



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, ATUÁRIA E**  
**CONTABILIDADE**  
**DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO**

**HELEN CRISTINA MENDES DE ALMEIDA**

**CONTRIBUIÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA PARA DIMINUIÇÃO DO**  
**ÍNDICE DE AVARIADOS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE**  
**DISTRIBUIÇÃO DE GÁS**

**FORTALEZA**

**2022**

HELEN CRISTINA MENDES DE ALMEIDA

CONTRIBUIÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA PARA DIMINUIÇÃO DO  
ÍNDICE DE AVARIADOS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE  
DISTRIBUIÇÃO DE GÁS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Administração da Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Administração.

Orientadora: Prof. Dra. Luma Louise Sousa Lopes

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- A447c Almeida, Helen Cristina Mendes de.  
Contribuição da metodologia Seis Sigma para diminuição do índice de avariados: : um estudo de caso em uma empresa de distribuição de gás / Helen Cristina Mendes de Almeida. – 2022.  
47 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Curso de Administração, Fortaleza, 2022.  
Orientação: Prof. Dr. Luma Louise Sousa Lopes.
1. Seis Sigma. 2. qualidade. 3. DMAIC. I. Título.

CDD 658

---

HELEN CRISTINA MENDES DE ALMEIDA

CONTRIBUIÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA PARA DIMINUIÇÃO DO  
ÍNDICE DE AVARIADOS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE  
DISTRIBUIÇÃO DE GÁS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Administração da Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Administração.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dra. Luma Louise Sousa Lopes (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Bruno Chaves Correia Lima  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Cláudio Bezerra Leopoldino  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ao meu avô Geraldo, *in memoriam*, pela  
força e inspiração.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, que sempre esteve comigo e me mostrou o melhor caminho a seguir. Aos meus pais, Viviane e Valdeci, que sempre me permitiram sonhar. Minha jornada só foi possível graças aos esforços de vocês, então, realmente, muito obrigada. À Livia, minha irmã, por mostrar que mesmo em condições difíceis é possível entregar um bom trabalho e pela pessoa que você é pra mim diariamente. Ao Pedrinho, que por mais que seja mais novo, sempre foi um grande exemplo de ser humano. Ao Davi, meu sobrinho favorito, que me faz todo dia ser uma pessoa melhor.

À minha prima, Lídia, que me ofereceu casa, comida e amor durante uma fase de transição muito importante e me fez ver a vida sob uma nova perspectiva. Ao Levi, por tentar sempre expandir minhas ideias e mostrar que o mundo é maior do que se imagina.

À Laísa, que além de amiga, é uma das maiores apoiadoras de qualquer ideia mirabolante da minha vida e que o único erro dela, com certeza, é amar demais. À Amanda, que de todos os meus amigos esteve presente em todas as fases e dividiu grandes momentos. Ao Roberto, meu primo postiço, e ao Davi, que abriram a porta da casa deles pra mim sempre que eu quisesse. À Mariana, que sempre me achou louca, mas que independente de qualquer coisa esteve por perto. Ao Pedro Júlio que mostra que a vida pode ser sempre mais divertida do que realmente é. Ao Luiz, meu xodó, por ensinar diariamente sobre a perseverança e por me mostrar beleza na simplicidade.

Aos meus farmamigos, Carlos, Ivna, Pedro Benício, Bruna, Jamille, Leornes e Matheus, que estiveram comigo no curso mais difícil dessa faculdade e hoje são pessoas que eu admiro. Ao grupo do H, Miguel, Gabi, Dourado, João Paulo, Léo, Vinícius e André que me proporcionam momentos muito felizes ao longo da graduação. Ao Paulo Roberto, que me ajudou nas piores cadeiras e foi um grande parceiro ao longo dessa jornada.

À Jack Chacon, que trouxe para perto dela uma pessoa sem nenhuma experiência na área. Você viu em mim o que provavelmente quase ninguém veria. Obrigada demais pela oportunidade. À Mariana Lima e a Sara Brasil, que me abriram as portas da Rio, me permitiram testar várias ideias no trabalho e foram muito flexíveis. Vocês me ajudaram muito a concluir esse curso. À equipe da Side, Lara, Eve, Thayna e

Clara que estão comigo todos os dias tentando fazer tudo dar certo. Vocês vão longe meninas e o mundo é de vocês. À Jamilly, que foi minha amiga fiel e me ensinou através do exemplo como ser uma grande profissional.

À professora Luma, que me orientou durante a execução do trabalho e permitiu que eu aprendesse um pouco do que ela sabe. A senhora fez valer a definição da palavra educador. Aos membros da banca, pela disponibilidade e interesse pelo trabalho.

## RESUMO

O conceito de qualidade evoluiu juntamente às mudanças vividas na indústria. Com isso, o controle de qualidade se tornou uma parte essencial de qualquer produção, visando garantir a competitividade e a relevância de uma empresa. A metodologia Seis Sigma estuda os processos internos de uma empresa, para então usar os fatos e dados obtidos na busca de mudanças que vão gerar melhorias de processos. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo apresentar como a metodologia Seis Sigma pode contribuir para a redução do número de avarias em botijões de gás de cozinha em uma indústria do segmento de gás. A pesquisa foi conduzida no setor de produção de uma empresa de distribuição de gás liquefeito de petróleo (GLP). O trabalho foi desenvolvido em uma unidade do grupo em São José dos Campos, São Paulo, dentro do setor de envase dos botijões P13 (gás de cozinha). O estudo realizou uma coleta de dados qualitativos a fim de delimitar as necessidades do setor a ser estudado. O método utilizado foi o estudo de caso. Após o estudo foi possível mapear, medir, analisar e encontrar os problemas gerados no processo. O processo de envase foi melhor compreendido pela própria equipe da empresa e os colaboradores foram capacitados gerando maior precisão na identificação de vazamentos em botijões P13. Ao final da pesquisa o índice de avarias em botijões P13 foi reduzido em 39% em comparação ao índice da empresa no início do projeto.

**Palavras-chave:** Seis Sigma; qualidade; DMAIC.

## ABSTRACT

The concept of quality has evolved along with the changes experienced in the industry. As a result, quality control has become an essential part of any production, aiming to ensure the competitiveness and relevance of a company. The Six Sigma methodology studies the internal processes of a company, and then uses the facts and data obtained in the search for changes that will generate process improvements. In this sense, the present work aims to present the ways the Six Sigma methodology can contribute to reducing the number of issues in cooking gas cylinders in an industry in the gas segment. The research was conducted in the production sector of a liquefied petroleum gas (LPG) distribution company. The work was carried out at a unit of the group in São José dos Campos, São Paulo, within the P13 (cooking gas) cylinder filling sector. The study carried out a collection of qualitative data in order to delimit the needs of the sector to be studied. The method used was the case study. After the study, it was possible to map, measure, analyze and find the problems generated in the process. The filling process was better understood by the company's own team and employees were trained, generating greater precision in identifying leaks in P13 cylinders. At the end of the survey, the rate of damage to cylinders P13 was reduced by 39% compared to the company's rate at the beginning of the project.

**Keywords:** Six Sigma; quality; DMAIC.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – SIPOC .....	22
Figura 2 – Matriz causa e efeito .....	23
Figura 3 – Exemplificação do Gráfico de Pareto .....	24
Figura 4 – Mapeamento de processo de envase do botijão P13 .....	29
Figura 5 – VSM .....	30
Figura 6 – MSA .....	36
Figura 7 – Concordância de avaliação e R&R .....	37
Figura 8 – Índice da empresa estudada .....	38
Figura 9 – Checklist antes e depois da melhoria .....	39

## LISTA DE QUADROS E GRÁFICOS

Quadro 1 – Processo de aplicação da metodologia Seis Sigma por meio do método DMAIC .....	26
Quadro 2 – Distribuição da quantidade de operadores por atividade .....	31
Quadro 3 – Aplicação do SIPOC .....	32
Gráfico 1 – Matriz causa e efeito .....	33
Gráfico 2 – Quantidade avariados de janeiro a agosto de 2021 .....	34
Gráfico 3 – Métrica financeira .....	40
Gráfico 4 – Métrica operacional – Índice de avariado .....	40

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEGÁS – Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado

CEO – *Chief Executive Officer*

CTQ – *Critical to Quality*

DMAIC – Definir, medir, analisar, melhorar e controlar

GE – *General Electric*

GLP – Gás liquefeito de petróleo

IBP – Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás

ISO 9000 – *International Organization for Standardization*

MAIC – Medir, analisar, melhorar e controlar

MSA – Manual de análise dos sistemas de medição

PDCA – *Plan, do, check, act*

PETROBRÁS – Petróleo Brasileiro S.A.

QS-9000 – *Quality System*

R&R – Repetitividade e reprodutibilidade

SIPOC – *Suppliers, inputs, process, outputs and costumers*

TQM – *Total quality management*

VOC – *Voice of Cliente*

VSM – *Value stream mapping*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Gestão de qualidade .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Seis Sigma .....</b>	<b>18</b>
<b>2.3 DMAIC .....</b>	<b>19</b>
<b>2.4 Outras ferramentas utilizadas no Seis Sigma .....</b>	<b>22</b>
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>26</b>
<b>4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>28</b>
<b>4.1 Análise das fases .....</b>	<b>28</b>
<b>4.1.1 Primeira fase: Definir .....</b>	<b>29</b>
<b>4.1.2 Segunda fase: Medir .....</b>	<b>33</b>
<b>4.1.3 Terceira fase: Analisar .....</b>	<b>36</b>
<b>4.1.4 Quarta fase: Melhorar .....</b>	<b>38</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>44</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Manter os negócios da empresa ao nível da concorrência de mercado, por outras palavras, significa garantir competitividade à organização, diferenciando-a de seus concorrentes. Muitas empresas optam, enquanto estratégia competitiva, uma diferenciação através da qualidade.

Há alguns anos, a empresa que oferecia produtos ou serviços de qualidade possuía uma vantagem competitiva em relação à sua concorrência. Devido à intensa rivalidade para a conquista de mercados, à criação de blocos econômicos e à redução de barreiras comerciais, a qualidade dos produtos e serviços tornou-se um fator imprescindível para a sobrevivência da empresa (PINTO; CARVALHO; HO, 2006).

O conceito de qualidade se modificou desde a idade média quando os artesões controlavam sua própria produção. Mesmo com a inspeção de produtos na linha produtiva, um novo conceito surgiu com a introdução dos gráficos de controle. Mas foi no Japão pós-guerra que a Gestão da Qualidade se desenvolveu e outros quesitos passaram a integrar o controle da qualidade, como o custo e a confiabilidade (SOUZA, 2002).

Segundo Campos (2004, p. 2) “um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo às necessidades dos clientes”. Para atingir este objetivo a empresa precisa que todo seu processo, desde a produção até a pós-venda, esteja em sintonia para atender as necessidades dos clientes.

Com isso, a gestão desta qualidade consiste em criar, intencionalmente, uma cultura organizacional em que todas as transações são perfeitamente entendidas e corretamente realizadas e onde os relacionamentos entre funcionários, fornecedores e clientes são bem-sucedidos (CROSBY, 1998). Sendo assim, a gestão da qualidade é entendida como o controle exercido para em atender perfeitamente, de forma confiável e segura no tempo certo, às necessidades que o cliente exige (CAMPOS, 1992).

Vários são os modelos de gestão de qualidade implementados nos últimos tempos, entre eles as normas da série ISO 9000, ciclo PDCA, o controle de qualidade total (TQM) e o Seis Sigma. O mais recente é o Seis Sigma, que apresenta algumas características do controle de qualidade total e do ciclo PDCA e acrescenta características como o alinhamento entre a estratégia da empresa e os projetos implantados e a relação

custo-benefício destes projetos (PINTO; CARVALHO; HO, 2006).

O ciclo PDCA, é uma ferramenta simples que funciona muito bem quando se conhece a causa-raiz do problema e quando é necessária uma abordagem mais simples. Dessa forma, em alguns problemas precisavam ser resolvidos de forma diferente que encontrasse o problema em questão e resolvesse da forma que a organização precisa. Então, na década de 1980, colocou-se o conceito de Seis Sigma, como um método para alcançar ganhos autossustentáveis e mais expressivos por mais tempo.

O Seis Sigma é uma metodologia para melhoria de processos que se baseia em fatos e dados na busca de mudanças que vão gerar melhorias. Werkema (2006) define o Seis Sigma como uma estratégia gerencial que tem como objetivo aumentar a lucratividade da empresa e a satisfação dos clientes, através da melhoria da qualidade dos produtos e processos. O Seis Sigma surgiu em 1987 na Motorola e apresenta algumas características como o uso de ferramentas estatísticas, a ênfase nos resultados financeiros e a busca do zero defeito (PINTO; CARVALHO; HO, 2006; WERKEMA, 2012; PEREZ-WILSON, 1999).

Tradicionalmente, a metodologia emprega uma série de ferramentas de análise de processos e de dados, com forte viés estatístico, para buscar: aumentar a produtividade, aperfeiçoar a qualidade de produtos e serviços, aprimorar processos e a gestão da empresa, buscar a melhoria contínua na gestão e produtos, reduzir custos e desperdícios, e conseqüentemente gerar um retorno financeiro para a empresa, aumentando sua competitividade (ROTONDARO, 2011).

Os benefícios do Seis Sigma são os principais atrativos que despertam o interesse das empresas pelo programa (KLEFSJÖ; WIKLUND; EDEGMAN, 2001). Entretanto, para avaliar concretamente cada benefício obtido com a implantação do Seis Sigma são necessários levantamentos de dados por meio de pesquisas junto às empresas que aplicam a metodologia ou, que estas organizações evidenciem suas conquistas através de informações confiáveis, como balanços, cartas aos acionistas ou divulgação na imprensa especializada (HOERL, 1998).

Conforme Pinto, Carvalho e Linda (2006), a dificuldade encontrada com maior frequência durante a implantação do Seis Sigma relaciona-se à compreensão e manuseio das ferramentas de qualidade e à metodologia do Seis Sigma. Isso ocorre porque o programa precisa ter um método bem definido e padronizado, bem como precisa utilizar algumas ferramentas estatísticas complexas.

A metodologia do Seis sigma pode ser útil em contextos organizacionais onde

manter-se em um patamar competitivo é fundamental. Um segmento que pode se beneficiar de sua aplicação é o de *commodities*, que procura o produto de melhor qualidade e de preço mais baixo. Neste segmento, destaca-se o mercado de gás.

O gás natural e o gás de cozinha (GLP) são os mais relevantes no uso diário em nosso país. O gás natural se dá ao submeter substâncias fósseis a condições específicas de pressão e calor, enquanto o gás liquefeito de petróleo, como o nome sugere, é a forma líquida da mistura entre butano e propano, duas partes gasosas do petróleo. O GLP, comumente comercializado em botijões de gás de 13 quilos, é normalmente comprado para uso residencial, enquanto o gás natural tem uso mais amplo, aplicado em indústrias.

Nesse mercado, o gás natural aumentou consumo em 28,12% em comparação com o ano de 2020, de acordo com a ABEGÁS, o que aumenta ainda a mais a procura por qualidade. O botijão P13, também conhecido como botijão de gás de cozinha, passa por um processo de envasamento industrial robusto e de etapas minuciosas devido as regulamentações desse setor. A Nova Lei do Gás Natural - Lei nº 14.134, de 2021 estabelece um novo marco para o setor produtor de gás no Brasil. O objetivo da nova lei é aumentar a concorrência no mercado de Gás Natural e Biocombustíveis, atraindo novos investidores consequentemente reduzindo os custos de produção e o preço final do gás para o consumidor, criando assim uma competitividade que gerou uma necessidade na melhoria da produção do GLP.

Diante dessa discussão, tem-se a seguinte questão de pesquisa: Como a metodologia Seis Sigma pode contribuir para a redução do número de avarias em botijões de gás de cozinha em uma indústria do segmento de gás? O objetivo geral desta investigação é apresentar como a metodologia Seis Sigma pode contribuir para a redução do número de avarias em botijões de gás de cozinha em uma indústria do segmento de gás. Para tanto, se estabelecem os seguintes objetivos específicos: a) descrever o processo de aplicação do método DMAIC no contexto estudado; b) identificar os fatores que facilitaram a aplicação da ferramenta e c) identificar os fatores que dificultaram a aplicação da ferramenta; d) identificar as melhorias percebidas na organização após a aplicação da pesquisa.

A pesquisa foi conduzida no setor de produção de uma empresa de distribuição de gás liquefeito de petróleo (GLP). O grupo do qual a empresa faz parte é líder mundial na distribuição de gás, sendo utilizado o gás liquefeito de petróleo. O trabalho foi desenvolvido em uma unidade do grupo em São José dos Campos, dentro do

setor de envase dos botijões P13 (gás de cozinha). A escolha foi justificada pela alta complexidade do processo, em que pode ocorrer avarias que causem impacto negativo na satisfação do cliente.

O mercado de oferta e demanda é crescente e as oportunidades de negócios são inúmeras e atrativas (TONINI; CARVALHO; SPINOLA; 2008). Porém, os consumidores possuem preferência por produtos cada vez melhores que atendam ou superem as suas expectativas, com preços acessíveis (MACHADO, 2006). Trazendo o contexto da nova Lei do Gás 2021, ela é uma iniciativa importante para a ampliação da competitividade na indústria de gás natural brasileira. De acordo com Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP), a lei traz uma nova perspectiva para o mercado e pode trazer grandes benefícios para o mercado brasileiro como a segurança no suprimento, a redução da volatilidade de preços, a flexibilidade na oferta e a redução de risco para os agentes.

O gás natural e o gás liquefeito de petróleo são concorrentes diretos no mercado. Com esse novo crescimento de investimentos e redução de custos propostas pela lei para o gás natural, a indústria do gás GLP precisa se manter ainda mais competitiva no mercado. Por isso, o método Seis Sigma busca reduzir a variabilidade de processos para atingir uma redução de custos, diminuição de desperdícios e de atividades que não agregam valor, sendo uma ferramenta adequada para a redução do índice de avariados.

Ademais, a pesquisa é relevante dentro do tema que possui poucos trabalhos publicados. Em bases de dados de pesquisas científicas, como Scielo e Spell, foram encontrados 4 trabalhos sobre o tema abordado nos últimos 5 anos no Brasil. As pesquisas abordam a metodologia Seis Sigma em segmentos diferentes: uma relacionada a cadeia de suprimentos, e três relacionadas a área da saúde, sendo duas na área de administração hospitalar, e uma em anestesiologia.

O trabalho sobre cadeia de suprimentos investiga como a união de Lean e Seis Sigma podem melhorar a colaboração para obter cadeias de suprimentos mais integradas e descobre que, ao implementar a filosofia Lean Six Sigma, as empresas poderiam melhorar o ambiente de negócios e a colaboração para obter cadeias de suprimentos integradas (BAEZ *et al.*, 2019).

A pesquisa na área de anestesiologia aponta o impacto que o anestesista tem na saúde de um paciente, e indica a metodologia Lean Seis Sigma como a estratégia perfeita para garantir qualidade e segurança ao paciente, pontos relevantes e essenciais à

anestesiologia (CANÇADO; CANÇADO; TORRES, 2019). As pesquisas na área de administração hospitalar falam de despesas e assistência à saúde. O trabalho focado nas despesas buscou aplicar a metodologia Seis Sigma para reduzir lançamentos e despesas erradas, a fim de melhorar a receita do hospital estudado. O resultado foi positivo, e mostrou que a metodologia foi eficiente na correção dessas falhas (PAVÃO *et al*, 2018). Já o trabalho focado na assistência à saúde buscou entender em que cenário na área a metodologia Seis Sigma seria mais bem utilizada. Apesar de encontrar resultados positivos na maioria das áreas, foi concluído que ela era mais bem utilizada no ambiente hospitalar (ZIMMERMANN; SIQUEIRA; BOHOMOL, 2020).

Além desta introdução, a pesquisa apresenta o referencial teórico sobre o tema central da pesquisa na próxima seção. Em seguida, são discutidos os aspectos metodológicos, seguidos da análise e discussão dos resultados. Por último, são apresentadas as conclusões deste trabalho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Gestão da qualidade

De acordo *International Organization for Standardization (ISO)*, a gestão da qualidade se relaciona a garantia de qualidade, definida como conjunto de aspectos que caracterizam um processo, produto ou serviço afim de atender as expectativas de um determinado cliente (CAMPOS, 1992).

Arruda, Santos e Melo (2016) acreditam que a qualidade é um importante objetivo na sociedade quando se fala de competitividade e lucratividade nas organizações de todo o mundo. Muitas das organizações tem adotado a Gestão da Qualidade como iniciativa para melhoria de qualidade em processos, operações, administração financeira e satisfação do cliente final.

Segundo Junior e Oliveira (2016), o sucesso da aplicação da Gestão da Qualidade tem gerado resultados positivos em diferentes dimensões, principalmente em relação ao desempenho de operações e de gestão financeira. Para Gambi (2014), a implementação de um Sistema de Gestão de Qualidade tem influência direta no âmbito cultural de uma organização, além de implicar na utilização de ferramentas e técnicas da qualidade para gerar um resultado positivo.

Junior e Oliveira (2016) acreditam que o sucesso da implementação de uma Gestão da Qualidade está diretamente relacionado a utilização e aplicação de ferramentas e metodologias direcionadas a cultura organizacional, abrangendo os índices de melhoria e manutenção na organização existente, além da padronização, estabilidade e controle dos processos já existentes ou implementados.

Por isso, sistemas de qualidade foram sendo aperfeiçoados, novas normas e perspectivas foram criadas, culminando no movimento chamado Gestão Total da Qualidade (*Total Quality Management – TQM*). O TQM tem como principais características a gestão participativa, o processo de melhoria contínua e o emprego de equipes (REIS, 2003).

Diante desta dificuldade, emerge na década de 1980, de uma necessidade da Motorola em alavancar a competitividade da empresa frente às concorrentes, a metodologia Seis Sigma, que se consolidou como uma forte cultura de gestão focada no aperfeiçoamento dos processos, e que resulta em impactos significativos nos resultados

financeiros da companhia, no aumento da satisfação dos clientes e na ampliação da participação no mercado.

## 2.2 Seis Sigma

Seis sigma é definido como um processo de negócio que permite que uma organização aumente seus lucros, otimizando as operações, aprimorando a qualidade, e eliminando defeitos (ROTONDARO, 2011). Silva (2009) comenta que “Six Sigma também pode ser considerado uma metodologia estruturada que combina conhecimento das pessoas e conhecimento do processo o que dá a metodologia uma importância também filosófica, pois mexe na cultura da organização e das pessoas”.

O nome Seis Sigma relaciona-se ao objetivo de alcançar as menores taxas de saídas do processo com defeito, mesmo que a média do processo varie 1,5 desvio padrão. Esse valor é um fator de correção usado para representar a alteração e o desvio nas médias das saídas de um processo devido a causas assinaláveis a longo prazo. Exemplificando, um processo com a qualidade Seis Sigma gera entre 3 e 4 defeitos por um milhão de oportunidades ou menos, a longo prazo (SCHUCK, 2021).

Em 1980, Bob Galvin, CEO da Motorola na época, argumentou que os níveis de qualidade tradicionais eram insuficientes, defendendo que o defeito por milhão de oportunidades era o padrão a ser alcançado na época. Por isso, a empresa construiu sua própria metodologia de trabalho e estimulou uma mudança cultural para conseguir aplicar essa nova prática. Isso resultou numa economia de mais de 16 bilhões de dólares e no termo Seis Sigma atribuído pelo engenheiro da empresa, Bill Smith, que é responsável pelo desenvolvimento dessa estratégia em 1987 (VIEIRA FILHO, 2010).

Consolidando a estratégia, a General Electric que, em janeiro de 1996, inaugurou o programa de Seis Sigma e deu a ele o reconhecimento que tem hoje, utilizando o programa como a alavancar os resultados da empresa. Jack Welch mandou seus 170 executivos mais importantes conhecer as técnicas do Seis Sigma e começar a desenvolver projetos em nos grandes problemas que existiam na GE. Em 1997, a GE chegou a 6.000 projetos de Seis Sigma e atingiu 320 milhões de dólares em ganhos de produtividade e lucros. Atualmente, a GE acumula retorno de mais de US\$ 5 Bilhões desde o início do programa, e ter desenvolvido projetos Seis Sigma é pré-requisito para o desenvolvimento de carreira dentro da companhia.

Os reais objetivos que se buscam com o Seis Sigma variam de autor para

autor, mas algo é comum entre as várias definições: a busca pela melhoria contínua. Essa metodologia permite o entendimento detalhado de um determinado processo e de seus problemas e auxilia na busca das verdadeiras causas dos mesmos, possibilitando agir de maneira consistente para encontrar e aplicar soluções para os pontos de melhoria encontrados e elevar a qualidade dos produtos e serviços, reduzindo praticamente à zero as variações do processo e as ineficiências internas.

O método utiliza o poder analítico das ferramentas estatísticas para desenvolver projetos para melhorar a satisfação do cliente, aumentar a receita, reduzir custos fixos e variáveis, além de gerar mais caixa livre para que as organizações pudessem realizar mais investimentos (PEZEIRO, 2011).

Pinto, Carvalho e Linda (2006) destacam que durante a implantação do Seis Sigma é possível observar dificuldades principalmente em relação à compreensão e manuseio das ferramentas de qualidade e à metodologia do Seis Sigma. Essa dificuldade é ocasionada pela necessidade da metodologia requerer um método bem definido e padronizado, que utiliza algumas ferramentas estatísticas complexas.

Em relação aos facilitadores do uso da metodologia Seis Sigma, Antony e Banuelas (2002) apontam que um dos principais fatores que facilitam e determinam o sucesso da implantação do Seis Sigma é o envolvimento e comprometimento da alta gerência com o programa. Além disso, o envolvimento dos funcionários também figura como fator crítico para o sucesso da implantação, porém, segundo Antony e Banuelas (2002), é o fator menos importante para a implementação do programa Seis Sigma.

### **2.3 DMAIC**

O programa Seis Sigma baseia-se na metodologia DMAIC para a implementação de melhorias no desenvolvimento de um projeto. Rotondaro (2011) afirma que o modelo MAIC (Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) foi desenvolvido na Motorola, sendo uma evolução do PDCA, e depois adotado pela GE como DMAIC, acrescido da fase “D” de definir.

O DMAIC permite o entendimento do processo e de seus problemas e auxilia na busca das causas-raiz dos mesmos, possibilitando agir de maneira consistente para encontrar e aplicar soluções para os pontos de melhoria encontrados e elevar a qualidade dos produtos e serviços, reduzindo praticamente à zero as ineficiências internas.

Mais especificamente, o Seis Sigma, por meio da metodologia DMAIC,

procura caracterizar qual é a variabilidade do processo e quais são as causas dessa variação, de maneira agir na raiz do problema e aplicar soluções que reduzam significativamente a chance de erros e defeitos, e que acima de tudo sejam sustentáveis ao longo do tempo (ROTONDARO, 2011). Um processo com alta variabilidade tem grandes chances de produzir produtos ou serviços com baixa qualidade, em elevado tempo de ciclo, e à custos altos, gerando assim insatisfação nos clientes e prejuízos ao negócio.

A primeira fase da metodologia DMAIC é denominada Definir. Nessa etapa é importante definir quem são os clientes/consumidores e suas respectivas necessidades e anseios a partir do projeto que será desenvolvido (ROTONDARO, 2011). Essas expectativas são representadas na Voz do Cliente (*Voice of Customer* ou VOC) que são definidos a partir de reclamações, pesquisas e outros métodos de questionamento. Já os padrões requeridos são definidos pelas Características Críticas para a Qualidade (*Critical to Quality* ou CTQ) (WERKEMA, 2012).

Werkema (2012, p.83) cita a principal pergunta realizada na fase Definir: “Qual o problema/ oportunidade, qual o indicador será utilizado para medir o resultado do projeto, qual a meta, quais são os ganhos do projeto, qual equipe desenvolverá o projeto, qual é o escopo?”

A segunda etapa da metodologia DMAIC é chamada de medir. Carpinetti (2012) descreve que o objetivo dessa etapa é coletar dados que ajudem na investigação característica do problema, fornecendo informações para a análise das causas do problema em estudo. Ele afirma ainda que a medição de dados já foi iniciada na etapa anterior e será aprofundada nessa.

Já Werkema (2012, p.89) explica que as atividades aqui desenvolvidas podem dividir o projeto em “outros problemas de menor escopo ou mais específicos, de mais fácil solução”. Alguma das perguntas básicas a serem feitas nessa fase são: “como o problema pode ser estratificado, existem dados confiáveis para essa estratificação, quais são os focos do problema?” (WERKEMA, 2012, p.91)

Depois disso, a fase analisar é a terceira fase do DMAIC. Nessa fase são determinadas e identificadas as causas básicas dos problemas analisados. (ROTONDARO, 2011; CARPINETTI, 2012; WERKEMA, 2012). Werkema (2012, p.108) cita algumas perguntas básicas a serem feitas e respondidas nessa fase: “qual o processo que gera o problema, quais as causas que mais influenciam o problema, as causas foram comprovadas (quantificadas)?”

A penúltima etapa da metodologia é chamada de melhorar, ela recebe a letra I na sigla por se tratar da palavra em inglês *improve*. É a fase na qual devem ser feitas melhorias no processo. Rotondaro (2011) afirma que é nessa fase que as melhorias são materializadas no processo. Já Carpinetti (2002) comenta que nessa etapa é realizado o planejamento para implementar as ações requeridas. Werkema (2012) explica que são geradas as ideias de solução das causas fundamentais do problema detectado na fase anterior. Algumas perguntas a serem feitas nessa etapa, segundo Werkema (2012, p.116) são: “quais as possíveis soluções, será necessário priorizar as soluções, qual é o plano de ação para implementar as soluções em larga escala, as metas específicas foram alcançadas?”

Controlar é a última etapa da metodologia DMAIC. Carpinetti (2012) afirma que a importância dessa fase é representada por garantir a continuidade das melhorias obtidas, que elas não sejam perdidas ou esquecidas na companhia. Já Werkema (2012) explica que será avaliado o alcance da meta inicial do projeto. Típicas perguntas que devem ser feitas na última fase do DMAIC, segundo Werkema (2012, p. 120): “a meta global foi alcançada, teve-se o retorno financeiro esperado, o que foi aprendido, quais as recomendações?”

Em todas as etapas existem ferramentas que são aplicadas em cada fase do DMAIC para o sucesso da metodologia (WERKEMA, 2012). Na fase Definir é necessário modelar o processo foco e os subprocessos a ele associados, definindo as entradas e saídas de cada fase, estabelecendo as relações entre elas e classificando as entradas como características controladas ou não controladas. Com esse intuito, o SIPOC, VSM (*Value Stream Mapping*) mapeamento de processos, matriz de causa e efeito, VOC (*Voice of customer*) e questionários são aplicados para atingir os objetivos dessa fase.

Para Medir, o principal objetivo é coletar dados para serem analisados posteriormente. Dependendo das ferramentas utilizadas na fase Definir, a fase medir precisa entender os dados que foram coletados. O diagrama de Pareto e matriz de priorização são utilizados para essa etapa.

O objetivo é identificar os problemas decorrentes da fabricação de determinado produto e as suas respectivas causas, baseando-se nos dados coletados na fase anterior. Para auxiliar nesse procedimento, como FMEA de processo (*Failure Mode and Effect Analysis* – Análise de Modo e Efeitos de Falha), o qual auxilia a identificar os possíveis modos de falha do processo de fabricação e suas causas, explicitando as falhas críticas que demandarão ações corretivas e preventivas. Outro método é o MSA usado

para analisar de forma estatística os dados coletados anteriormente.

Para a fase Melhorar, é necessário entender as causas que foram apontadas na fase anterior para propor uma solução para o problema. Durante a implantação das melhorias, novas medições devem ser feitas, utilizando os indicadores de desempenho escolhidos inicialmente, visando comprovar a redução ou eliminação do problema.

## 2.4 Outras ferramentas utilizadas no Seis Sigma

Essas ferramentas que podem ser utilizadas para aplicação conforme a necessidade de demanda. O SIPOC é uma ferramenta derivada do inglês. S: *supplier* (fornecedores), I: *inputs* (entradas), P: *process* (processos), O: *outputs* (saídas), C: *customers* (clientes). O diagrama SIPOC auxilia na padronização do escopo do projeto e na sua visualização dos seus processos. Importante não detalhar os processos, pois isso será feito por meio de outras ferramentas como o Mapa do Processo ou Fluxograma (WERKEMA, 2012). Ele traz uma outra proposta na etapa Definir com o intuito entender e visualizar as variáveis de entrada e saída do processo. A figura 1, abaixo, traz a representação do SIPOC.

Figura 1: SIPOC.



O mapeamento de processos é uma ferramenta gerencial analítica e de comunicação essencial para líderes e organizações inovadoras que intencionam promover melhorias ou implantar uma estrutura voltada para novos processos (VILLELA, 2020). Mapear um processo é fundamental para verificar como funcionam todos os componentes de um sistema, facilitar a análise de sua eficácia e a localização de deficiências. É importante, também, o entendimento de qualquer alteração que se proponha nos sistemas existentes, e ainda fornecer subsídio ao tomador de decisão para avaliar as atividades que agregam e que não agregam valor à operação sendo uma etapa importante para a fase Definir do método.

A matriz causa e efeito tem a função de priorizar as entradas do processo de acordo com o impacto de cada uma das saídas ou requerimentos do cliente utilizada também na fase definir para encontrar a causa-raiz do problema. É recomendado que se utilizem informações já levantadas nas ferramentas como SIPOC, Mapa do processo e a Espinha de Peixe, para realizar o desenvolvimento dessa ferramenta. A Figura 2 ilustra um exemplo da matriz causa e efeito.

Figura 2: Matriz causa e efeito

		Problema prioritário			Total
		Atraso no tempo entre a chegada do material ao porto e o desembarço, decorrente da variação natural do processo de importação de polímeros por transporte marítimo.	Atraso no tempo entre a emissão do pedido e o embarque, decorrente da variação natural do processo de importação de polímeros por transporte marítimo.	Falta de ordem de fabricação de reagentes.	
Peso (5 a 10)		9	8	10	
Causa potencial	Tempo elevado de preparação da carga pelos fornecedores.	0	5	0	40
	Mudanças frequentes no roteiro de viagem feitas pelos fornecedores, sem comunicar à empresa.	5	5	0	85
	Deficiências do software utilizado na programação da produção.	1	0	5	59
	Falta de treinamento das pessoas que trabalham em áreas administrativas da empresa.	3	0	3	57
	Falhas nos registros de controle de estoques de matérias-primas usadas na fabricação de reagentes.	0	0	5	50

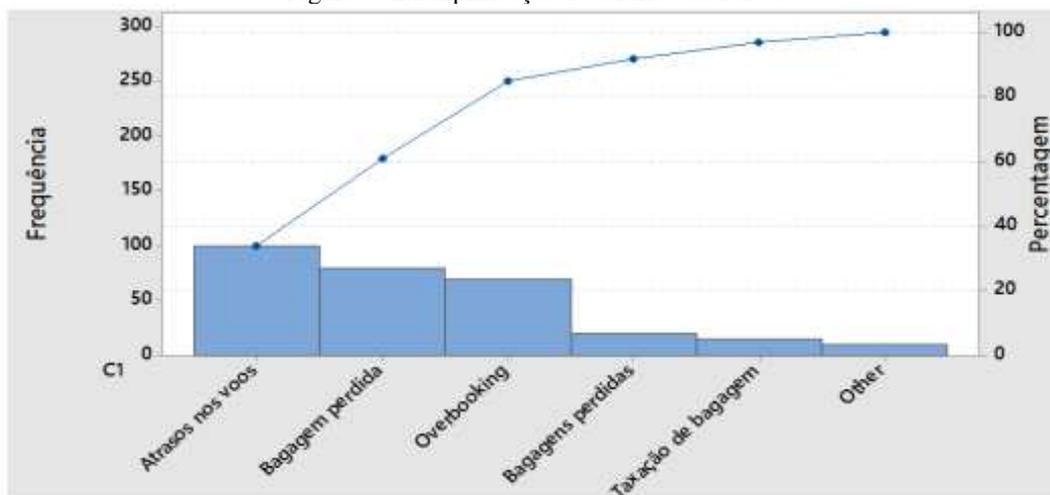
Legenda: 5 - Correlação forte 3 - Correlação moderada 1 - Correlação fraca 0 - Correlação ausente

Fonte: WERKEMA, 2012, p. 112.

O Gráfico de Pareto é uma outra ferramenta composta por barras verticais em um gráfico que representa a frequência de ocorrências em sequência decrescente, das

quais as mais altas representam as maiores prioridades. Essa ferramenta foi criada pelo Italiano Vilfredo Pareto, que segundo Arruda, Santos e Melo (2016), foi o responsável por identificar que 80% dos problemas são compostos de apenas 20% das causas, regra dos 80/20.

Figura 3: Exemplificação do Gráfico de Pareto



Fonte: Adaptado de Fitzsimmons e Fitzsimmons (2014).

A utilização da ferramenta é composta pela coleta de dados de determinado processo, ou acontecimento, da frequência de ocorrência, e ordenados em um gráfico de barras de acordo com a intensidade de acontecimentos, indo do índice de maior frequência para o de menor frequência. A análise é obtida através da relação 80/20 que caracteriza 80% das ocorrências decorrente de apenas 20% das causas.

Essa análise surgiu no século XIX, quando Pareto identificou grande divergência de renda da população, onde 80% da riqueza estava concentrada em 20% da população. Em seguida, a ideia foi aplicada também na indústria, apresentando os mesmos resultados. A partir disso a metodologia passou a ser usada por diversas áreas da administração para identificar os problemas prioritários. No Seis Sigma a ferramenta pode ser utilizada nas fases Definir e Medir.

Para Rother e Shook (1998), o Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping – VSM*) é uma das ferramentas essenciais da produção, e deve ser baseada em uma técnica de modelagem proveniente da metodologia Análise da Linha de Valor. O VSM consiste na identificação visual de atividades específicas que ocorrem ao longo do fluxo de valor reformulando um conjunto de questões chaves e desenha um mapa do estado futuro de fluidez da produção.

O mapeamento ajuda a identificar as fontes de desperdício, fornece uma linguagem comum dos processos de manufatura, torna as decisões visíveis, engloba técnicas, forma a base para um plano e mostra a relação entre fluxo de informação e fluxo de material. (ROTHER; SHOOK, 1998). A ferramenta pode ser utilizada nas fases Definir e Medir.

*Measurement Systems Analysis (MSA)* é a Análise do Sistema de Medição. Corresponde à estudos estatísticos apropriados, onde o objetivo é analisar o comportamento do sistema de medição no que se diz respeito a resultados, ou seja, analisa a variação presente nos resultados de cada tipo de meio de medição e equipamento de ensaio (ANFAVEA, 2002).

As características de um processo de medição podem ser quantificadas por parâmetros estatísticos relacionados ao valor médio e à dispersão. Para definir o comportamento do valor médio podem ser utilizados parâmetros como tendência, estabilidade e o desvio linear da tendência. Para caracterizar a dispersão, podem ser utilizados a repetibilidade e reprodutibilidade (R&R) (ALBERTAZZI; SOUSA, 2015).

O parâmetro R&R é muito utilizado na indústria de forma conclusiva para verificar a adequabilidade do processo de medição. Ele é gerado através da combinação de Repetibilidade com Reprodutibilidade, que resulta na variação geral observada, um percentual que expressa a variabilidade de tolerância do sistema. Existe uma regra geral de aceitação, para o valor do parâmetro R&R, sendo ela: a) índice menor que 10% - sistema de medição aceitável; b) índice entre 10% e 30% - o sistema pode ser aceito com base na importância de sua aplicação, no custo do aparato de medição e nos seus custos de reparo; e c) índice acima de 30%, indicando um sistema de medição inaceitável.

### 3 METODOLOGIA

Em face do objetivo proposto, esta pesquisa se caracteriza como descritiva pois visa descrever características de uma população, amostra, contexto ou fenômeno. Para Brito, Oliveira e Silva (2021), na abordagem qualitativa, busca-se obter informações sobre a perspectiva dos indivíduos, interpretar o ambiente em que a problemática acontece, de modo a coletar evidências. Para este estudo, primeiramente foi realizada coleta de dados qualitativos da empresa, alinhado com uma observação da célula produtiva a ser estudada. Com os dados em mãos foram delimitadas as necessidades do setor a ser estudado.

Em relação ao método, optou-se por utilizar o estudo de caso. Yin (2002) define caso como determinado “fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto de vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são claros e o pesquisador tem pouco controle sobre o fenômeno e o contexto” (YIN, 2002, p. 13). O objetivo é se utilizar da estratégia de perguntas de “como” e “por que” no contexto da realidade da empresa.

O estudo de caso se baseia em linhas múltiplas de evidência e utiliza-se do “desenvolvimento prévio de proposições teóricas para guiar a coleta e a análise de dados” (YIN, 2002, p. 13-14). Essa atenção indica o quanto é meticulosa a sua abordagem em termos de coesão e coerência entre os componentes do projeto e as fases do estudo de caso. A pesquisa foi conduzida em uma empresa do setor de envasamento e distribuição de gás com sede em São José dos Campos, no período de agosto de 2021 a novembro de 2021.

Para coleta de dados empregou-se, de forma principal, o uso da observação participante e, de forma adjacente, da análise documental. A observação participante foi desenvolvida durante o período de agosto de 2021 a novembro de 2021, onde foram acompanhados 11 encontros (QUADRO 1) referentes ao processo de aplicação da metodologia Seis Sigma por meio do método DMAIC no processo de envasamento do botijão P13 para redução de itens avariados.

Quadro 1: Processo de aplicação da metodologia Seis Sigma por meio do método DMAIC

<b>SEMANA</b>	<b>FASE - DMAIC</b>	<b>ATIVIDADE DEFINIDA</b>
1	Fase 1: Definir	Realizar mapeamento de processos e VSM na

		empresa
2	Fase 1: Definir	Realizar SIPOC e matriz de causa-efeito
3	Fase 2: Medir	Levantamento de Dados da empresa
4	Fase 2: Medir	Levantamento de Dados da empresa
5	Fase 3: Analisar	Análise do MAS
6	Fase 3: Analisar	Análise dos dados da empresa
7	Fase 3: Analisar	Análise dos dados da empresa
8	Fase 4: Melhorar	Realização do treinamento
9	Fase 4: Melhorar	Mudança de funcionário
10	Fase 4: Melhorar	Elaboração de novas ferramentas de trabalho
11	Fase 5: Controlar	Acompanhamento dos resultados

Fonte: Elaborado pelo autor.

Também foram acompanhadas 13 reuniões, uma antes de iniciar o projeto, uma em cada semana do projeto e uma para encerramento e apresentação de resultados. Nas reuniões da fase definir e medir os membros participantes de cada reunião eram os operadores de cada processo e o gestor responsável pelo setor. As reuniões da fase analisar foram realizadas de forma remota com o gestor do setor. Durante a fase Melhorar, os operadores responsáveis pela inspeção de vazamento e o gestor participaram da reunião. O encontro final foi abordado com o gestor do setor e a diretoria de produção da empresa.

De forma adjacente ao método foi utilizada a análise documental para a análise. Foram considerados os seguintes documentos: relatório de avariados do ano de 2021 e relatório financeiro relacionado ao custo que os botijões avariados representam para a empresa. Este procedimento foi realizado no período de agosto a setembro de 2021.

Para a análise do estudo de caso, uma das estratégias mais desejáveis é utilizar a lógica de adequação ao padrão. Essa lógica compara um padrão fundamentalmente empírico com outro de base prognóstica (ou com várias outras previsões alternativas). Se os padrões coincidirem, os resultados podem ajudar o estudo de caso a reforçar sua validade interna. Quando o estudo de caso é descritivo, a adequação ao padrão é relevante, já que o padrão previsto de variáveis específicas é definido antes da coleta de dados. (YIN, 2002). O padrão utilizado será a aplicação do seis sigma e os resultados da aplicação na empresa foram confrontados com o esperado.

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O objeto de estudo escolhido para esta pesquisa foi uma empresa de referência nacional que atua no ramo de exploração e distribuição de gás liquefeito de petróleo (GLP), também conhecido como Gás LP ou gás de cozinha há mais de 70 anos. A empresa surgiu no contexto pós-guerra, em 1946, quando a situação da indústria melhora substancialmente, propiciando um grande aumento no número de consumidores. Sua primeira sede é no Rio de Janeiro como uma subsidiária de uma multinacional.

Na década de 50 começa a produção de GLP pela Petrobrás, pois o consumo nacional nessa ultrapassava de 100 mil toneladas anuais, enquanto na década de 40 eram apenas 30 toneladas em 1938. Entretanto, no ano de 1978 foi editada a Resolução do Conselho Nacional do Petróleo) onde se iniciou a história das restrições do uso do GLP. Na época, o GLP era fortemente subsidiado e o uso em algumas atividades custavam muito ao governo (RIBEIRO; CASTRO, 2007).

Em 2001, finaliza-se o processo de liberalização dos preços iniciado em 1998 por alguns estados, quando o governo eliminou todo o subsídio que existia até então sobre o preço do GLP. A política da Petrobrás de preço com paridade de importação fez com que os preços aumentassem (MELLO, 2005). Em 2005, a Petrobrás, apesar de estar desobrigada, mantinha a discriminação de preços, vendendo o GLP destinado ao segmento doméstico em botijões de 13 kg a um preço inferior ao gás destinado a outros usos (MELLO, 2005).

Hoje, a distribuição do GLP é um serviço de utilidade pública com maior alcance no país, pois é um produto que chega regularmente a 100% dos municípios nacionais, ou seja, tem uma penetração maior do que a energia elétrica, água encanada e esgoto (CASTRO, 2004). A empresa analisada possui 6 sedes no país e mais de 11 mil pontos de vendas. Estima-se que são atendidas cerca de 10 milhões de famílias por ano e mais de 40 clientes comerciais e industriais.

Com o intuito de reduzir o índice de botijões avariados da empresa, o ponto de partida para a aplicação do método DMAIC foi um levantamento inicial apresentado pela organização onde de 0,27% da produção de botijões retornava para a empresa, trazendo um prejuízo de aproximadamente R\$ 45.000,00 mensais.

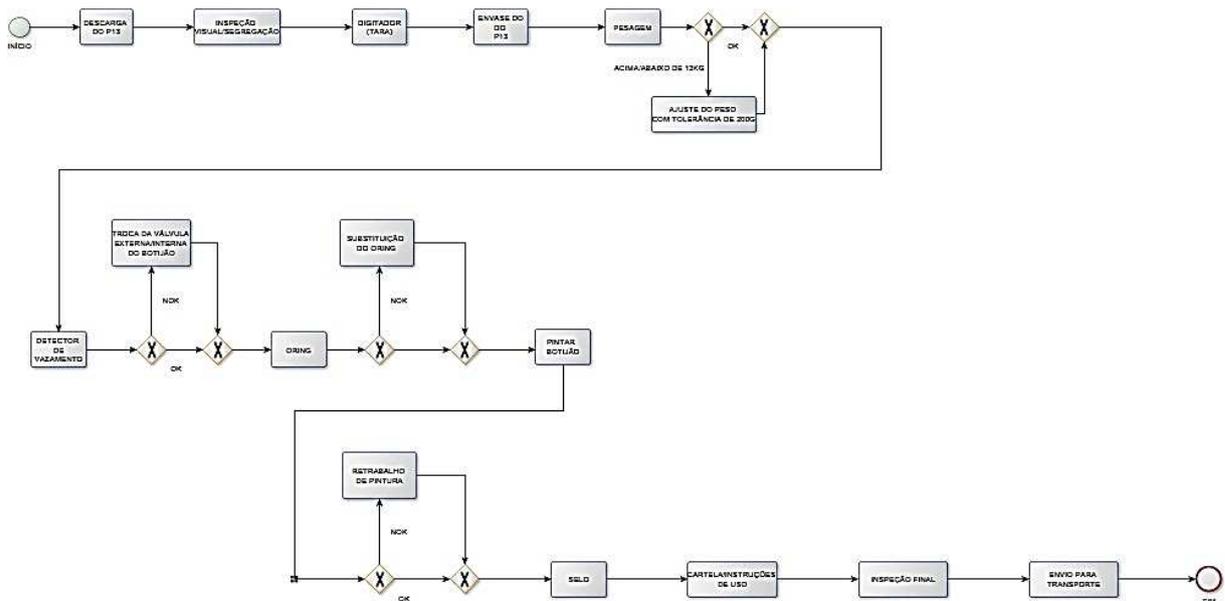
### 4.1 Análise das fases

Ao realizar o estudo foi percebido que não se sabia a causa-raiz do retorno desses botijões avariados e nem por qual ação do iniciar o projeto de melhoria de forma efetiva. Por isso, foi idealizada a aplicação da metodologia Seis Sigma através do método DMAIC. Nesta análise, os resultados serão descritos e discutidos seguindo as fases de aplicação do método.

#### 4.1.1 Primeira fase: Definir

Na semana 1, o setor abordado no estudo de caso foi o de produção, responsável pelo envase dos botijões P13. O primeiro procedimento foi o de mapear o processo de envase dos botijões P13, que ocorria no setor de produção (FIGURA 4).

Figura 4: Mapeamento de processo de envase do botijão P13.



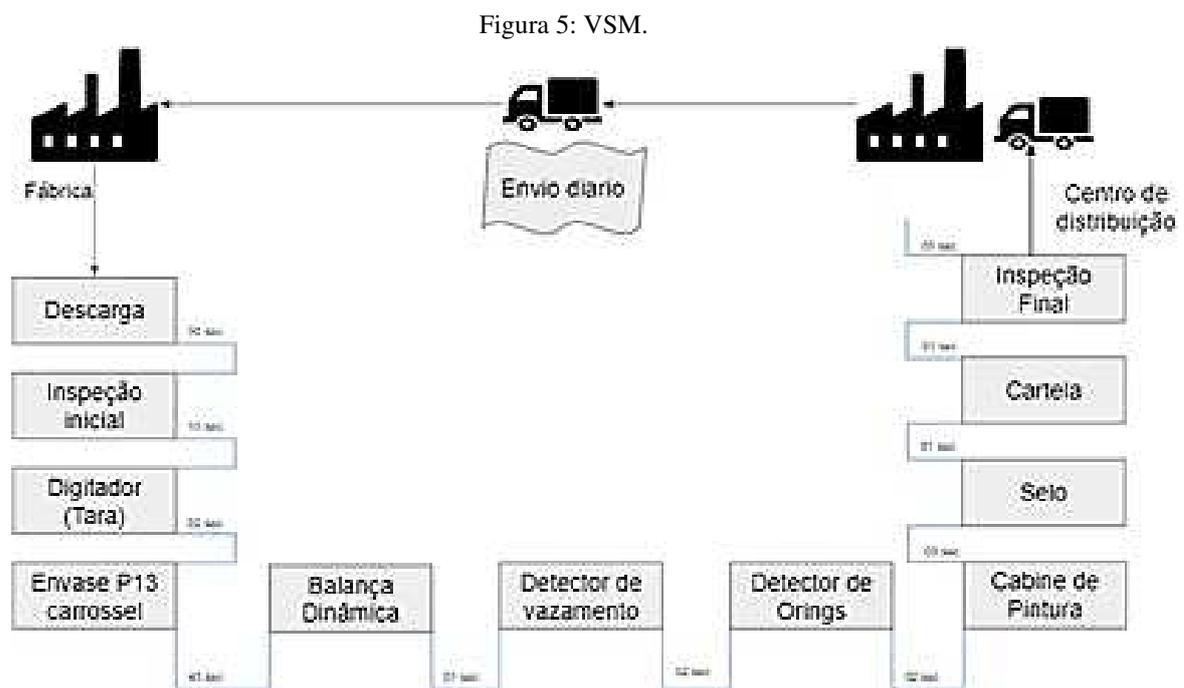
Fonte: dados da pesquisa.

Para Hunt (1996), esta análise estruturada de processos permite, ainda, reduzir custos no desenvolvimento de produtos e serviços, falhas de integração entre sistemas e promover melhoria de desempenho organizacional, além de ser uma excelente ferramenta para o melhor entendimento dos processos atuais e eliminação ou simplificação dos que necessitam de mudanças.

Através dessa ferramenta foi mapeado o fluxo graficamente do processo com etapas definidas. As principais etapas apresentadas para o processo são as etapas de

inspeção que ocorrem e são elas: Pesagem dos botijões, detecção de vazamento, detecção de Oring e inspeção final. Na pesagem dos botijões é atestado que o botijão realmente possui 13 quilos e está apto para seguir o processo. Em caso de diferença, o botijão é retirado da linha produção e o gás é envasado novamente. A detecção de vazamento é uma etapa fundamental, pois a partir dela é conferido se o botijão possui algum escape de gás. Na detecção de Oring, que é um anel de vedação, utilizado para impedir o vazamento e garantir o funcionamento seguro. Por último, a inspeção a final procura fazer uma análise geral para que vasilhame possa seguir para sua comercialização.

Embora simples, através do mapeamento realizado na empresa foi possível entender os processos que ocorrem durante o envase e conferência dos botijões. Ainda na semana 1, também foi realizado o *Value Stream Mapping* (VSM) para permitir visualizar os desperdícios e sua fonte, mapeando assim um fluxo de valor, como mostrado na Figura 5. Aqui será ilustrado o processo, mas dessa vez, olhando também o tempo e cruzando informações.



Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com Rother e Shook (1998) e Pavnaskar, Gershenson e Jambekar (2003), com a aplicação da ferramenta de valor VSM podem ser organizados os processos que envolvem a área de compras, realizando a identificação de possíveis desperdícios, organizando cada etapa com uma visão enxuta, voltada para melhoria e otimização do

tempo. Não foi verificado ao longo do processo, desperdícios de tempo, descartando o lead time do processo como uma possível causa do problema a ser resolvido.

Na semana 1, foi possível entender quais etapas participavam do processo, quais operadores estavam ligados a cada execução e o tempo de cada etapa. Verificou-se que o processo era extremamente rápido, sendo aproximadamente de 1 minuto e 47 segundos. A equipe responsável por esse processo é composta por 22 operadores que se dividem em dois turnos de trabalho. Considerando as atividades que compõe o processo de envase, tem-se a distribuição da quantidade de operadores por atividade no Quadro 2.

Quadro 2: Distribuição da quantidade de operadores por atividade.

<b>OPERADORES</b>	<b>ATIVIDADE</b>
2 operadores	Descarga
1 Operador	Inspeção inicial
1 Operador	Pesagem dos botijões
1 Operador	Detector de vazamento
1 Operador	Detector de Oring
1 Operador	Inspeção de pintura
1 Operador	Lacrar botijões e colocar cartela
1 Operador	Inspeção Final
2 operadores	Dão suporte em todo processo

Fonte: Dados da pesquisa.

Após todos os processos mapeados para entendimento do funcionamento dessa produção, foi aplicado o SIPOC, com intuito de medir todas as variáveis de entrada e seu impacto na entrega ao cliente (QUADRO 3). Esta técnica tem como objetivo melhorar a visualização da sequência de processos por todos os membros da empresa diretamente ligados a estes (WERKEMA, 2012).

A partir da aplicação do SIPOC, foi percebido que existem 20 variáveis de entrada que podem que podem influenciar no resultado final do produto e na percepção do cliente. Para o entendimento de qual variável era mais importante e crítica para o resultado final, o Diagrama de Pareto foi realizado junto com a matriz de causa e efeito.

Quadro 3: Aplicação do SIPOC.

SIPOC				
S - Supplier	I - Input	P - Process	O - output	C - Customer
Drava	Qtde de Botijão Vazio P13	Envase do P13	Botijão 13Kg	Cliente
Tintas Brazilian	Qtde de esteiras		Botijão sem vazamento	
Termoretráteis	Qtde de Inspeções Visual Botijão		Botijão com lacre	
Techseal	Qtde de Colaboradores Capacitados		Botijão com instruções de uso	
	Qtde de Tempo do processo			
	Qtde de Balanças			
	Máquina de Acerto de peso			
	Máquina de envase			
	Qtde de Tinta utilizada na cabine de pintura			
	Máquina de Pintura			
	Máquina de verificação Orings			
	Qtde de Lacres			
	Qtde de veículos			
	Qtde de Gás GLP			
	Qtde de Cartela (instruções de uso)			
	Qtde de Check - List de maquinas			
	Qtde de Inspeções de Vazamento			
	Qtde de Pistola de pintura			
	Qtde de Válvula Interna			
	Qtde de treinamentos			
	Qtde Inspeção Final			
	Qtde Orings			
	Qtde de manutenção realizada			

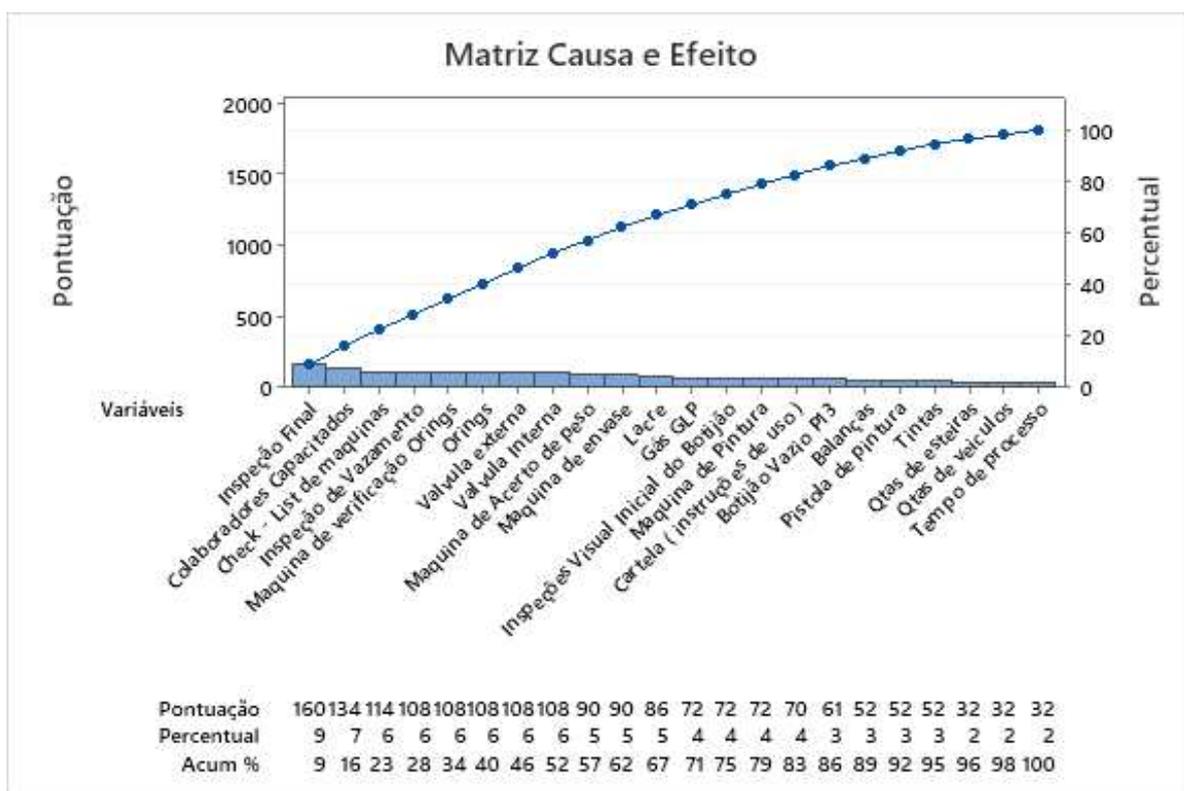
Fonte: Dados da pesquisa.

Feitas as classificações das variáveis de entrada, as mesmas devem ser ordenadas de acordo com a relevância de impacto nas variáveis de saída. Para essa etapa, utilizou-se da ferramenta “Matriz de Causa-Efeito” (GRÁFICO 1), a qual relaciona as entradas e saídas com a relevância para o cliente através de pesos numéricos através do diagrama de Pareto.

Segundo Paladini (2006), o Gráfico de Pareto é uma técnica utilizada para identificar problemas ou causas, definindo quais os itens que causam o maior impacto nos efeitos, ou seja, evidencia os aspectos essenciais de um problema, identificando quais devem receber maior atenção em busca de soluções.

Nesse sentido, foi possível elencar as cinco principais variáveis com alto impacto no resultado final do produto e na percepção do cliente como: a) Inspeção Final; b) Capacitação dos colaboradores; c) Check-list das máquinas; d) Inspeção de vazamento; e) Calibragem na máquina inspetora de Oring.

Gráfico 1: Matriz Causa e Efeito.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A partir do uso dessas ferramentas, foi possível direcionar a empresa para coleta de dados e para criação das seguintes indagações: a) A quantidade de colaboradores capacitados diminui o índice de avarias? b) A calibragem das máquinas influencia na qualidade dos botijões? c) A quantidade inspeções é suficiente para o processo? d) O tempo do processo tem correlação com aumento ou diminuição do índice de avariados? e) Existe algum processo realizado está relacionado com o aumento de avarias? Após o uso das ferramentas aplicadas na etapa Definir, os pontos a serem trabalhados foram formalmente definidos, e sabendo-se o que deve ser mensurado de acordo com as hipóteses desenvolvidas.

Durante a aplicação da pesquisa, nessa fase, as dificuldades encontradas estão relacionadas a equipe. Existem várias etapas durante o processo com uma equipe reduzida. Os funcionários possuíam muitas atribuições por estarem responsáveis por uma etapa completa do processo. De modo que era difícil ter o apoio da equipe durante essa fase.

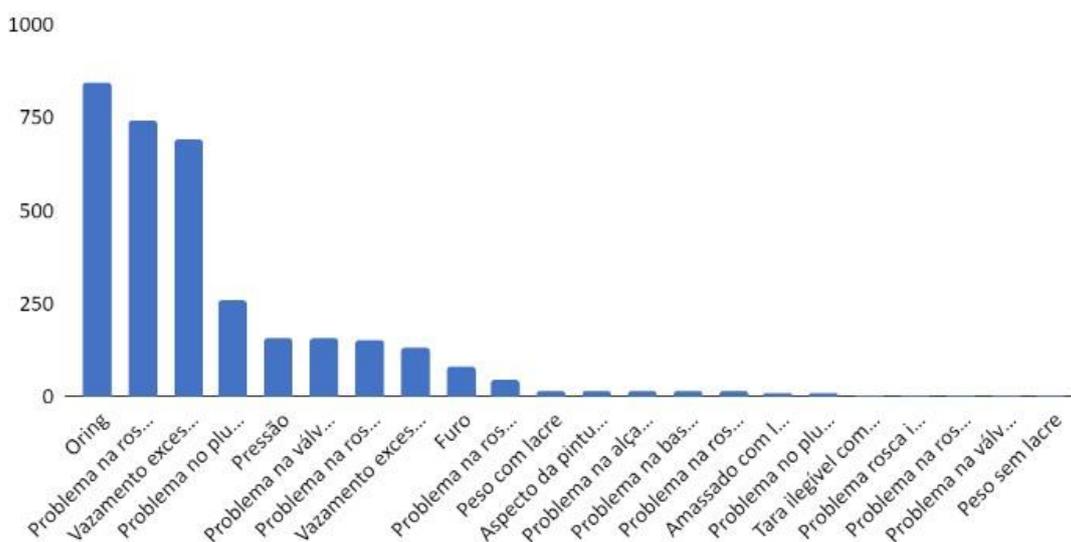
#### 4.1.2 Segunda fase: Medir

O primeiro passo desse momento do projeto foi entender se os dados coletados são realmente confiáveis para uso de base no projeto, a fim de que fosse permitida a priorização do problema. Os dados foram considerados confiáveis, por serem obtidos por meio de sistemas de informação utilizados pela empresa e sempre eram divulgados pela companhia. A fase Medir procura dentro das hipóteses estabelecidas na etapa Definir, mensurar os seguintes aspectos: a) a quantidade botijões avariados por categoria de avaria; b) a quantidade de colaboradores capacitados e a c) qualidade do checklist de inspeção das máquinas.

Para isso, foram recolhidos da empresa todas os dados de devolução dos botijões dos revendedores de gás no sistema de dados da empresa no período de janeiro à agosto de 2021. Os dados foram apresentados através de formulários preenchidos pelos distribuidores que retornam botijões para fábrica. Após a triagem, o técnico confirmava o problema apresentado pelo distribuidor e compilava no Excel.

Nesse momento, a pesquisa foi dedicada para análise das causas de variação dos problemas prioritários do processo de envase, verificando as oportunidades que geram defeitos. Aqui foi constatada a resposta para qual é o maior índice de avariados. Conforme mostra o Gráfico 2, os maiores problemas da empresa estão relacionados a Oring (rosca de vedação), rosca da válvula e vazamentos.

Gráfico 2: Quantidade avariados de janeiro a agosto de 2021  
**Quantidade de Avariados**  
 Janeiro à Agosto



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

De acordo com o levantamento das etapas anteriores, existem dois processos principais que influenciam nesse resultado final, sendo eles inspeção de vazamento e detecção de oring. Dessa forma, as aplicações do sistema de medição serão realizadas nessas etapas. Uma observação importante a ser feita é que na segunda etapa, detecção de oring, é apenas realizada por uma máquina especializada.

A primeira etapa de inspeção é realizada da seguinte forma: o vazamento é primeiro detectado por uma máquina e posteriormente por um operador. Nesse sistema ocorre uma dupla checagem para que o mínimo de botijões com defeitos passe por essa etapa.

Um sistema de medição pode ser impactado por duas fontes de variação: a aleatória e a sistemática. Estas fontes são provenientes de causas comuns e causas especiais. Os seis elementos essenciais de um sistema de medição genérico são: o padrão, a peça, o instrumento, a pessoa, o procedimento e o ambiente. Os fatores que afetam essas áreas precisam ser entendidos, para só então serem controlados ou eliminados. (ANFAVEA, 2002).

Por isso, para aplicação do MSA foram separados 30 botijões com avarias diferentes, e dois operadores realizaram a inspeção de cada um. Os resultados dos operadores foram comparados com o gabarito, e foram listados em planilha para verificar a eficiência, como mostra a Figura 6:

Figura 6: MSA

DETECTOR DE VAZAMENTO							
Botijão	Operador 1		Operador 2		Máquina		GABARITO
	OP1 M1	OP1 M2	OP2 M1	OP2 M2	OP3 M1	OP3 M2	NIL
1	ND	RP	ND	ND	ND	ND	RP
2	VEV	VEV	ND	ND	VEV	VEV	VEV
3	X	X	X	X	X	X	X
4	X	X	X	X	X	X	X
5	X	X	X	X	X	X	X
6	P	P	P	ND	ND	ND	P
7	P	P	ND	ND	ND	ND	P
8	V	V	V	ND	V	V	V
9	V	V	V	V	V	V	V
10	VEV	VEV	VEV	VEV	VEV	VEV	VEV
11	VEVx	VEVx	VEVx	VEVx	VEVx	VEVx	VEVx
12	X	X	X	X	X	X	X
13	P	P	ND	ND	ND	ND	P
14	V	V	ND	V	V	V	V
15	VEV	VEV	VEV	VEV	VEV	VEV	VEV
16	ND	RP	ND	RP	ND	ND	RP
17	ND	RV	ND	ND	ND	ND	RV
18	P	P	ND	ND	ND	ND	P
19	VEV	VEV	VEV	VEV	VEV	VEV	VEV
20	VEV	VEV	VEV	VEV	VEV	VEV	VEV
21	X	X	X	X	X	X	X
22	P	P	ND	ND	ND	ND	P
23	RP	RP	ND	ND	ND	ND	RP
24	VEV	VEV	VEV	VEV	VEV	VEV	VEV
25	P	P	P	P	ND	ND	P
26	RP	RP	ND	RP	ND	ND	RP
27	X	X	X	X	X	X	X
28	VEV	VEV	VEV	VEV	VEV	VEV	VEV
29	X	X	X	X	X	X	X
30	VEVx	VEVx	VEVx	VEVx	VEVx	VEVx	VEV

Somente Operadores	
Repê_OP1	
Repê_OP2	
Repê	
Reprô	
Gage R&R	

Operadores + STD	
Repê_OP1	
Repê_OP2	
Reprô_OP1	
Reprô_OP2	
Repê	
Reprô	
Gage R&R	

AVARIAS	
P	PLUG
RP	ROSCA PLUG
RV	ROSCA VALVULA
V	VALVULA
VEV	VAZAMENTO EXE V
VEVx	VAZAM EX VA XIADO
X	BOM
ND	NÃO IDENTIFICADO

Fonte: Dados da pesquisa.

Durante a aplicação da pesquisa, nessa fase, as dificuldades encontradas estão também estão relacionadas a equipe porque os funcionários possuíam muitas atribuições. Contudo, ao contrário da fase anterior os colaboradores já entendiam melhor a importância do processo e estavam empenhados em ajudar.

#### 4.1.3 Terceira fase: Analisar

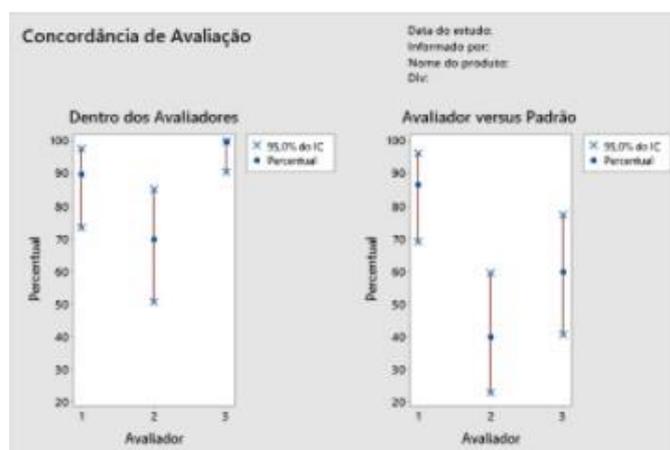
Segundo o Manual de MSA da QS-9000 (1997), para se controlar a variação do sistema de medição é necessário identificar as fontes de variação potenciais e eliminar ou monitorar essas fontes de variação. A probabilidade normal é uma premissa dos métodos utilizados na análise dos sistemas de medição. Quando o sistema de medição não é normalmente distribuído e essa normalidade é assumida, pode ocorrer a superestimação do erro do sistema. Portanto, o sistema de medição será normalmente distribuído.

Para entender a capacitação dos colaboradores para sua função foi realizado o MSA com os dois operadores de inspeção de vazamento e problemas de oring. Esses dois processos foram priorizados porque eles estão diretamente ligados as maiores quantidades de avarias dos botijões retornados para a empresa. Neste MSA, a máquina também foi analisada para verificar a capacidade de detectar problemas. A ferramenta utilizada foi o Minitab na função de concordância de avaliação como mostra a Figura 7.

A repetibilidade é a variação inerente ao equipamento, que no nosso caso é operador (ANFAVEA, 2002). Trata-se de uma variação de causa comum (erro aleatório) decorrente de sucessivas medições feitas sob condições definidas (WEKERMA, 2006). O estudo mostrará a capacidade do operador de identificar o mesmo problema no mesmo botijão quando avaliados em momentos diferentes.

A reprodutibilidade é definida como a variação das médias das medições feitas por diferentes avaliadores, utilizando um mesmo instrumento, enquanto medindo uma mesma característica, sob as mesmas condições ambientais (ANFAVEA, 2002). Portanto, não é aplicável a sistemas automatizados. Por esta razão, a reprodutibilidade é também conhecida como a variação das médias entre sistemas ou entre condições de medição (WEKERMA, 2006). No estudo, vamos utilizar os resultados dos dois operadores entre si. A ideia é entender se ao avaliar o mesmo botijão, os operadores terão a mesma resposta.

Figura 7: Concordância de avaliação e RR.



- **Repetibilidade** (concordância entre si):  
Operador 1: 90%  
Operador 2: 70%  
Máquina: 100%
- **Reprodutibilidade** (concordância entres os operadores/máquina com o gabarito):  
Operador 1: 86,7%  
Operador 2: 40%  
Máquina: 60%

Fonte: Dados da pesquisa.

Os dados levantados na tabela de aplicação do MSA (FIGURA 6), foram

levados para o Minitab para trazer de forma estatística a concordância de avaliação entre os botijões inspecionados e os operadores. Após análise do MSA, no Excel e Minitab (FIGURA 7), percebeu-se que o Operador 1 se mostrou estar mais apto para realização da inspeção do vazamento de cada botijão por possuir maior índice de repetibilidade e reprodutibilidade. Vale salientar que a empresa trabalha em dois turnos, precisando de no mínimo de dois operadores qualificados para essa função.

Figura 8: Índice da empresa estudada.

### Todos os Avaliadores versus Padrão

#### Concordância de Avaliação

Nº de Inspeccionados	Nº de Correspondências	Percentual	IC de 95%
30	11	36,67	(19,93; 56,14)

*Nº de Correspondências: As avaliações de todos os avaliadores concordam com o padrão conhecido.*

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme Manual de MSA (2010), quando um índice de repetibilidade e reprodutibilidade (R&R) está maior que 30% o resultado do processo é considerável inaceitável e precisa-se de esforços coletivos para contornar a situação. Na empresa, o índice encontrado foi de 36,67% (FIGURA 8), o que sugere necessidade de uma mudança de funcionário ou capacitação da equipe.

Durante a aplicação da pesquisa, nessa fase, a maior dificuldade, mas que foi rapidamente resolvida, estava no entendimento da equipe da empresa diante dos resultados apresentados. Mas de forma simples, eles foram explicados e essa etapa foi concluída.

#### 4.1.4 Quarta fase: Melhorar

Com os resultados obtidos na fase anterior, foi constatada a necessidade de treinamentos para o segundo operador pois seus índices de reprodutibilidade estavam abaixo do satisfatório. O treinamento auxilia as organizações a qualificarem seus profissionais, para executarem suas atividades. Para Marras (2001, p. 145): “treinamento é um processo de assimilação cultural a curto prazo, que objetiva repassar ou reciclar conhecimento, habilidade ou atitudes relacionadas diretamente à execução de tarefas ou

à sua otimização no trabalho.”

Pande, Neuman e Cavanagh (2001) consideram importante treinar os líderes, colaboradores e funcionários, avaliar a finalidade dos projetos de maneira correta, sugerindo que o foco seja a eficiência e o benefício para o cliente. Dessa forma, o operador 1, chamado agora de operador benchmarking, realizou treinamentos na fábrica e acompanhamento do operador 2 durante o período de uma semana. Após esse período, foi repetido o MSA e o índice de reprodutibilidade aumentou para 75% e o índice de repetibilidade e reprodutibilidade (R&R) caiu para menos de 10%.

Após análises do checklist de máquinas foi constatado, juntamente com a equipe de manutenção da empresa, que as perguntas realizadas eram superficiais de modo que ele não estava de acordo com seus principais objetivos, que são: assegurar a calibragem da máquina e diminuir as paradas corretivas. A calibragem correta da máquina é fundamental para o processo de detecção visto que é a única variante envolvida. Com o checklist antigo, não foi possível realizar nenhum sistema de medição, mas foi criado um novo para poder mapear os problemas enfrentados e não permitir uma análise superficial nesse processo.

Além disso, o checklist se torna um fator importante na prevenção de paradas de produção para conserto, funcionando como uma medida preventiva de manutenção. Por isso, após análise do manual de funcionamento da máquina foi montado novo checklist para suprimir a necessidade da empresa; a diferença é mostrada na Figura 8:

Antes X Depois

TESTES NOS EQUIPAMENTOS DETECTORES						
VAZAMENTO			O'RING			
<b>TESTE 1</b>	Data	1ª Verificação		2ª Verificação		3ª Verificação
		S	N	S	N	S
	equipamento expulsou					
	observação					
	responsável					
<b>TESTE 2</b>	Data igual à acima	1ª Verificação		2ª Verificação		3ª Verificação
		S	N	S	N	S
	equipamento expulsou					
	observação					
	responsável					
<b>TESTE 3</b>	Data igual à acima	1ª Verificação		2ª Verificação		3ª Verificação
		S	N	S	N	S
	equipamento expulsou					
	observação					
	responsável					
<b>TESTE 4</b>	Data igual à acima	1ª Verificação		2ª Verificação		3ª Verificação
		S	N	S	N	S
	equipamento expulsou					
	observação					
	responsável					

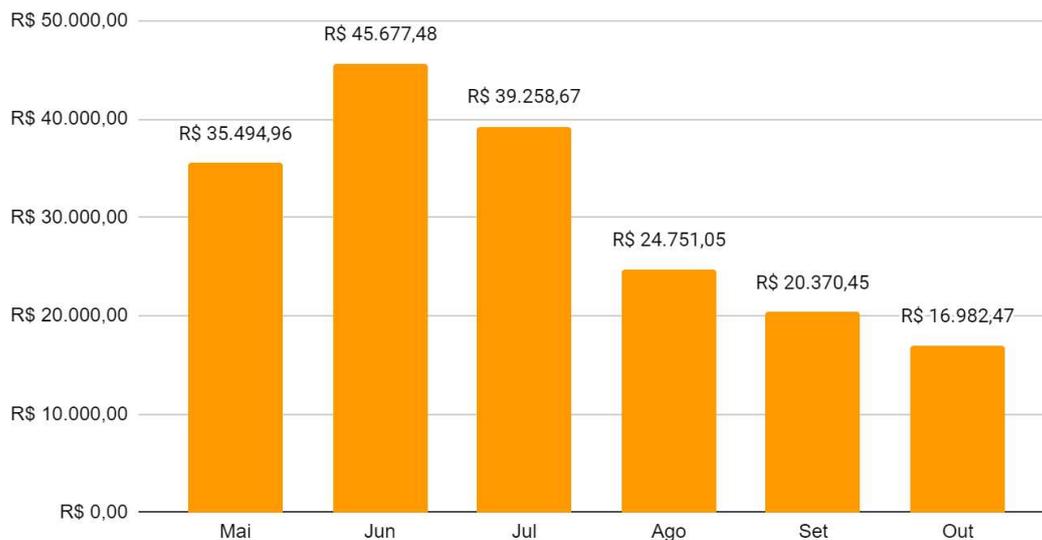
ATIVIDADE	ORIGEM	FREQUENCIA	MES novembro/2021									
			01	02	03	04	05	06	07	08		
LIMPEZA	POEIRA E RESÍDUOS	D										
LIMPEZA	CABEÇA DETECÇÃO	D										
INSPEÇÃO	CABEÇA DETECÇÃO	D										
VERIFICAÇÃO	DANOS APARENTES	D										
VERIFICAÇÃO	DESGASTE PARTES MÓVEIS	D										
VERIFICAÇÃO	VAZAMENTO PNEUMÁTICO	D										
VERIFICAÇÃO	RUIDOS	D										
VERIFICAÇÃO	VIBRAÇÃO	D										
VERIFICAÇÃO	FOLGAS EXCESSIVAS	D										
VERIFICAÇÃO	MOVIMENTOS INCOMUM	D										
VERIFICAÇÃO	FIXAÇÃO DAS PROTEÇÕES	D										
VERIFICAÇÃO	MALHA E CABO ATERRAMENTO	D										
VERIFICAÇÃO	1º TESTE EXPULSÃO	D										
VERIFICAÇÃO	2º TESTE EXPULSÃO	D										
VERIFICAÇÃO	3º TESTE EXPULSÃO	D										

Fonte: Dados da pesquisa.

Por fim, durante o período de aplicação do projeto, foram mapeadas duas métricas principais para o acompanhamento geral dos resultados, uma métrica

operacional e uma financeira. A métrica operacional apresenta o índice de avariado de botijões P13 mensais e a métrica financeira que apresenta o quanto financeiramente essa quantidade de botijões representa em reais. A empresa tinha como objetivo no começo do projeto, reduzir o índice de avariados mensal para 0,16%. O resultado obtido pode ser visualizado em duas métricas: financeira (GRÁFICO 3) e operacional (GRÁFICO 4).

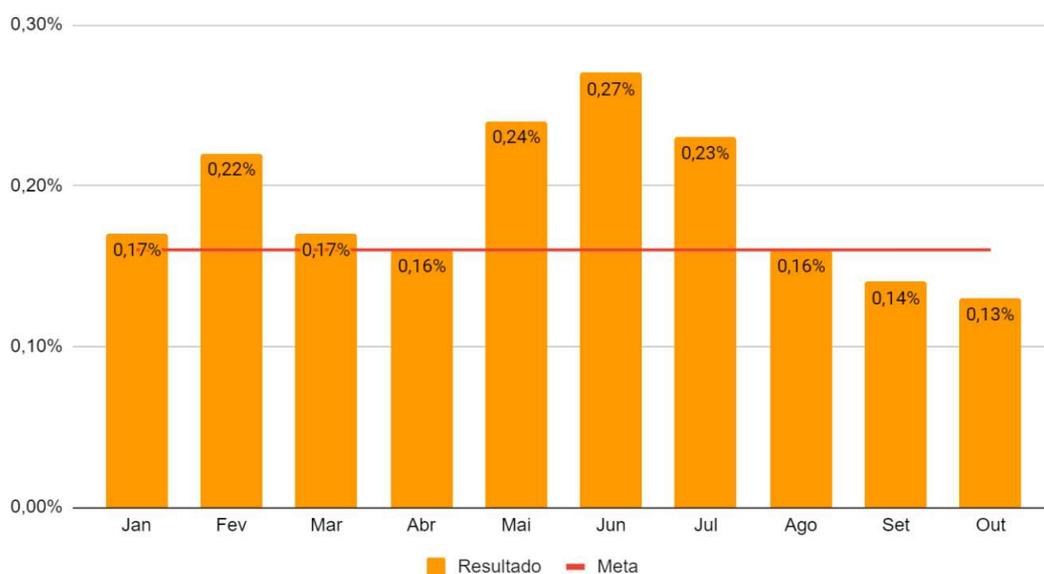
Gráfico 3: Métrica financeira.  
**Métrica Financeira**



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Gráfico 4: Métrica operacional – Índice de avariado.

**Métrica Operacional - Índice de Avariado**



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Para Werkema (2012) as cinco principais características de um projeto Seis Sigma eficaz devem ser: a) Forte contribuição para o alcance das metas, b) Forte colaboração para aumento da satisfação do cliente; c) Alta chance de concluir o projeto dentro do prazo; d) Grande impacto para a melhoria da performance; e) Quantificação precisa, por meio do emprego de métricas apropriadas.

O projeto seguiu as características apresentadas com o intuito de atender os objetivos propostos no início da pesquisa. O DMAIC foi aplicado durante quatro meses com execução da equipe Belt e operadores da empresa. As etapas foram seguidas de acordo com a fundamentação do método e utilizando as ferramentas adequadas para cada fase.

Apesar de ter uma teoria complexa, a metodologia possui aplicação rápida, prática e com resultados mensuráveis. Assim, o Seis Sigma se mostrou atrativo para empresa, o que facilitou a entrada para realização da pesquisa em uma das sedes. Outro ponto facilitador da aplicação da metodologia foi a empresa possuir dados e métricas bem atualizado e com histórico preservado. Assim, foi possível melhor acompanhamento e mensurar os resultados.

Uma das maiores dificuldades durante a aplicação, e que ao longo do projeto foi superada, foi da desmotivação e falta de auxílio por parte dos operadores e gerentes da empresa focal, pela falta de investimentos e de cuidado que a própria empresa vinha passando a longo dos anos. Porém, a equipe foi motivada, ao mostrar ao longo do tempo que o projeto traria resultados, o que acabou sendo uma vantagem da aplicação.

Os operadores possuíam também muitas atribuições atreladas ao processo que desempenhavam. Cada operador era responsável por executar e preencher diversos relatórios de apoio durante o dia, o que dificultava o acompanhamento e desempenho do projeto. A gestão interveio nesse momento para que os operadores entendessem e pudessem participar do desenvolvimento do projeto sem entrar em conflito com as responsabilidades diretas. Outra dificuldade foi relacionada a distância da empresa e necessidade de maior parte dos encontros serem remotos. Contudo, durante o processo, houve adaptação da equipe para esse modelo de aplicação.

Portanto ao final da aplicação do Seis Sigma, foi possível alcançar uma diminuição do nível de botijões P13 avariados em 39%. O resultado foi obtido ao se identificar a principal causa-raiz do problema, a capacitação dos operadores no processo de inspeção de vazamento. Só foi possível determinar o problema após seguir as etapas do DMAIC, onde foi definido, medido e analisado o processo.

Após isso, foi melhorado o procedimento de inspeção através de treinamentos de capacitação e melhoria do checklist de calibragem da máquina. A meta redução proposta pela empresa de reduzir o índice de botijões avariados foi atingida, obtendo um índice de 0,15% ao final do projeto, o que resultou em uma economia de mais de R\$ 28.000,00 mensais para a empresa.

## 5 CONCLUSÃO

O trabalho se desenvolveu tendo como base a ferramenta Seis sigma, utilizando como metodologia DMAIC e como objetivo de investigação apresentar como essa metodologia pode contribuir para a redução do número de avarias em botijões de gás de cozinha em uma indústria do segmento de gás liquefeito de petróleo.

Através do trabalho foi possível mapear, medir, analisar e encontrar os problemas gerados no processo. O processo de envase foi melhor compreendido pela própria equipe da empresa e os colaboradores foram capacitados gerando maior precisão na identificação de vazamentos em botijões P13. Ao final da pesquisa o índice de avarias em botijões P13 foi reduzido em 39% em comparação ao índice da empresa no início do projeto.

A partir do estudo, os conhecimentos sobre Seis Sigma foram aprofundados, e quanto a cultura de melhoria contínua faz diferença em um ambiente produtivo. As principais vantagens decorrem da atratividade do objetivo do Seis Sigma e da aceitação da empresa em relação ao projeto.

Como limitações da pesquisa, foram várias as dificuldades encontradas na sua elaboração. Contudo, a principal foi obter apoio por parte dos operadores de produção para a coleta de dados. Muitos deles tinham muitas responsabilidades e, no começo, não conseguiam acompanhar projeto.

Ademais, diversos problemas a serem tratados foram observados ao longo do desenvolvimento do projeto, porém nem todos puderam ser trabalhados por falta de tempo, de pessoas e recursos financeiros. Outras etapas do processo, também são responsáveis por avarias nos botijões, conforme apresentado na etapa definir e medir do projeto. Assim, existem outras etapas e atividades que podem ser avaliadas no futuro para melhoria do processo geral.

## REFERÊNCIAS

- ALBERTAZZI, A.; SOUSA, A. R. **Fundamentos de metrologia científica e industrial**. São Paulo: Manole, 2015.
- ANFAVEA. **Análises de sistemas de medição – MSA**, Manual de referência. 3ª. Ed. São Paulo: IQA, 2002.
- ANTONY, J.; BANUELAS, R. Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program. **Measuring Business Excellence**, v. 6, n. 4, p. 20–27, dez. 2002.
- ARRUDA, A.I.B.; SANTOS, E.C.A; MELO, L.S.S. Análise da Gestão da Qualidade em uma indústria de alimentos em Caruaru – PE: Estudo sobre a utilização das ferramentas da qualidade. Contribuições da Engenharia de Produção para Melhorias Práticas de Gestão e Modernização do Brasil. **Artigo**. In: XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. João Pessoa/PB, de 03 a 06 de Outubro de 2016. Disponível em: [https://abepro.org.br/biblioteca/tn\\_sto\\_227\\_328\\_29552.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/tn_sto_227_328_29552.pdf). Acesso em: julho 2022.
- BAEZ, Y. P.; et al. Filosofia Lean Seis Sigma melhora a colaboração para obter uma cadeia de suprimentos mais integrada. **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, v. 12, n. 3, p. 153-176, 2019.
- BRITO, A. P. G.; OLIVEIRA, G. S.; SILVA, B. A. A importância da pesquisa bibliográfica no desenvolvimento de pesquisas qualitativas na área de educação. **Cadernos da Fucamp**, v. 20, n. 44, p. 1-15/2021. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/cadernos/article/download/2354/1449>. Acesso em: 05 de julho de 2022.
- CAMPOS, V. F. **Controle da qualidade total**. Rio de Janeiro: Bloch, 3ª edição, 1992.
- CAMPOS, V. F. **TQC – Controle de Qualidade Total (no estilo japonês)**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.
- CANÇADO, T. O. B.; CANÇADO, F. B.; TORRES, M. L. A. Lean Seis Sigma e anestesia. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, v. 69, n. 5, p. 502-509, 2019. Disponível em: <http://observatorio.fm.usp.br/handle/OPI/34252>. Acesso em: 05 jul. 2022.
- CARPINETTI, L. **Gestão da qualidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- Consumo de gás no Brasil aumenta 29% em 2021 com uso de térmicas**. Abegás, 2022. Disponível em: <https://www.abegas.org.br/arquivos/83133>. Acesso em: 05 de julho de 2022.
- CROSBY, P. B. A gestão pela qualidade. **Banas Qualidade**, v.8, n. 70, p. 98. Março, 1998.
- GAMBI, L. N. **A relação entre cultura organizacional e o uso de técnicas da qualidade e seu impacto no desempenho organizacional**. 136 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.
- GASTALDONI, R. F. **O mercado de gás liquefeito de petróleo após a entrada do gás natural importado e a sua tendência futura**. Monografia (Curso de Economia) – IFRJ. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em:

<<https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/5167/1/RFGastaldoni.pdf>>. Acesso em: 05 de julho de 2022.

HOERL, R. W. **Six Sigma and the future of the quality profession**. IEEE Engineering Management, fall, p. 87-94, 1998.

HUNT, V. D. **Process Mapping: How to Reengineer your Business Process**. John Wiley & Sons, New York, 1996.

IBP. **Custos e competitividade da atividade de E&P no Brasil**. 05/2016. Disponível em: <<https://www.ibp.org.br/observatorio-do-setor/analises/custos-e-competitividade-da-atividade-de-ep-no-brasil/>> Acesso em: 25 de janeiro de 2022.

JUNIOR, A.N.; OLIVEIRA, M.C. A gestão da qualidade nas organizações: suas práticas, fatores de sucesso e tendências associadas às características culturais das empresas. Contribuições da Engenharia de Produção para Melhorias Práticas de Gestão e Modernização do Brasil. **Artigo**. XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. João Pessoa/PB, de 03 a 06 de Outubro de 2016. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_227\\_328\\_29552.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_227_328_29552.pdf)> Acesso em 25 de janeiro de 2022.

KLEFSJÖ, B.; WIKLUND, N.; EDEGMAN, R. L. Six Sigma seen as a methodology for total quality management. **Measuring Business Excellence**, v. 5, n. 1, p. 31-35, 2001.

MACHADO, M. P. P. **Uma Análise Sobre a Estratégia de Diferenciação no Setor de Cosméticos: O Caso Natura**. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso Superior de Ciências Econômicas. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

MARRAS, J. P. **Administração de recursos humanos: do operacional ao estratégico**. 4. ed. São Paulo: Futura, 2001.

MARTINS, R. T. **Estudo de caso sobre o uso de ferramentas de gestão da qualidade em uma empresa rural**. Relatório final de supervisão de estágio supervisionado obrigatório do curso de Gestão de Agronegócio da Faculdade Unb Platina. Brasília/DF, 2013.

MARTINS, V. P. **Desenvolvimento de modelo de resultados em serviços hospitalares com base na comparação entre receitas e custos das atividades associadas ao serviço**. Dissertação de M.Sc, UFSC, Florianópolis, SC, Brasil, 2002.

MAXIMIANO, A. C. A. **Introdução à administração**, 4ª Ed. São Paulo: Atlas, 1995.

MELLO, S. B. **Marginalização do GLP na matriz energética brasileira**. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: C:\Documents and Settings\somaco sa\Configurações locais\Temporary Internet Files\Content.IE5\GHIJGLMN\FIESP01deAgostode2005-Sindicatas2semfotos-x[1].zip

MOREIRA, S. P. S. **Aplicação das ferramentas Lean: caso de estudo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2011.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2006.

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. **Estratégia Seis Sigma**: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2001.

PAVÃO, D. N.; *et al.* Eficiência no processo operacional: redução dos lançamentos incorretos e garantia de compliance na prestação de contas. **Einstein**, São Paulo, v. 16, n. 4, eGS4200, out. 2018. Disponível em: [https://doi.org/10.31744/einstein\\_journal/2018GS4200](https://doi.org/10.31744/einstein_journal/2018GS4200). Acesso em: 05 de julho de 2022.

PAVNASKAR, S. J.; GERSHENSON, J. K.; JAMBEKAR, A. B. Classification scheme for lean manufacturing tools. **International Journal of Production Research**, v. 41 n. 13, p.3075–3090, 2003. Disponível em: <http://research.me.mtu.edu/pubs/Gershenson-%20Classification%20Scheme%20for%20Lean%20Manufacturing%20Tools.pdf>. Acesso em: 01 de julho de 2022.

PEREZ-WILSON, Mario. **Seis Sigma**: compreendendo o conceito, as implicações e os desafios. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 1999.

PEZEIRO, Alberto. **Qualidade online's Blog**. Disponível em: <https://qualidadeonline.wordpress.com/2011/11/01/o-pdca-e-o-six-sigma-dmaic-sao-metodologias-complementares/>. Acesso em: 28 de junho de 2022.

PINTO, S. H. B.; CARVALHO, M. M.; HO, L. L. Implementação de programas de qualidade: um survey em empresas de grande porte no Brasil. **Gestão & Produção**, vol.13, no.2, p.191-203, Mai/Ago. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/YH9GYwTmLQCCbYCcrBfrdTn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 06 de julho de 2022.

PINTO, S. H.; CARVALHO, M. M.; LINDA, L. H. Implementação de programas de qualidade: um survey em empresas de grande porte no Brasil. **Gestão & Produção**, v. 13, n. 2, p. 191-203, 2006.

RAMALHO, A. Consumo de gás natural cresceu 29% em 2021. **Valor**, Rio de Janeiro, 02 mar, 2022. Disponível em: <https://valor.globo.com/brasil/noticia/2022/03/02/consumo-de-gas-natural-cresceu-29percent-em-2021.ghtml>. Acesso em: 05 de julho de 2022.

REIS, Delmar Alfredo Flemming dos. **Seis sigma**: um estudo aplicado ao setor eletrônico. 2003. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

RIBEIRO, Paulo; CASTRO, Renault. **As restrições ao uso do gás liquefeito de petróleo**. Rio de Janeiro, 2007. 133p.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Learning to see: value stream mapping to ass value and eliminate**. Cambridge, MA: Lean Enterprise Institute, 1998.

ROTONDARO, R. **Seis Sigma**: estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços. 1. ed. Sao Paulo: Atlas, 2011.

SCHUCK, P. H. **Uso da engenharia de processos e ferramentas Lean Six Sigma na melhoria dos resultados do setor de fundição em uma fábrica de médio porte**. Monografia de especialização (Lean Six Sigma) – Departamento de Eletrotécnica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021. Disponível em:

[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/28007/1/CT\\_LSSBB\\_I\\_2019\\_04.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/28007/1/CT_LSSBB_I_2019_04.pdf)  
f. Acesso em: 05 de julho de 2022.

SILVA, R. **Metodologia six sigma e suas aplicações**. São Paulo 2009. Universidade São Judas Tadeu, 2009.

SOUZA, S. R. M. **Seis Sigma**: obstáculos e oportunidades competitivas para as seguradoras brasileiras. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2002.

TONINI, A. C.; CARVALHO, M. M.; SPINOLA, M. M. Contribuição dos modelos de qualidade e maturidade na melhoria dos processos de software. **Produção**, v. 18, n. 2, p. 275-286, 2008. Disponível em:  
<<https://www.scielo.br/j/prod/a/hVWM5wDTD6vYzGRcq7FzSxc/?lang=pt>>. Acesso em: 05 jul. 2022.

VIEIRA FILHO, G. **Gestão da qualidade total**: uma abordagem prática. 3. ed. Campinas: Alínea, 2010.

VILLELA, C. S. S. **Mapeamento de processos como ferramenta de reestruturação e aprendizado organizacional**. Dissertação de M.Sc. PPEP/UFSC, Florianópolis, SC, Brasil, 2020. Disponível em:  
<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/78638/171890.pdf>. Acesso em: 05 de julho de 2022.

WERKEMA, C. **Criando a cultura lean seis sigma**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

WERKEMA, C. **Ferramentas estáticas básicas para gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Werkema, 2006.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. trad. Daniel Grassi - 2.ed. -Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZIMMERMANN, G. S.; SIQUEIRA, L. D.; BOHOMOL, E. Aplicação da metodologia Lean Seis Sigma nos cenários de assistência à saúde: revisão integrativa. **Rev. Bras. Enferm.**, Brasília, v. 73, supl. 5, e20190861, 2020. Disponível em:  
<[http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-71672020001700306&lng=en&nrm=iso](http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-71672020001700306&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 05 de julho 2022.