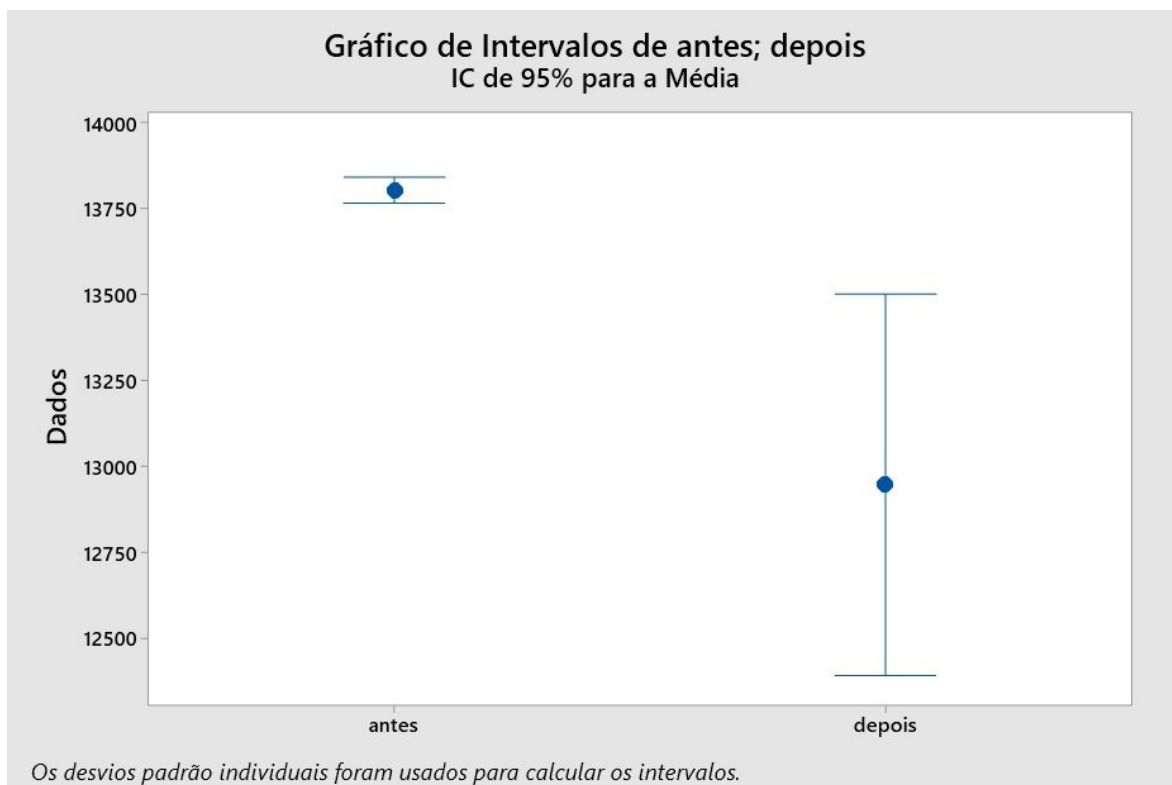
A partir do Pareto apresentado pela Figura 8 se poderia dizer que são quatro os produtos químicos que precisam de atuação, porém, devido a vasta abrangência de processos em que são utilizados, o foco foi direcionado apenas à soda cáustica.

Para garantir uma redução consistente, nota-se que a etapa de dosagem de soda no processo de CIP pode ser padronizada nas cinco linhas de produção, bem como reduzida.

Existe um certo número de CIPs não programados que poderiam ser uma segunda linha de análise, porém, como os fatores que o impactam, geralmente, estão associados a eventos incontrolláveis ou, no momento, não passíveis de serem eliminados, este estudo se restringe às atividades operacionais que possam provocar impacto tanto nos CIPs programados quanto não programados, como a padronização do tempo de dosagem de soda e a análise de sua concentração.

Em maio de 2019, ocorreu um incidente no qual o colaborador se esqueceu de desligar o sistema dosador manual de soda ao final de seu turno. Houve descarte do insumo pelo período de, aproximadamente, um dia. Por isso, foi necessária reposição do equivalente a um novo tanque de soda. A fim de eliminar a possibilidade deste erro ocorrer novamente, provocando desperdício de soda, foi instalado dosador automático com um sistema de segurança. Este sistema interrompe a dosagem de soda após determinado tempo de dosagem manual caso não seja identificada pausa. O sistema de segurança instalado teve certo impacto no consumo absoluto mensal de soda, uma vez que automatizou um processo que antes se dava de forma manual como pode-se notar na Figura 9. Embora o período tratado como “antes” seja de apenas 3 meses (janeiro a março), é possível verificar através do gráfico que o perfil de consumo do insumo era superior e se mostra num intervalo mais estreito devido ao fato da demanda não apresentar grandes oscilações como quando comparado ao intervalo de 6 meses (junho a dezembro) tratados como “depois”.

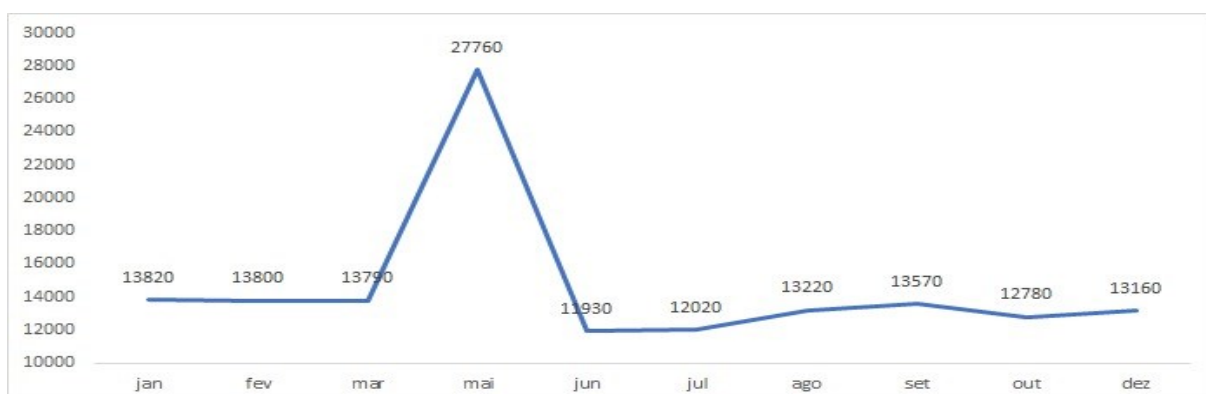
Figura 9 - Perfil de consumo de soda em quilos antes e depois da instalação do sistema de segurança de dosagem



Fonte: autoria própria.

Na Figura 10 vê-se a quantidade de soda (em quilos) adquirida mensalmente em 2019. A empresa não tinha o controle efetivo da quantidade de soda usada mensalmente, mas como o consumo desse item na empresa se dá basicamente para a realização de CIPs e não são feitos estoques relevantes, a aquisição mensal foi utilizada como média do consumo de soda para higienização.

Figura 10 - Quantidade de soda adquirida ao mês em 2019 (em quilogramas)

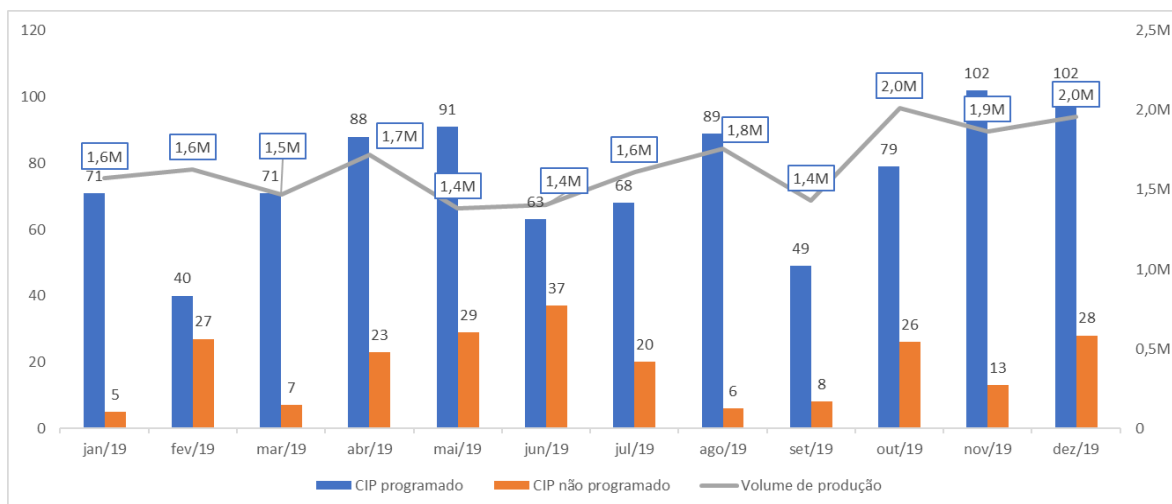


Fonte: autoria própria

4.2 Medir

No ano de 2019 pode-se ver a distribuição do número total de CIPs programados *versus* CIPs não programados ao mês para todas as linhas de produção através do sistema online de acompanhamento paradas comparado ao volume de produção mensal em caixas representado na Figura 11 .

Figura 11 - CIPs programados e não programados versus volume de produção e milhões de caixas no ano de 2019



Fonte: autoria própria.

É importante ressaltar que, em períodos de alta demanda, como nota-se de março a maio e outubro a dezembro, há uma tendência de aumento de CIPs programados devido às alterações necessárias na programação de produção, de modo a atender variações de vendas em resposta ao dinamismo do mercado. Ressalta-se que a programação da produção é realizada por outra área da empresa, com base nos pedidos e estoques, sendo foco do presente trabalho apenas a execução da programação.

Durante o estudo, não foi possível segregar o consumo de soda cáustica por linha ou equipamento, uma vez que não existia medidor. Portanto, a análise foi realizada com base na média do volume atual utilizado por CIP por linha comparado ao volume ideal.

Uma vez que se trata de equipamentos antigos, não foi possível determinar em volume a quantidade ideal de soda para o processo através de cálculos ou conferência junto aos manuais, pois tais informações seriam imprecisas já que os equipamentos sofreram modificações e ajustes ao longo do tempo. Sendo assim, foram realizados testes para determinar este valor com base na concentração de especificação exigida pelo controle de qualidade.

Os equipamentos analisados foram as enchedoras e pasteurizadores. Em todos os equipamentos a margem de concentração de soda exigida pelo controle de qualidade é entre 2% e 2,5%, exceto o pasteurizador da linha de envase de PETs cuja margem está entre 3,5% e 5% por ser um processo mais delicado.

Os testes para definição da quantidade em volume de soda necessária para alcançar tais concentrações foram feitos com base no conhecimento operacional para cada equipamento, apoiado por titulações de verificação realizadas pelo setor

de qualidade. Ressalta-se que não foi possível realizar esse procedimento via cálculos de diluição visto que os próprios fabricantes dos equipamentos afirmaram que o volume útil dos equipamentos poderia variar para cada maquinário. Sendo assim, essa estimativa foi feita tanto para determinação como para posterior confirmação.

Os coordenadores dos setores de envase e pasteurização nomearam operadores-chave com maior expertise do processo para definir a quantidade que percebiam consumir de soda no processo de CIP avaliando visualmente para cada equipamento. Esta análise foi possível colocando graduação de volume nos tanques de soda, conforme Figura 12. Desta maneira, optou-se por delimitar o trabalho a um equipamento piloto, a linha 1, e, depois de analisados os resultados, reproduzir para as demais linhas.

Figura 12 - Tanque de soda graduado (a cada 25 litros)



Fonte: autoria própria.

4.3 Analisar

Com as etapas definir e medir aplicadas, a próxima etapa é analisar os dados históricos para encontrar padrões e analisar os procedimentos que ocorrem no processo e fazer testes para validá-los. Assim, é possível criar possíveis soluções para as causas raízes, garantindo um processo mais estável e confiável.

Na Tabela 1 foram compiladas as médias aritméticas das concentrações de soda em todos os CIPs realizados ao longo do ano de 2019 para cada máquina (enchedora e pasteurizador), bem como o desvio padrão das concentrações dentre as cinco linhas de produção.

A linha 1 foi escolhida como equipamento piloto para as análises pois foram encontrados os maiores desvios de concentração de soda quando analisada a média do ano de 2019 em comparação com as médias das outras linhas (como

pode-se notar na Tabela 1) e, além disso, os operadores já haviam observado um volume médio de 25 litros de soda consumida por CIP no pasteurizador e 10 litros na enchedora.

Através de dosagem manual de soda iniciando com o volume observado pelos operadores e utilizando equipamentos de proteção individual adequados além da supervisão da equipe de segurança, com alvo em uma concentração de 2,1% (garantindo que o processo ainda esteja dentro da especificação exigida), chegou-se ao volume ideal de 22 litros de soda para o pasteurizador e 8 litros de soda para a enchedora.

Tabela 1 - Concentração de CIPs no ano de 2019

	Média	Desvio padrão
Enchedora Cart. 1	2,5877	0,9908
Past cart 1	2,4416	0,7672
Enchedora cart. 2	2,5065	0,6835
Past cart 2	2,3225	0,4321
Enchedora cart. 3	2,3928	0,6226
Past cart 3	2,4151	0,6804
PET	2,5416	0,603
Past PET	4,116	0,8255
LATA	2,4514	0,9824
Past LATA	2,5144	0,7295

Fonte: autoria própria.

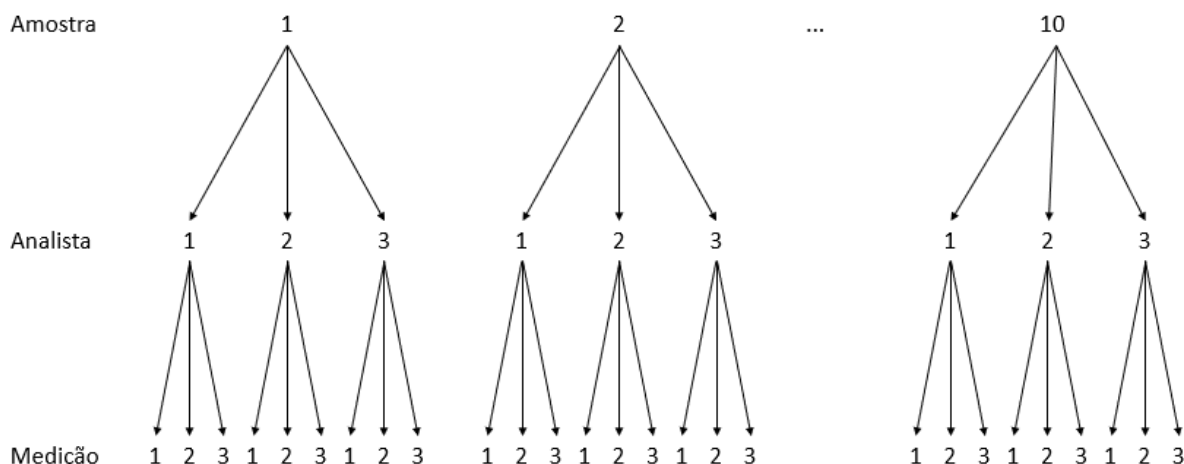
Considerando o limite de especificação 3,5% a 5% para o pasteurizador PET e 2% a 2,5% para demais equipamentos, é possível notar, através da Tabela 1, que praticamente em todos os equipamentos o processo está deslocado para o limite superior, ou seja, há oportunidade de redução de consumo de soda por CIP realizado apenas padronizando a dosagem, reduzindo a variabilidade do processo e melhorando a análise da solução.

A análise de concentração é feita através do método de titulação manual. O operador do equipamento (enchedora ou pasteurizador) leva uma amostra da solução de água e soda coletada no ponto de retorno até o laboratório. O analista de qualidade dilui esta amostra em 10mL de água, insere 3 gotas de um indicador e adiciona, gota a gota diretamente de uma bisnaga, o reagente. O cálculo da concentração é dado por uma equação definida pelo fabricante com base no número de gotas do reagente aplicadas à solução até o ponto de viragem (alteração de cor da solução). Quanto maior o número de gotas, maior a concentração da amostra.

Neste ponto, surgiu a dúvida sobre a adequação do sistema de medição, devido à alta variabilidade encontrada. Desse modo, os sistemas foram verificados, ou seja, através de testes, foram avaliadas as habilidades dos analistas, bem como o próprio método, para garantir que os valores analisados na titulação estão corretos e correspondem à realidade.

Sendo assim, foi utilizado o método R&R para analisar o sistema de medição (titulação). Aplicou-se um teste com todos os analistas de laboratório com um plano de amostragem do tipo balanceado cruzado, distribuído conforme Figura 13.

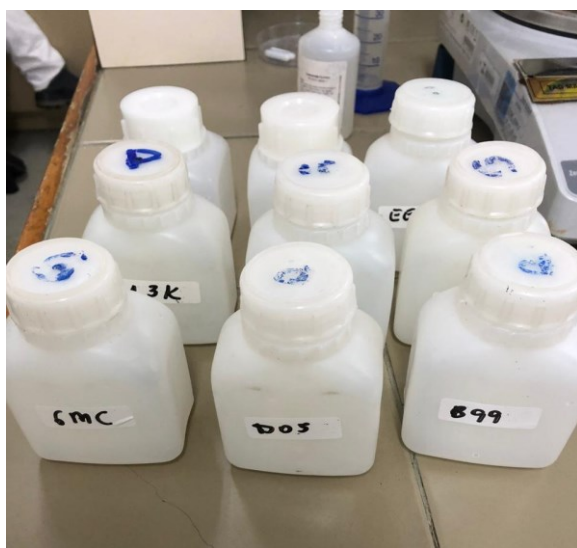
Figura 13 - Plano de amostragem cruzado para estudo R&R



Adaptado de: Avaliação de Sistemas de Medição: Versão Minitab, 2019.

Para o teste em questão, foram coletadas 3 amostras com diferentes concentrações e cada amostra foi dividida em três frascos nomeados aleatoriamente. Cada trio de frascos ilustrados na Figura 14 possui amostras com concentrações iguais, porém os analistas não tinham esta informação.

Figura 14 - Frascos das amostras coletadas



Fonte: autoria própria.

Esta técnica foi utilizada para que nenhum dos 9 analistas da equipe pudessem ajustar o valor informado na planilha de resultados caso chegassem em concentrações divergentes na mesma amostra. Ou seja, com esta diferenciação de frascos, foi possível garantir que cada amostra fosse analisada por três vezes por cada analista e que não fossem capazes de encontrar padrões para, possivelmente, informar um resultado diferente daquele que realmente obteve, a fim de entregar resultados manipulados. Os resultados foram analisados na ferramenta Minitab®.

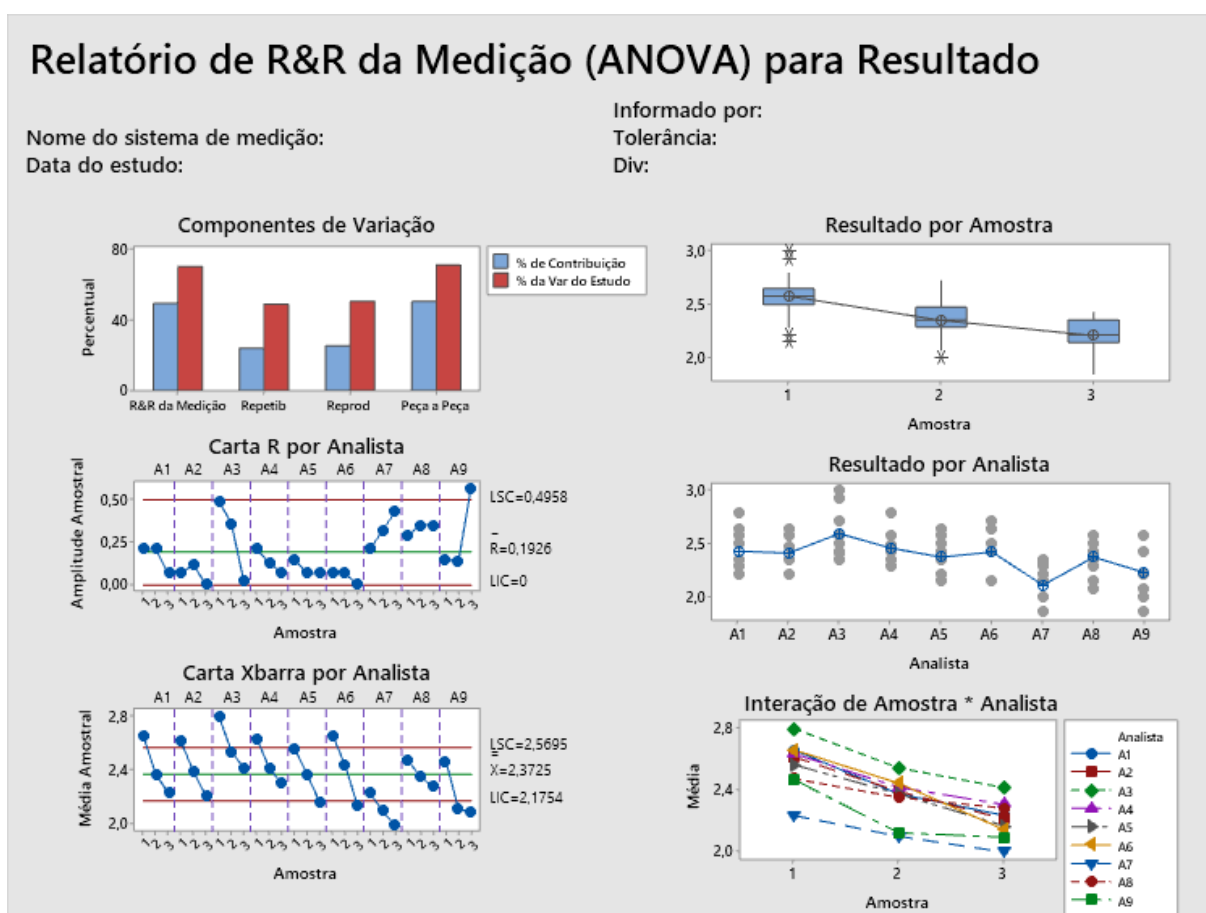
Em planos cruzados, a análise de dados deve ser realizada pela técnica de análise de componentes de variância (ANOVA). Através destes resultados, pode-se

analisar a capacidade do sistema de medição com base nos índices de precisão da análise por tolerância (%P/T) e precisão da análise por desvio padrão total (R&R), sendo que tais coeficientes devem ser interpretados como ótimos quando abaixo dos 10%, aceitáveis quando entre 10% e 30% e ruins quando acima de 30%.

Com foco em melhoria contínua, o índice que mais interessa é o R&R, já o %P/T é um bom sinalizador se a medição estiver sendo utilizada apenas para inspeção, ou seja, aprovar ou não um produto. Uma vez que o objetivo deste estudo não é apenas aprovar ou não o processo de CIP, mas sim melhorá-lo, o indicador foco, é o R&R.

A partir dos resultados obtidos ilustrados na Figura 15 é possível determinar que o método de análise, a titulação manual, não é o ideal para o processo e que, especialmente, três analistas (3, 7 e 9) precisariam de novos treinamentos.

Figura 15 - Resultados Análise Sistema Medição (titulação)



Fonte: autoria própria.

Tabela 2 - Resultados Avaliação Sistema Medição (titulação) II

Fonte	Desv Pad (DP)	Var do estudo (6xDP)	%Var do Estudo (%VE)
Total de R&R da medição	0,181533	1,0892	70,3
Repetibilidade	0,126424	0,75855	48,96
Reprodutibilidade	0,130273	0,78164	50,45
Analista	0,130273	0,78164	50,45
Peça a Peça	0,183654	1,10192	71,12
Variação Total	0,2823	1,54938	100

Fonte: autoria própria.

A carta R por analista (Figura 15) é calculada com base na amplitude (máximo e mínimo) das medições da mesma amostra por analista e evidencia o quão preciso é o método, ou seja, quanto menor a amplitude, mais preciso. É possível observar que há alta amplitude evidenciando uma possível inadequação do sistema de medição. Vale ressaltar que a análise foi feita com três conjuntos, cada qual com três amostras de mesma concentração, logo, alguma variabilidade pode se dever a diferença de concentração entre as amostras.

Na carta Xbarra por analista cada ponto é dado pela média das medidas de cada amostra por analista. A linha central é calculada com base na média de todas as análises realizadas por todos os analistas em todas as amostras. Os limites inferior e superior são dados pelo desvio padrão da repetibilidade, assim sendo, uma vez que as amostras selecionadas para o estudo R&R deveriam representar a faixa total de variação de concentração das amostras (que propositalmente foram escolhidas com concentrações diferentes) Para um sistema de medição adequado, esperava-se que a distribuição dos pontos de cada analista tivessem comportamento semelhante e variabilidade próxima, contudo, observa-se um comportamento muito divergente.

Observando o campo Resultado por Analista em que cada ponto representa uma das 9 medidas realizadas e as linhas ligam as médias de todas as análises entre cada analista, espera-se que as variações dos pontos sejam semelhantes e que as médias estejam próximas, tornando a linha central o mais horizontal possível. Neste caso os analistas 3, 7 e 9 novamente aparecem com resultados fora do esperado, evidenciando possíveis problemas de reprodutividade.

O último campo, mostra a interação das médias das análises de cada amostra por analista. Idealmente, as linhas seguiriam o mesmo comportamento (paralelas e coincidentes) e com as partes variando em uma faixa adequada, com diferenças nítidas entre amostras (já que possuem concentrações diferentes). Este último ponto é bastante nítido, sendo possível dizer que as concentrações de soda das amostras estavam reduzindo, o que era esperado, já que cada amostra foi coletada com dosagem diferente da outra. Mais uma vez, os analistas 3, 7 e 9 se afastam das médias centrais e, portanto, é possível inferir que precisam ter seus treinamentos reforçados.

Ainda sobre o último campo, é válido reforçar que, uma vez que a análise é feita de forma visual e manual, com o uso de uma bisnaga, os resultados podem estar divergentes por dois fatores principais, sendo eles: pressão aplicada à bisnaga de reagente e análise qualitativa do ponto de viragem da solução.

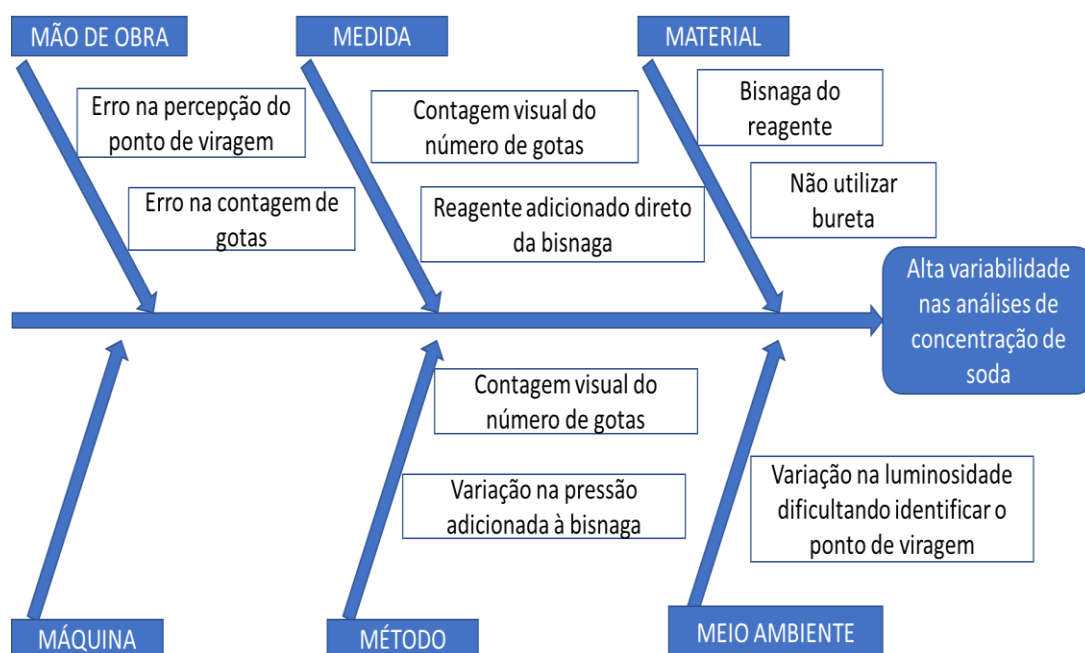
Com oscilação da pressão aplicada à bisnaga de reagente, o volume das gotas pode variar o que, conseqüentemente, pode provocar na necessidade de mais ou menos gotas resultando em um cálculo incorreto da concentração da solução.

O ponto de viragem da solução é identificado quando ela passa de um tom laranja para cobre alaranjado e a verificação é feita visualmente, ou seja, está suscetível à interpretação de cada analista podendo variar no número de gotas aplicadas e, conseqüentemente, alterando o resultado calculado para a concentração de uma mesma amostra.

Nos componentes de variação foi possível apurar a forte contribuição do fator R&R na medição, já indicando a necessidade de ajustes no método. Na Tabela 2 observa-se que o R&R é de 70,3%, muito acima dos 30% toleráveis e mais que sete vezes maiores que o ideal que seria abaixo de 10%, ou seja, o método necessita de intervenção para melhoria do sistema de medição. Sendo assim, os esforços do presente trabalho se voltaram a melhoria do sistema de medição.

Desse modo, foram verificadas as possíveis causas que poderiam provocar a alta variabilidade nas análises através de *brainstormings*, os quais possibilitaram se construir o gráfico de Ishikawa, ilustrado na Figura 16. Ressalta-se que essas análises foram feitas em conjunto com a equipe de controle de qualidade.

Figura 16 - Ishikawa de análise da variabilidade na análise de concentração de soda



Fonte: Autoria própria.

Após o levantamento e priorização das possíveis causas com a equipe de controle da qualidade, a ferramenta dos 5 por quês foi utilizada para apoiar a construção de planos de ação e melhorias no processo de medição, conforme disposto na **Tabela 3**.

Tabela 3 - 5 por quês

Possíveis causas	Porquê?	Porquê?	Porquê?	Porquê?	Porquê?
Baixa luminosidade	A luminosidade no ambiente não varia	Há iluminação suficiente no laboratório	Para não haver dificuldade em análises qualitativas		
Contagem visual	Porque é mais rápido	Porque não temos bureta automática			
Uso da bisnaga	Porque não recebemos treinamento de outra maneira	Porque o fornecedor foi alterado e não foi realizado treinamento com o novo produto	Não foi solicitado	Assumiu-se que o procedimento não mudaria	
Não uso da bureta	Porque é mais rápido	Porque não temos bureta automática	Não foi orçado	Não foi solicitado	Não havia sido enxegada a necessidade

Fonte: autoria própria.

Verifica-se que, após analisadas as possíveis causas, chegou-se à conclusão de que algumas das hipóteses levantadas e analisadas. A primeira hipótese foi eliminada com a visita ao laboratório em diferentes horários e notou-se que não há variabilidade de luminosidade em nenhum dos turnos e isto se dá não somente para garantir a qualidade das análises sensoriais, mas também, para garantir condições ergonômicas aos colaboradores do setor.

Com relação às outras hipóteses levantadas, foram elencadas três possibilidades de melhoria sendo elas: contato com o fornecedor para retreinamento da equipe sobre o procedimento, compra de buretas automáticas e cotação de tituladores automáticos.

Foi feito contato com o fornecedor dos reagentes e chegou-se à conclusão de que o procedimento adotado estava incorreto, pois deveria ser preparada uma solução com o reagente e a solução aplicada à análise.

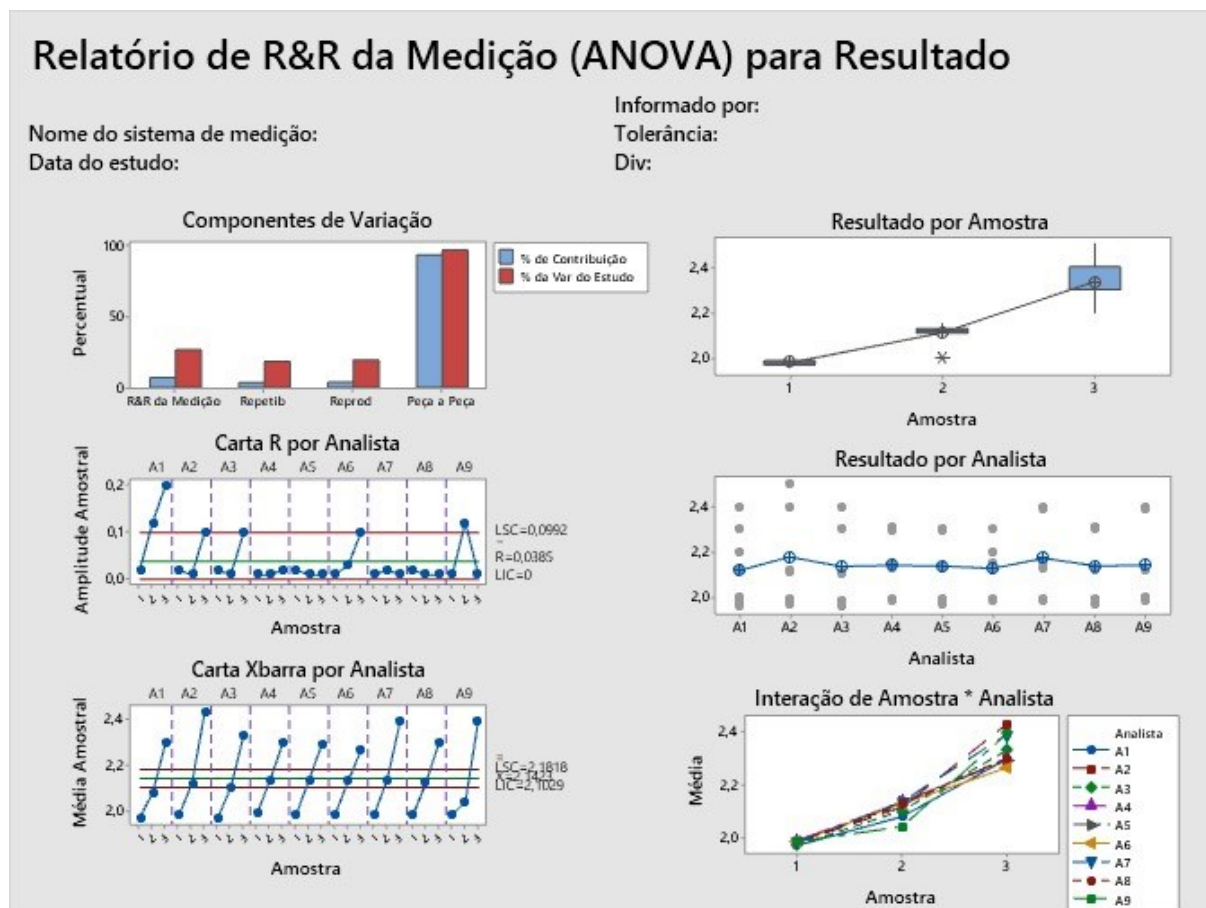
Além da melhoria do procedimento verificou-se sistemas de titulação automáticos já são uma realidade no mercado, mas não se mostraram um investimento viável no presente estudo. A segunda opção seria definir outro método de titulação manual, aplicando as gotas da solução reagente através de uma bureta automática. Esta alteração foi necessária para eliminar a variação da pressão aplicada à bisnaga que pode acarretar diferentes tamanhos de gotas e, consequentemente, oscilação no volume da solução do reagente aplicado resultando em diferentes quantidades de gotas utilizadas para chegar ao ponto de viragem numa mesma amostra. A bureta automática também atuaria na eliminação da necessidade de contagem visual das gotas.

Além disso, caso a bureta automática não se mostrasse um investimento viável, seria possível inserir controles visuais (faixas de cores) na bureta manual que serviriam de alerta para o analista, reduziram o tempo necessário para a realização da titulação e, ainda assim, garantiram volumes iguais das gotas de reagente aplicadas à amostra, porém a opção de bureta automática foi aprovada e feita a aquisição do equipamento.

Após analisados os dados e apresentados à equipe de controle de qualidade, os analistas foram informados das dificuldades do Sistema até então usado e de suas limitações, sendo assim, compreenderam as falhas do processo e adotaram a titulação das amostras através da metodologia repassada pelo fornecedor com o auxílio da bureta automática. As titulações passaram então a serem realizadas com o uso de uma solução preparada previamente a cada turno.

Uma vez que os procedimentos desta análise foram alterados, foi necessário revisar as instruções de trabalho relacionadas e garantir o treinamento de todos os 9 colaboradores envolvidos nos três turnos de operação. Após o período de treinamento, o teste aplicado inicialmente foi refeito, com três novas soluções de diferentes concentrações divididas em nove diferentes frascos nomeados aleatoriamente, assim como realizado previamente. Os analistas, então, fizeram as análises sem saber as concentrações de cada frasco e os resultados foram analisados no sistema Minitab®, como mostrado na Figura 17.

Figura 17 - Resultados Análise Sistema Medição (bureta automática)



Fonte: autoria própria.

Logo na primeira tentativa, é nítida a redução da contribuição do fator RR, Repetibilidade e Reprodutibilidade nos componentes da variação, resultado de um processo muito mais padronizado e controlado, adequado à necessidade deste tipo de análise.

Os resultados obtidos na carta R por analista evidenciam redução da amplitude dos resultados obtidos que era inicialmente de 0,5 e passou para 0,2 o que culminou em melhor nivelamento e separação das amostras por analista, como verificado no campo Resultado por Amostra e Resultado por Analista. Na carta Xbarra, verifica-se que os pontos dos diversos analistas apresentam um comportamento mais semelhante entre si, apesar de existirem oportunidades de melhoria para os operadores 2, 7 e 9.

Outro ponto significativo é a considerável aproximação das curvas de interação das amostras de cada analista, como evidenciado pelo último campo e em todos os resultados houve redução dos limites de controle nas cartas que anteriormente variavam de 2 a 3 e, nos novos resultados estão entre 2 e 2,4, respeitando os limites exigidos pela especificação.

Verifica-se também diminuição o R&R da medição (de 70,3% para 26,48) e das suas componentes, repetibilidade (de 48,96% para 18,26%) e reprodutibilidade (de 50,45% para 19,17%). Sendo assim, é possível observar que mesmo que não tenham sido atingidos os 10% desejáveis, o sistema foi levado para a faixa aceitável. Logo, apesar de possibilitar a sua adoção, novas iniciativas para melhorar os sistemas de medição serão realizadas em estudos futuros.

O resultado por amostra evidencia que houve uma redução da variabilidade, em especial nas amostras 1 e 2. Contudo, a amostra 3 apresenta uma maior variabilidade e estudos futuros serão realizados no sentido de entender os motivos que levam a esse resultado e atuar na sua redução.

Os resultados da Figura 17 evidenciam que ainda há oportunidades de melhoria no treinamento sobre o novo método com os analistas 1 e 9, principalmente, porém, o novo método se mostra superior quanto à precisão, passando de um R&R 70,3% para 26,48% (Tabela 4) considerado aceitável.

Tabela 4 - Resultados Avaliação Sistema Medição (bureta automática) II

Fonte	Desv Pad (DP)	Var do estudo (6xDP)	%Var do Estudo (%VE)
Total de R&R da medição	0,049219	0,29531	26,48
Repetibilidade	0,033939	0,20363	18,26
Reprodutibilidade	0,035646	0,21388	19,17
Analista	0,000000	0,00000	0,00
Peça a Peça	0,179264	1,07558	96,43
Variação Total	0,185898	1,11539	100

Fonte: autoria própria.

Com a equipe do controle de qualidade treinada, foi solicitada à equipe de manutenção que a bomba de dosagem de soda fosse ajustada para dosar o volume de apenas 8 litros de soda para a enchedora e de 22 litros para o pasteurizador da linha 1 para que, então, fosse dado seguimento ao projeto DMAIC. Esta ação não foi possível pois as bombas de dosagem de soda seriam substituídas e esta manobra, que exige certo tempo e recursos da equipe de manutenção, não seria priorizada para este momento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusões do trabalho

O DMAIC é uma metodologia que auxilia na busca por melhorias em processos, através de ferramentas que reduzam ou eliminem desperdícios melhorando a produtividade nas mais diversas atividades.

Respalado neste raciocínio, este trabalho foi iniciado buscando a aplicação do DMAIC e, na etapa medir, deparou-se com a variabilidade nas análises de concentração de soda, através da titulação manual. Esse processo estava sendo executado com ferramentas e método inadequados. Deste modo, se mostrou indispensável corrigir esse erro de análise para viabilizar o projeto inicialmente desenhado, visto que, a cada CIP realizado é necessária uma análise de titulação.

O foco, portanto, na avaliação do sistema de medição, culminou na mudança da metodologia e ferramenta utilizadas, além do treinamento da equipe dos três turnos. Com este trabalho foi possível reduzir tempo de análise, tempo de realização dos CIPs, queda na variabilidade das análises de titulometria do laboratório, aumento da precisão do método utilizado, abrindo assim novas oportunidades de estudo no local já que com a adequação deste processo, outros também foram questionados, o que contribuiu para a eficácia da empresa na busca por melhorias.

5.2 Limitações do estudo

É importante ressaltar que um dos maiores limitantes para a conclusão de todas as etapas deste projeto se deu devido à limitação de acesso à fábrica visto que o estudo foi conduzido durante período de pandemia.

As análises se limitaram à aplicação na linha 1 e não em todas as cinco linhas como inicialmente previa-se devido a fatores como horário em que os CIPS são realizados, já que seu ciclo é em média a cada 66 horas, podendo ser realizado durante a madrugada limitando o tempo hábil de aplicação do estudo em um de seus objetivos finais que é apresentação como requisito parcial para obtenção do título de graduação.

Houveram limitações financeiras que impediram a aplicação do DMAIC completo, pois, ainda que fosse aprovada a compra do titulador e não da bureta automática, ainda seria necessário aguardar a troca de todas as bombas (o que seria feito periodicamente respeitando o orçamento disponível para o setor de manutenção), ou seja, não haveria prazo definido para aquisição de bombas para todos os equipamentos da companhia.

5.3 Trabalhos futuros

Para garantir a continuidade deste projeto é preciso realizar testes nas outras linhas, também com auxílio do conhecimento operacional apoiados pelas verificações de titulometria, para definição dos volumes ideais de soda em cada equipamento. Em seguida a equipe de manutenção deve fixar esses volumes de dosagem de soda nas novas bombas e deverá ser feito acompanhamento para avaliação da redução da variabilidade de concentração também nos outros equipamentos.

Há ou outra linha de pensamento em que se pode aplicar uma análise mais sofisticada a fim de chegar a novos valores de especificação, garantido a segurança do processo, através de métodos como *Design of Experiments* e com a validação da equipe de qualidade. Neste segundo estudo, já não se pensaria mais em redução de variabilidade, mas sim, na redução da concentração especificada pelo setor de qualidade ao seu limite inferior mínimo, ainda assim garantindo a segurança do alimento.

6 REFERÊNCIAS

Abir Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas não Alcoólicas. *Site da Abir*. [Online] Copyright 2015 - All Right Reserved. Disponível em <<https://abir.org.br/>>. Acesso em: 22 de Maio de 2020.

ANTONY, J. Application of Six Sigma DMAIC methodology in a transactional environment. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 29, n. 1, p. 31-53, 2012.

ARRUDA, A. I. B.A. et al. Análise da Gestão da Qualidade em uma Indústria de Alimentos em Caruaru - PE: Estudo Sobre a Utilização das Ferramentas da Qualidade. ENEGEP, 2016.

AZEVEDO, Irene Conceição Gouvêa. Fluxograma como ferramenta de mapeamento de processo no controle de qualidade de uma indústria de confecção. In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão. 2016. p. 1-14.

BABA, V. A. Diagnóstico e análise de oportunidade de melhoria em um restaurante universitário por meio da filosofia Seis Sigma. Dissertação em Administração de Organizações, FEA-USP, Ribeirão Preto, SP, 2008.

BARTH BARTZ, Ana Paula; WEISE, Andreas Dittmar; RUPPENTHAL, Janis Elisa. Aplicação da manufatura enxuta em uma indústria de equipamentos agrícolas. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, v. 21, n. 1, p. 147-158, 2013.

Black, William C., et al. *Análise Multivariada de Dados*. São Paulo : Bookman, 2009. ISBN 978-85-7780-534-1.

BORNIA, A. C. Análise gerencial de custos: aplicação em empresas modernas. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BRIGGS, D. E.; et al.; BOULTON, P. A.; STEVENS, R. *Brewing Science and practice*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2004.

BRITO, Luiz Artur. A competitividade das empresas brasileiras: o problema também está dentro das organizações. 2015.

CARPINETTI, L. C. R. *Gestão da qualidade: conceitos e técnicas*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

COUGHLAN, P.; COGHLAN, D. Action research for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22, n. 2, p. 220-240, 2002.

CLARK, P. *Case Studies in Food Engineering: Learning from Experience*. New York: Springer, 2009.

DELGADO NETO, Geraldo Gonçalves et al. Uma contribuição à metodologia de projeto para o desenvolvimento de jogos e brinquedos infantis. 2005.

DE ANDRADE, Dinizete; DA SILVA, Michelli Aparecida Bertolazo. Avaliação da Durabilidade do Processo de Cleaning In Place (CIP) em uma Fábrica de Refrigerantes em Curitiba-PR. *REVISTA ELETRÔNICA BIOCIEÊNCIAS, BIOTECNOLOGIA E SAÚDE*, v. 7, n. 16, p. 31-37, 2016.

DE MARCHI, R. Bebida de maracujá natural “light” pronta para beber: formulação, produção e estudo de vida-de-prateleira. 2006. 206 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

DE MARCHI, R. Desenvolvimento de uma bebida à base de maracujá (*Passiflora edulis* Sims. F. *flavicarpa* Deg.) com propriedades de reposição hidrolítica. 2001. 92 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Araraquara.

DE PAULA, Mariléia Aparecida; VALLS, Valéria Martin. Mapeamento de processos em bibliotecas: Revisão de literatura e apresentação de metodologias. *RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, v. 12, n. 3, p. 136-156, 2014.

Avaliação de Sistemas de Medição: Versão Minitab, Araguari: MI Domenech, 2019. 90p. Apostila.

DOS SANTOS, Grace Lissarassa. Análise de métodos de previsão de demanda para empresa fabricante de produtos de transmissão e distribuição de energia. 2010. 34 p. Monografia Administração – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

FERRAREZI, A.C.; MINIM, V.P.R.; DOS SANTOS, K.O.; MONTEIRO, M. Consumer attitude towards purchasing intent for ready to drink orange juice and nectar. *Nutrition and Food Science*. v. 43, n. 4, p. 304-312, 2013.

FINAMORE JR., Weyder Alves. Aplicação do modelo six sigma na administração de operações: estudo de caso no tempo de entrada de materiais importados. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2008.

FONSECA, M. P. A Análise Do Sistema De Medição (MSA) como ferramenta no controle de processos em uma indústria de dispositivos médicos

descartáveis. Curso De Engenharia De Produção Da Universidade Federal De Juiz De Fora, 2008.

FORNI, Renato. Projeto mecânico de um sistema de higienização CIP (Cleaning in Place). Departamento de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007.

FINAMORE JR., Weyder Alves. Aplicação do modelo six sigma na administração de operações: estudo de caso no tempo de entrada de materiais importados. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2008.

GODOY, Caroline. Uma aplicação do planejamento de experimentos e carta de controle em uma indústria de cosméticos: ciclo DMAIC. 2014.

GOMES, L. Reavaliação e melhoria dos processos de beneficiamento de não tecidos com base em reclamações de clientes. Revista FAE, 2006.

GONÇALVES, V. Metodologia Seis Sigma: o que é e como funciona? Disponível em: < Aprenda como a Metodologia Seis Sigma impulsiona a melhoria nos resultados das empresas | Blog Voitto> . Acesso em 05 de maio de 2020.

Haertel, Maryah Elisa Morastoni. 2018. *Análise dos Sistemas de Medição*. Indaial : Uniasselvi, 2018. ISBN 978-85-515-0130-6.

JUDE, B.; LEMAIRE, E. How optimize Clean in Place (CIP) processes in food and beverage operations. Schneider Electric Marketing and Community Manager. 2013.

JUNIOR, I. M.; CIERCO, A. A.; ROCHA, A. V.; MOTA, E. B.; LEUSIN, S. Gestão da qualidade: 10º ed. Rio de Janeiro: FGV, 2013.

KOTLER, P. Administração de marketing. São Paulo: Prentice Hall, 2000.

LIN, C. *et al.* Continuous improvement of knowledge management systems using Six Sigma methodology. Robotics and Computers_Integrated Manufacturing. v.29, p. 93-103, 2013.

NOBRE, Daniel Pereira. Ferramentas estratégicas em uso: uma investigação prática às empresas em Portugal. Dissertação (Mestrado em Gestão) - ISCTE-IUL, Lisboa, 2016.

MACEDO, Mariano de Matos. Gestão da produtividade nas empresas. Revista Organização Sistêmica, v. 1, n. 1, p. 110-119, 2012.

MACH, P.; GUÁQUETA, J. Utilization of the Seven Ishikawa Tools (Old Tools) in the Six Sigma Strategy. In: International Spring Seminar on Eletronics Technology, 24., 2001, Romênia.

MARSHALL Jr., I.; CIERCO, A. A.; ROCHA, A. V.; MOTA, E. B.; LEUSIN, S. Gestão da qualidade. 10^a Ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2011.

MARIANI, Celso Antonio. Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais: um estudo de caso. RAI-Revista de Administração e Inovação, v. 2, n. 2, p. 110-126, 2005.

MELLO, A. E. N. S. Aplicação do mapeamento de processos e da simulação no desenvolvimento de projetos de processos produtivos. 2008. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá 2008.

MIGUEL, P. A. C. Qualidade: enfoques e ferramentas. São Paulo: Artliber Editora, 2001.

MONTGOMERY, D. C. Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade. Tradução: Ana M.

L. de Farias, Vera R. L. de F. e Flores. Revisão Técnica: Luiz da C. Laurencel, 4. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2009a. 513 p.

MONTGOMERY, D. C.; WOODALL, W. H. An Overview of Six Sigma. International Statistical Review, v. 76, 3, p. 329-346, 2008.

OHNO, T., O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala. Porto Alegre: Bookman, 149p. 1997.

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. The six sigma way: how GE, Motorola, and other top companies are honing their performance. New York: McGraw- Hill, 2000.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. Administração da produção: operações industriais e serviços. Curitiba: Unicenp, 2007.

PERINI, Noéle Bissoli; BERTOLDE, Adelmo Inácio. Previsão de demanda na indústria de petróleo: um estudo de caso no estado do Espírito Santo, Revista Gestão Industrial. V.12, n. 01: p. 156-182, 2016

PETENATE, M. Ferramentas para melhoria -SIPOC. Portal Escola Edti, 2012.

PIRAN, Fabio Sartori; LACERDA, Daniel Pacheco; CAMARGO, Luis Felipe Riehs. Análise e Gestão da Eficiência: aplicação em sistemas produtivos de bens e de serviços. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018. 227 p.

PONTES, H. L. J; et al. (2005). Melhoria no sistema produtivo de uma fábrica de café: estudo de caso. In Simpósio de Engenharia de Produção, 12, Bauru. Anais. São Paulo: SIMPEP, 2005.

QUINTELLA, Filipe de Oliveira. DMAIC aplicado para tratar as causas raízes do setor do abate em um frigorífico. 2019.

REIS, Juliana Trombeta. Setor de bebidas no Brasil: abrangência e configuração preliminar. Rosa dos Ventos, v. 7, n. 2, p. 205-222, 2015.

RENDER, Barry; STAIR JUNIOR, R. M.; HANNA, M. E. Análise Quantitativa para Administração. 10. ed., Porto Alegre: Bookman, 2000.

ROSA, Sérgio Eduardo Silveira da; COSENZA, José Paulo; LEÃO, Luciana Teixeira de Souza. Panorama do setor de bebidas no Brasil. 2006.

ROTH, A. L. Dissertação: Métodos e Ferramentas de Qualidade. FACCAT, Taquará, 2014.

SANTOS, A. B.; MARTINS, M. F. Contribuições do Seis Sigma: estudo de caso em multinacionais. Produção, v.20, n. 1, jan/mar. 2010.

SANTOS, Ivair Alves dos. DMAIC aplicado à utilização racional de ferramentas para o setor de usinagem em indústria de grande porte. 2015.

SCATOLIN, Andre Celso et al. Aplicação da metodologia Seis Sigma na redução das perdas de um processo de manufatura. 2005.

SHINGO, S. Sistemas de produção com estoque zero: O sistema Shingo para melhorias contínuas. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SILVA, D. C. Metodologia de análise e solução de problemas: curso de especialização em qualidade total e marketing. Florianópolis: Fundação CERTI, 1995.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. São Paulo: Atlas, 2002.

SOUZA, L. F. N. et al. Seis Sigma- qualidade com lucratividade. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 2007, p.2-3.

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

SUNIL, *et al.* Productivity Improvement of a Special Purpose Machine Using DMAIC Principles: A Case Study Journal Of Quality and Reliability Engineering, 2013.

THIOLLENT, M. *Metodologia da pesquisa-ação*. São Paulo: Cortez, 2007.

VIANNA, H. R. G. PCM – Planejamento e controle da manutenção. Rio de Janeiro. Qualitymark, 2002.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. Pesquisa-ação na engenharia de produção. In: CAUCHICK, P. A. M., Metodologia em pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. Campus: São Paulo, 2010.

WALSTRA, P., et al. Dairy Technolgy. 2.ed. New York: Marcell Dekker, 1999.

WEIS, A.E. Key business solutions: essential problem-solving tools and techniques that every manager needs to know. Grã-Bretanha: Pearson Education Limited, 2011.

WERKEMA, M. C. C. Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.

WERKEMA, M. C. C. Avaliação da Qualidade de Medidas. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 2000.

WERKEMA, Cristina. Lean Six Sigma: Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing . Rio de Janeiro : Elsevier Editora Ltda, 2012.

WERKEMA, C. Avaliação de sistemas de medição. 1. ed. Belo Horizonte: Werkema, 2016.