

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

EVERTON GRANDO SILVA

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DMAIC EM UMA CÉLULA DE RESERVATÓRIOS
PARA GÁS DE REFRIGERAÇÃO**

CAXIAS DO SUL

2022

EVERTON GRANDO SILVA

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DMAIC EM UMA CÉLULA DE RESERVATÓRIOS
PARA GÁS DE REFRIGERAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador Prof. Dr. Gabriel Vidor

CAXIAS DO SUL

2022

EVERTON GRANDO SILVA

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DMAIC EM UMA CÉLULA DE RESERVATÓRIOS
PARA GÁS DE REFRIGERAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em

Banca Examinadora

Prof. Dr. Gabriel Vidor – orientador
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. + grau + Nome do Professor
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. + grau + Nome do Professor
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. + grau + Nome do Professor/Convidado Externo
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Dedico este trabalho a minha mãe Dolores e minha vó Theresina, por toda a educação e princípios que me deram, a Deus por sempre iluminar meus caminhos e a minha esposa Katrine por ser meu alicerce em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida, por iluminar meus caminhos e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da minha vida.

A minha esposa Katrine, por me apoiar nos momentos difíceis e incentivar a realizar todos meus sonhos.

A minha Mãe Dolores e a minha vó Theresina, por ter me dado uma excelente educação moral e ética, por nunca ter me deixado faltar nada de básico, por sempre ter incentivado a buscar educação.

Ao meu orientador Gabriel Vidor, por ter dado todo apoio necessário para a realização deste trabalho.

A todos os professores que contribuíram de alguma forma para a minha formação educacional.

A todos os meus colegas de empresa, por contribuírem no meu conhecimento técnico.

“Se as pessoas realmente querem algo, é impossível impedir que consigam o que desejam”
Henry Ford

RESUMO

O objetivo do trabalho é implementar o método DMAIC em uma célula de reservatórios de refrigeração em uma empresa de manufatura, que por sua vez é a fermenta base do Lean Seis Sigma (LSS). Para fundamentar teoricamente esse tema, explicaremos brevemente sobre o LSS, a origem e significado do Lean Manufacturing, bem como o Seis sigma, abordaremos o método DMAIC individualmente em cada fase; Analisar, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar.

O método deste trabalho é implementar o DMAIC na prática, em uma empresa metalúrgica, de médio porte, situada em Caxias do Sul, Rio Grande do Sul. Com o autor desde trabalho com o Lider *Green Belt* e ajuda de uma equipe multifuncional, iremos passar por cada etapa do DMAIC evidenciando os ganhos obtidos, que beiram a casa dos 80% de redução de reclamações por parte do cliente final, no qual representa um faturamento de 1/5. Outro ponto levantado são os estudos futuros que esse trabalho pode gerar, como estudos de controle estatísticos, readequação de postos de trabalho, melhoria de desenho de produto e automatização de processos.

Palavras chaves: DMAIC, Melhoria, Lean Seis Sigma

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxo de trabalho	22
Figura 2 – Cenário atual da célula de produção	24
Figura 3 – Cenário atual da célula de embalagem	25
Figura 4 – VOC – Voz do Cliente	29
Figura 5 – Contrato do Projeto (Project Charter)	30
Figura 6 – SIPOC	31
Figura 7 – Cronograma	31
Figura 8 - Mapa do processo Célula de Manufatura	32
Figura 9- Mapa do processo Pintura – Embalagem	33
Figura 10 - Espinha de Peixe (Diagrama de Ishikawa)	33
Figura 11 – Matriz de Causa e Efeito parte 1	34
Figura 12 – Matriz de Causa e Efeito parte 2	35
Figura 13 – Matriz Esforço X Impacto	36
Figura 14 – FMEA parte1	37
Figura 15 – FMEA parte 2	38
Figura 16 – Antes x Depois Kaizen – Gestão visual	40
Figura 17 – Antes x Depois Kaizen – Elétrica	40
Figura 18 – Antes x Depois Kaizen – Automação	41
Figura 19 – Isolamento das conexões do reservatório – Jato de granalha	42
Figura 20 – Isolamento das conexões do reservatório – Antes x Depois Pintura	43
Figura 21 – Isolamento das conexões do reservatório – Pintura	44
Figura 22 – Comparação do processo antigo X processo com as melhorias	44
Figura 23 – Máquina de lavar antiga X Máquina nova	45
Figura 24 – Diagrama espaguete antigo	46
Figura 25 – Diagrama espaguete atual	47
Figura 26 – Procedimento Operacional Padrão – Teste de estanqueidade	49
Figura 27 – Procedimento Operacional Padrão – Embalagem	50
Figura 28 – Indicador PPM	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Pontuação Severidade FMEA

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LSS	Lean Seis Sigma
DMAIC	Definir, Medir, Analisar, Melhorar(Improve) e Controlar
STP	Sistema Toyota de Produção
PDCA	Planejar, Fazer, Verificar e Ajustar (<i>Plan, Do, Check e Act</i>)
VOC	Voz do Cliente (<i>Voice of the Customer</i>)
SIPOC	Fornecedores, Entradas, Processos, Saídas, Clientes (<i>Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Clients</i>)
FMEA	Análise de Modo e Efeito de Falha (<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>)
RPN	Número Potencial De Risco (<i>Risk Potencial Number</i>)
CTQ	Crítico Para a Qualidade (<i>Critical to Quality</i>)
TIG	Gás inerte de tungstênio (<i>Tungsten Inert Gas</i>)
KPI	Indicador Chave de Performance (<i>Key Performance Indicator</i>)
6Ms	Método, Matéria-Prima, Mão-De-Obra, Máquinas, Medição e Meio Ambiente
5W2H	O Que, Por Que, Onde, Quando e Quem (<i>What, Why, Where, When e Who</i>)
POP	Procedimento Operacional Padrão
PPM	Partes por milhão

SUMÁRIO

1	131.1		141.2	
	151.2.1		151.2.2	
	151.3		15	
2	172.1	LEAN	SEIS	SIGMA182.1.1
	LEAN MANUFACTURING	182.1.2	SEIS	SIGMA182.2
	MÉTODO DMAIC	182.2.1		DEFINIR182.2.2
	MEDIR	182.2.3		ANALISAR182.2.4
	MELHORAR	182.2.5		CONTROLAR18
3	223.1			223.2
	253.2.1			DEFINIR183.2.2
	MEDIR	183.2.3		ANALISAR183.2.4
	MELHORAR	183.2.5		CONTROLAR18
4	284.1			DEFINIR184.2
	MEDIR	184.3		ANALISAR184.4
	MELHORAR	184.5		CONTROLAR184.6
	DISCUSSÃO DO CASO	18		
5				51
	REFERÊNCIAS			54

1 INTRODUÇÃO

Segundo Rocha (2016), o Lean Seis Sigma (LSS) tem se apresentado como uma forma de melhoria de negócios, que integra duas filosofias de gestão distintas: a metodologia *Six Sigma* e o *Lean Manufacturing*, enquanto a primeira volta-se a qualidade e serve para a redução da variação dos processos, a segunda é tida como uma filosofia operacional, com objetivo de eliminar perdas em todas as dimensões cabíveis.

De acordo com Tenera e Pinto (2014), essa integração foi possível através da mistura de seus métodos e princípios em conjunto com o DMAIC, como a estrutura de melhoria contínua, fazendo esforços para reduzir os defeitos de produção e a variabilidade, bem como a simplificação, padronização e redução de desperdícios no processo.

O presente trabalho está focado em uma empresa do ramo metalúrgico que atende o setor automotivo e tem na ferramenta LSS a expectativa de resolver os constantes problemas de qualidade de um cliente específico, que vem demandando soluções robustas para que não haja recorrências nos casos reclamados.

Deve-se ser levado em consideração na hora de decidir sobre o uso dessa ferramenta, o tempo para a conclusão do projeto, sabendo que um projeto LSS leva de 3 a 6 meses, dependendo da complexidade do problema a ser resolvido. Outro fator há se levar em questão é o tipo de problema a ser resolvido, já que a ferramenta engloba problemas que possam ser quantificados.

Conforme Cruz e Oliveira (2020) foi realizado a aplicação do DMAIC, para melhoria de processos de uma indústria do setor metal mecânico. Para isso foi desenvolvido um projeto, focando na resolução de um problema, seguindo as etapas do método e aplicando ferramentas na investigação do problema e na proposição de melhorias, com uma meta de reduzir o tempo de valor não agregado em 35%. Concluiu-se que o LSS se apresenta como uma estrutura eficaz na melhoria contínua de processos da referida indústria.

Lima *et al.* (2021) Também salienta que o método DMAIC foi utilizado para a gestão de seu projeto, cada etapa contou com a especificação do uso de métodos e ferramentas de suporte, como, as análises orientadas pela metodologia Lean Seis Sigma que foram desenvolvidas com apoio de *software* estatístico. Entre os resultados de melhoria, registraram-se as reduções de desperdícios nas ordens de 7% a 10% dos aviamentos. Os novos níveis de controles alcançados, possibilitaram a incrementação na produção de mais 117 bonés a cada 10 mil unidades produzidas.

Este trabalho por sua vez, aplicará o conceito e ferramentas do LSS em uma linha fabril de produção em massa, onde passa um considerável número de reservatórios, levando as operações a se tornarem repetitivas, tornando um o ambiente propício a aplicação do LSS.

1.1 JUSTIFICATIVA

Sob o contexto anterior este trabalho se mostra importante pois, evidencia que o LSS pode ajudar as empresas a buscarem soluções para diversos tipos de problemas. No caso apresentado a empresa busca a melhoria dos problemas de qualidade reclamados por um de seus clientes, que por ser uma multinacional conta com rigorosos controles de qualidade, fundadas em conceitos de montadoras automotivas.

Assim, o método DMAIC ajudará a equipe envolvida na estruturação dos trabalhos, de forma que as não conformidades com a qualidade dos reservatórios sejam solucionadas na sua causa raiz, não voltando a ocorrer no cliente final.

A empresa em questão sofre com desperdícios na linha de produção como transporte excessivo, estoques intermediários e movimentações desnecessárias, por isso, buscamos no LSS uma solução para esses desperdícios. Lima *et al.* (2021) Em sua pesquisa teve o foco voltado na redução de desperdício em uma empresa têxtil. Para tal realização foram analisados os fatores envolvidos no processo, com o foco na identificação das principais causas que possuíam maior influência no desperdício de aviamentos e na qualidade final das peças, provando que o LSS pode reduzir desperdícios de forma significativa.

Outra dificuldade enfrentada pela empresa é o número de defeitos nos reservatórios, que acabam passando pelos processos de inspeção e chegam até o cliente final, causando custos de não qualidade e desgastando a imagem da empresa junto a seu cliente. Xavier, 2017 relata que com o auxílio do LSS, conseguiu a redução de rejeição dentro do processo de pintura de uma empresa automotiva, com isso obteve melhoria dos resultados atuais da empresa, o aumento dos lucros e a redução de perdas e desperdício, evidenciando mais uma vez, que o mesmo é eficaz.

A ferramenta LSS foi escolhida em especial por ser baseada no método DMAIC, utilizando-a de forma correta é possível conhecer muito bem o processo no qual deseja atuar e se todas as suas etapas forem seguidas rigorosamente, a possibilidade de obter-se um bom resultado é grande.

1.2 OBJETIVOS

Nessa seção vem apresentados os objetivos gerais e específicos do trabalho.

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo do trabalho é implementar o método DMAIC em uma célula de reservatórios de refrigeração em uma empresa de manufatura.

1.2.2 Objetivos específicos

Do objetivo geral derivam-se os específicos como sendo:

- a) Definir processo de fabricação e suas variáveis em relação a produção de reservatórios de refrigeração;
- b) Mensurar o impacto das variáveis críticas do processo analisado;
- c) Analisar as variáveis críticas do processo analisado;
- d) Desenvolver ações de melhoria no processo analisado;
- e) Controlar o efeito das ações realizadas.

1.3 ABORDAGEM E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

Esse trabalho está organizado por meio de uma abordagem descritiva, visto que analisa dados diretos e indiretos para elaboração do fluxo de processo e análise do valor agregado. Além disso, a natureza pode ser classificada como qualitativa, visto que utiliza dados de entrevista e mapas mentais para aplicação das ferramentas usadas. O trabalho aplica o método da pesquisa-ação. Thiollent (1997) aponta as seguintes fases da pesquisa-ação:

- a) fase exploratória, para diagnóstico da situação atual;
- b) fase de planejamento, para proposição de pontos críticos;
- c) fase de ação, para resolução de pontos críticos;
- d) fase de avaliação, para observação e ajustes.

Para a realização desse método de pesquisa, foi utilizada uma abordagem que consiste em cinco etapas: definição do processo, medição, análise, melhoria e controle.

A primeira etapa busca definir o que se espera do projeto, é avaliado o histórico do problema, para estabelecer seus processos com clareza, assim, garantindo o comprometimento

dos envolvidos durante o mesmo, e formalizando todas as informações definidas nessa etapa, sendo fundamental a elaboração do contrato do projeto.

Na medição, o objetivo é identificar as causas potenciais mais importantes de falha, que geram mais impacto nos resultados finais, através de dois caminhos: um mais quantitativo e outro mais qualitativo, o presente trabalho seguirá o qualitativo.

Após, é feita a análise, através da identificação das causas raízes que afetam grandemente o processo, gerando variabilidade no resultado de interesse. Assim, podemos comprová-las com fatos e dados, utilizando gráficos, análises estatísticas e ferramentas qualitativas.

Na parte da Melhoria, é onde descobrimos uma solução adequada para cada causa raiz identificada anteriormente, ela será implementada através de um Plano de Ação, além da verificação do impacto e resultados obtidos com as melhorias implementadas. A quinta e última etapa é a de Controle, nela monitoramos os resultados alcançados. Para isto, existem diversas técnicas, como a elaboração de procedimentos padrão.

Na empresa em questão, a utilização do DMAIC está sendo implementado pela primeira vez através desse estudo, sendo aplicado em uma célula piloto de manufatura de reservatórios de gás para refrigeração, onde os operadores estão recebendo treinamentos e a equipe de apoio capacitação para a compressão da ferramenta, assim obtendo a melhor forma de aplicação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No decorrer deste capítulo, será apresentada a fundamentação teórica utilizada que teve maior relevância para a realização desse trabalho. Dentre eles, encontram-se os temas relacionados com a produção e seus desperdícios, os conceitos de qualidade, a ênfase na melhoria contínua, a visão de controle estatístico da qualidade, a análise de variância e o aprofundamento na abordagem Seis Sigma e na metodologia DMAIC.

2.1 LEAN SEIS SIGMA

A combinação do conceito Seis Sigma, juntamente com a do *Lean Thinking* (pensamento enxuto), resultou na metodologia Lean Seis Sigma, a qual utiliza-se dos pontos fortes de ambos os conceitos, sendo que para O'Rourke (2005) o Lean cria o padrão e Seis Sigma investiga e resolve a variação do mesmo.

A maioria das organizações querem melhorar a qualidade e reduzir os custos, de acordo com George (2002), o Lean Seis Sigma maximiza o valor para o acionista e melhora a satisfação do cliente, custo, qualidade, velocidade do processo, e capital investido.

2.1.1 Lean manufacturing

Segundo Womack e Jones (1996), o *Lean Manufacturing* (manufatura enxuta), originou-se a partir do Sistema Toyota de Produção - STP, e consiste em uma busca a perfeição através da eliminação de desperdícios, dessa forma acrescentando valor ao cliente. Para esse tipo de pensamento o estoque é considerado desperdício, sendo a meta, manter o fluxo do produto na linha de montagem e agregar valor em cada etapa. O foco está em todo o sistema e as operações de sincronização para que eles estejam alinhados e produzindo em um ritmo constante.

2.1.2 Seis sigma

O programa de melhoria Seis Sigma teve início nos anos 80 na Motorola, onde foi percebido que muitos clientes estavam insatisfeitos com a qualidade de seus produtos, procurando então, a concorrência. Para resolver esse problema, a empresa estabeleceu metas para cada um de seus processos, tendo por objetivo, reduzir os defeitos das peças produzidas. Segundo Duarte (2016), foi a partir disso, que foi dado o caminho para resolver problemas

críticos de qualidade em toda a organização, desde o chão de fábrica até os processos de suporte de vendas.

Os benefícios do Seis Sigma são visíveis para a empresa, Pyzdek (2005) define duas linhas de benefícios para o processo:

- Visão Estatística: o termo Seis Sigma é definido estatisticamente como tendo uma taxa de 99,9997% de sucesso e a possibilidade de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades.
- Ponto de vista de negócios uma estratégia de negócios focada na melhoria da rentabilidade, eficiência e eficácia do negócio, atendendo ou até excedendo as necessidades e expectativas do cliente.

2.2 MÉTODO DMAIC

Segundo Mim (2014), na abordagem do Seis Sigma, é aplicado o modelo DMAIC, onde indica como tratar dos problemas, criando uma rotina padrão de resolução dos mesmos. Esse processo é considerado um modelo de aprendizagem, focado em “agir” mas também abordando a coleta de dados anteriores à execução de qualquer melhoria. Desta maneira, temos uma base de fatos reais e científicos

De acordo com Kuan (2012), o DMAIC foi desenvolvido a partir do clássico ciclo PDCA - Planejar - Fazer - Checar – Agir. Ele é composto por cinco passos, definir, medir, analisar, melhorar e controlar, cada etapa tem um efeito residual sobre a posterior, não sendo independentes.

2.2.1 Definir

Nessa primeira fase da metodologia DMAIC o objetivo é a definição do projeto, o que do processo atual, pretende-se eliminar ou melhorar. Segundo Alper (2019), é nesta etapa que se define a meta do projeto a ser atingida e o retorno financeiro que ele pode trazer, através da abertura do mapa de processos, sendo possível compreender as necessidades do cliente e localizar onde o processo está falhando para atender estas expectativas.

Para a definição do problema, existem ferramentas que podem ajudar, sendo elas: mapa de raciocínio, gráfico sequencial, carta de controle, análise de séries temporais, análises

econômicas, VOC (*Voice of the Customer* - Voz do cliente) e SIPOC *Suppliers* (fornecedores) – *Inputs* (entradas) – *Process* (processos) – *Outputs* (saídas) – *Clients* (clientes)). No trabalho foi utilizada a ferramenta *project charter*, VOC e SIPOC por entender o esquema e a estrutura que o define, alinha e detalha o foco do DMAIC, durante sua aplicação.

2.2.2 Medir

Na fase de Medição, Alper (2019) afirma que é fundamental a mensuração e verificação da magnitude do problema nos requisitos de execução ou qualidade. Medidas devem ser realizadas durante o processo, para a verificação do desempenho e em seguida ocorre a preparação de um plano de coleta de dados do processo, sendo essencial a quantificação destes dados, para medir as oportunidades.

De acordo com Hoki (2017), há dois tipos de ferramentas para serem usadas na medição: qualitativas e quantitativas. Tem-se: mapa de processo, espinha de peixe (Diagrama de Ishikawa), Matriz Causa e Efeito e Matriz Esforço x Impacto, como qualitativas. Já as quantitativas são: gráfico de séries temporais, histograma, *boxplot*, diagrama de Pareto, gráfico sequencial e análise de capacidade.

Segundo Mello e Salgado (2005), para se gerenciar um processo é necessário, primeiramente, visualizá-lo. Assim, no mapeamento é representado as tarefas necessárias e a ordem que elas ocorrem para a realização e entrega de um produto ou serviço.

Para Werkema (1995) o diagrama de Ishikawa, é uma ferramenta que possibilita a identificação da relação existente entre o resultado de um processo e as possíveis causas que podem afetar o resultado final. Ishikawa (1993) afirma que é uma ferramenta eficaz para especificar as diversas causas possíveis de um determinado problema.

Juntamente com o diagrama de Ishikawa que evidencia as entradas mais importantes para posteriores estudos, é utilizada a Matriz Causa e Efeito, que segundo Domenech (2015) é uma ferramenta que leva em consideração a importância dos requisitos estabelecidos pelo cliente, relacionando as entradas chaves às saídas chaves.

Rodrigues (2018) ressalta que a matriz esforço impacto é uma ferramenta de gestão a qual prioriza as atividades e problemas, é uma espécie de grade composta por quatro áreas para a categorização das tarefas e ações, que são identificadas após uma análise da situação em questão. A ordenação ocorre de acordo com o esforço gasto em cada ação e o impacto que ela representa no projeto.

2.2.3 Analisar

De acordo com Figueiredo (2006), analisar e validar os dados para encontrar a causa raiz dos problemas apresentados no *Project Charter*, é o objetivo desta etapa. Brait e Fettermann (2014), mostram que é essencial, identificar as variáveis que afetam o processo de negócio, encontrando as possíveis causas para o problema, para que após isto possa se atualizar os termos de abertura do projeto. Alper (2019), ressalta que os pontos principais a serem levados em conta são: Identificar as causas de influência em potencial; Selecionar as poucas causas vitais que têm uma alta influência no processo.

Como ferramentas principais, Carpinetti (2016) cita os diagramas de relacionamento de causa e efeito, as técnicas de planejamento e análise de experimentos, incluindo ferramentas estatísticas como testes de hipótese, análise de variância (ANOVA) e análise de regressão.

Neste trabalho o método utilizado foi o FMEA, que por meio de análises dos potenciais falhas e propostas de melhorias, busca evitar que ocorram falhas nos produtos e nos processos de manufatura, também poderia ser usado como abordagem para identificar causas fundamentais, chance de ocorrência e meios de detecção do problema. Assim, o grande objetivo da ferramenta é fazer com que as falhas sejam eliminadas antes da sua aparição, antes de chegar ao cliente ou consumidor. De acordo com Huang (2020), a metodologia é composta por quatro fases: identificar todos os potenciais modos de falha; analisar todas as causas e efeitos para cada modo de falha; ranquear os modos atrás do número potencial de risco RPN (*Risk Potential Number*); tomar ações para os riscos mais elevados.

2.2.4 Melhorar

Ainda segundo Alper (2019), é nesta etapa do processo que ocorre o desenvolvimento de ideias e propostas de soluções, para resolver os pontos cruciais das causas raízes. Já Brait e Fettermann (2014), afirmam que é onde se determina formas de realizar intervenções, com o objetivo de reduzir os níveis de defeitos e solução dos CTQs. Santos (2006), mostra que é importante alcançar a solução dos problemas desenvolvidos nas definições, e apresentados na etapa anterior, sendo essenciais ideias que já possuam melhoras para prevenir novamente a ocorrência do problema.

É nesta etapa que as ferramentas *Lean* têm muito que contribuir para a solucionar o problema. Salah, Rahim e Carretero (2010), destacam que podem ser utilizados eventos kaizen,

5S, melhorar o tempo e os movimentos, redução do tempo de preparação, entre outros. Werkema (2012) complementa que devem ser feitos os testes em pequena escala e caso o teste seja positivo, o plano de implementação a larga escala deve ser elaborado. Caso o resultado não seja satisfatório, deve-se voltar à etapa de medir, e realizar uma nova análise do problema.

2.2.5 Controlar

Garantir que as melhorias obtidas não se percam é o objetivo, para isso, Carpinetti (2016) destaca que, deve-se rever os procedimentos, incluindo novos controles sobre o processo, como instruções de trabalho, registros e outros meios. Werkema (2013), afirma que nessa etapa, os resultados obtidos, após a implementação das soluções, devem ser monitorados para a confirmação do alcance do sucesso. Ela será confirmada com a comparação dos resultados colhidos com a meta estabelecida.

Algumas ferramentas que são utilizadas para fazer essa avaliação são: o Diagrama de Pareto, a Avaliação de Sistemas de Medição, Cartas de Controle, histograma e gestão visual para controle visual dos indicadores e processos definidos. Se o objetivo não tiver sido alcançado, Werkema (2012) acrescenta que deve-se voltar para a etapa de medir, analisar os problemas, assim como melhorar e verificar novamente o controle das melhorias.

Salah, Rahim e Carretero (2010), explicam que além da verificação do sucesso, deve ser feita a validação financeira final do projeto e documentar as melhorias, elaborando os treinamentos necessários para que as mudanças sejam sustentadas.

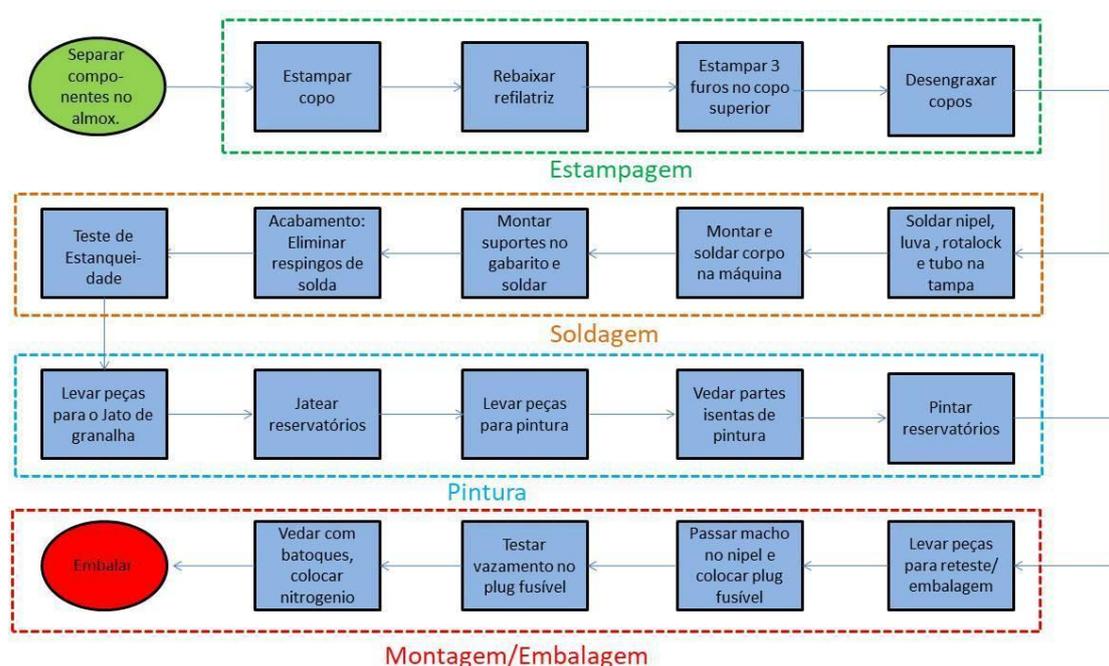
3 PROPOSTA DE TRABALHO

O cenário em que se encontra o processo de manufatura de reservatórios de gás para refrigeração, será mostrado a seguir, evidenciando todas as adversidades observadas durante o estudo deste trabalho.

3.1 CENÁRIO ATUAL

Atualmente o processo de manufatura dos reservatórios passa por 20 processos chaves, onde ocorrem diversas falhas, ocasionando problemas de qualidade no cliente final. A figura 1 a seguir, representa o fluxo de trabalho de todo o reservatório, para ajudar a entender melhor, o processo foi dividido em processos macros, como a estampagem, soldagem, pintura e montagem/embalagem.

Figura 1 - Fluxo de trabalho



Fonte: Autor (2022)

Os principais problemas identificados no cliente final, são oriundos da célula de manufatura do produto, que na imagem representam o processo de estampagem e soldagem. O processo de estampa consiste em 4 operações; na primeira operação um disco de aço SAE 1010 Decol de espessura 2,65mm é estampado em uma prensa hidráulica, o processo de carga e

descarga da máquina é automatizado, diminuindo a interação do operador com o processo, o resultado desse processo vai se originar o corpo do reservatório. O segundo processo o corpo passa para uma máquina ao lado para cortar a rebarba deixada pelo processo anterior, já o terceiro processo realiza, através de uma prensa hidráulica, o corte de 3 furos na parte superior do corpo. Após o corpo estiver estampado ele passa por um processo de banho, onde a peça é colocada em uma máquina, onde jatos de água misturados a uma solução desengraxante, em uma temperatura de 60 graus, lavam a peça, retirando o óleo proveniente do processo de estampo, bem como qualquer sujeira que possa ter no corpo do reservatório.

O processo de soldagem integra 4 operações de solda, mais uma de teste de estanqueidade, a primeira operação de solda, corresponde a solda de 3 nipeis mais um tubo interno, os nipeis são soldados nos 3 furos feitos no processo anterior e o tubo é soldado internamente no nipel central, a solda é feita com o auxílio de uma máquina que gira o corpo enquanto o operador segura a tocha em uma posição fixa. A próxima operação é feita em uma máquina automática, um corpo com os 3 nipeis soldados, é incorporado em um tubo e mais outro corpo sem os furos, para originar o reservatório, por meio de duas soldas circunferenciais, as soldas são feitas uma por vez, pois a máquina possui apenas uma tocha.

As próximas duas operações são feitas simultaneamente pelo mesmo operador, primeiramente, com o auxílio de um gabarito *poka-yoke*, ele posiciona o reservatório e ponteia 3 suportes na base do reservatório, após ele retira do gabarito e faz o cordão de solda.

A última operação da célula é o teste de estanqueidade, no qual uma máquina automática injeta gás de nitrogênio dentro do reservatório a uma pressão de 44 bar e submerge o reservatório em um tanque de água, durante o processo, o reservatório fica embaixo da água por aproximadamente 2 minutos, no qual o operador observa se há vazamentos nas soldas feitas, se houver algum tipo de vazamento, bolhas surgiram na água, facilitando a visualização do operador e o próprio realiza o concerto com o auxílio da solda TIG.

O próximo macroprocesso, é o da pintura. Os reservatórios já testados vão para o jato de granalha, onde os reservatórios são jateados por cerca de 5 minutos, esse processo retira todas as sujeiras e impurezas proveniente da matéria prima e do processo de soldagem. Sequencialmente os reservatórios são levados até o setor de pintura, onde recebem a isolação dos nipeis para ficarem isentos de tinta, após são pendurados em gancheiras onde uma monovia percorre um caminho até a cabine de pintura, os reservatórios recebem uma carga elétrica oposta à peça, fazendo com que o pó se fixe na peça. Após tal procedimento, a peça é levada à uma estufa a 200 Graus Celsius, para que haja a cura da tinta na peça, esse processo é cíclico na monovia.

O último processo é o da montagem/embalagem, os reservatórios vindos do setor da pintura, passam por uma operação de repasse de macho na rosca M10 do nipel do plug fusível, após é colocado o plug fusível que é responsável por aliviar a pressão do sistema de refrigeração caso ocorra algum tipo de incêndio. Em seguida é feito mais um teste de estanqueidade, para verificar se há vazamento no plug fusível. Logo o reservatório é vedado com batoques, etiquetado e colocado uma pressão positiva de 3 bar de nitrogênio, para que o interior não tenha contato com oxigênio, para não gerar oxidação. Por fim, o reservatório é embalado individualmente em uma caixa de papelão e empilhado em um palete.

Para início do trabalho e entendimento de como funciona e mapear o cenário atual do processo, foi-se observado a célula de produção atentamente por alguns dias, e constatou-se alguns problemas, como falta de entradas e saídas de peças, acúmulo de estoques intermediários, falta de embalagens dedicadas para armazenamento de reservatórios confeccionados e peças de outras linhas aguardando liberação da máquina desengraxante. Algumas dessas evidências podemos ver na figura 2 abaixo.

figura 2 – Cenário atual da Célula de produção



Fonte: Empresa (2022)

A falta de informações claras para os colaboradores foi outra dificuldade apresentada, principalmente informação sobre procedimentos críticos, onde o conhecimento e as variáveis estão sobre o controle do funcionário, podendo haver problemas de qualidade. Outro fator é a falta de treinamento e reciclagem dos operadores, muitos deles, estão em fase de experiência e necessitam de um acompanhamento e treinamento mais rigoroso.

Foi observado no fluxo de trabalho, o ponto de embalagem final, onde o processo é todo manual e a interação do operador é quase de 100%, vários problemas foram levantados, como

falta de entrada e saída, ocasionalmente o processo tem contra fluxo, falta de espaço nas mesas de trabalho e também falta informações evidentes sobre a execução das tarefas, podendo gerar dúvidas e falhas por parte dos colaboradores. A figura 3 a seguir mostra como o fluxo acontece e evidencia alguns problemas relatados acima.

Figura 3 – Cenário atual da célula de embalagem



Fonte: Empresa (2022)

3.2 PROPOSTA DE TRABALHO DMAIC

3.2.1 Definir

A fase de Definição do projeto é uma das partes mais importantes do DMAIC, nessa fase, todo o escopo do projeto é definido, bem como o problema a ser resolvido e a equipe que vai atuar junto ao líder *Black Belt*. O cronograma do projeto e de todas as etapas vem nessa parte, posteriormente irá se buscar elaborar o *project charter*, nele serão contidas diversas informações como o nome do cliente, o líder do projeto bem como o patrocinador do mesmo, a descrição do problema já aparece nesta etapa junto com a definição de uma meta de melhoria, por fim um breve histórico do problema em forma de KPI (key performance indicator- indicador de performance chave). Outras ferramentas que poderão ser usadas para auxílio da equipe na detecção e mapeamento do problema são: A Voz do Cliente (VOC) que terá como premissa entender o problema pelo ponto de vista do nosso cliente final, ajudando a equipe a entender de fato o que ocorre e quais os pontos a serem melhorados para garantir a qualidade no nosso cliente; O SIPOC também poderá ser usado, a fim de ter o mapa do processo de forma macro,

para que o grupo consiga entender quais operações dentro do processo são os mais importantes na cadeia produtiva do reservatório; A Matriz Dentro Fora será importante para o projeto, pois delimita, quais produtos serão contemplados no projeto LSS, deixando claro quais *part number* do cliente passam pelo processo produtivo e quais não passam.

3.2.2 Medir

Para essa etapa de medir, o grupo de trabalho irá fazer um mapeamento detalhado da manufatura dos produtos do cliente em questão, o mapeamento será do tipo fluxograma e já levantará parâmetros de produto e processo que possam afetar o resultado final. Outra ferramenta que, com certeza, apoiará a equipe na busca pelas causas de não qualidade, é o diagrama de Ishikawa, com a utilização dele, podemos elencar possíveis modos de falhas através dos 6Ms (método, matéria-prima, mão-de-obra, máquinas, medição e meio ambiente). Posteriormente utilizando a matriz causa e efeito priorizamos os modos de falha de acordo com as principais reclamações do cliente, a fim de antever os principais problemas de qualidade. Por fim, como complemento, usaremos a matriz Esforço x Impacto a fim de analisar o esforço pretendido para a melhoria de cada modo de falha. Utilizando essas 4 ferramentas, ao final dessa fase, a equipe pretende já conhecer todos os problemas envolvidos no processo de manufatura.

3.2.3 Analisar

Aqui, iremos analisar todos os dados gerados nas etapas anteriores, a fim de identificar as causas raízes que afetam significativamente o processo. Essa fase é importante pois iremos garantir que as causas priorizadas na Matriz Esforço x Impacto de fato perturbem o nosso processo, comprometendo a qualidade no nosso cliente final.

Para guiar o grupo de trabalho nessa etapa, iremos utilizar a ferramenta FMEA, que permitirá elevar a confiabilidade no processo, identificando e prevenindo as falhas em potencial por meio da hierarquização dos problemas. No LSS os motivos para a utilização do FMEA são: identificar os potenciais modos de falha, quantificar a severidade do efeito dessas falhas, identificar as causas das falhas e deficiências e quantificar suas frequências de acontecimentos,

trabalhar de forma preventiva e focar na eliminação dos modos de falha, facilita a documentação e a rastreabilidade das ações.

3.2.4 Melhorar

O objetivo dessa fase é propor, testar e executar soluções para cada causa raiz estudada e comprovada nas fases anteriores. Inicialmente deve-se juntar todos os modos de falha e colocar em um plano de ação, utilizaremos o 5W2H. Desta forma, elencamos o que será feito, quando será feito, por quem será feito, o porquê será feito e quanto custará para ser feito, através de um brainstorming com todos os envolvidos no processo: líderes, operadores, equipe de apoio e direção.

Nessa etapa, entram os conceitos e ferramentas do Lean Manufacturing para apoiar a equipe nas soluções dos problemas. Através da análise do fluxo de valor, eliminaremos etapas que não agregam valor a fim de diminuir o lead time dos reservatórios, o fluxo também será revisto, com o intuito de gerar uma manufatura contínua, evitando paradas e desperdícios na célula de produção. Outro fator importante nessa fase, é a melhoria contínua, pois nela será apoiado todo o projeto, a área de melhoria contínua da empresa será a responsável junto com as demais áreas de apoio a implementar as melhorias propostas por meio de kaizens, melhorias de ver e agir, e as mais complexas seguindo cronogramas e prazos de entrega.

3.2.5 Controlar

O controlar, é a última fase do DMAIC, o importante será monitorar os resultados obtidos com a implementação das melhorias e estabelecer controles que garantam a sustentabilidade dos resultados. Para isso, criaremos um plano de controle, pensando em formas de garantir que os resultados não se percam ao longo do tempo, esse plano irá conter a criação de POP's (procedimento operacional padrão) em pontos chaves do processo, onde a interação humana é grande e existem muitos fatores de controle, outro ponto a ser implementado são checklists que auxiliarão os operadores em seu trabalho, também se programará pequenas auditorias, para averiguar se os colaboradores estão seguindo os conceitos definidos, treinamentos também são importantes nessa etapa, já que garantem o nivelamento do conhecimento a todos os envolvidos. Dispositivos Poka Yoke serão revistos e melhorados, bem

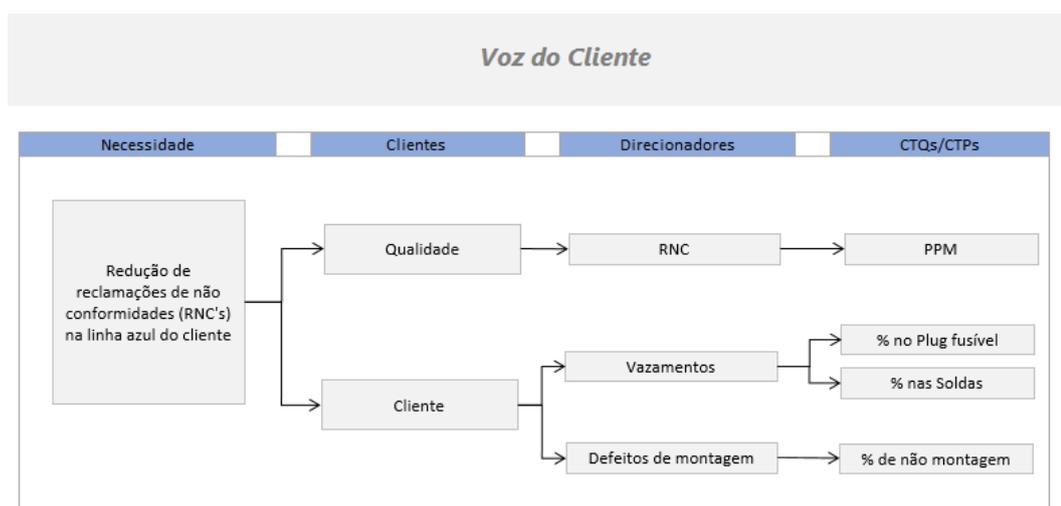
como Cartas de controle implementadas, como essa ferramenta gráfica monitora a variabilidade do processo e sua estabilidade, será de grande uso para a empresa.

4 RESULTADOS

4.1 DEFINIR

A fase de Definição do projeto originou-se da necessidade de diminuição dos problemas de qualidade junto ao cliente externo da empresa, devido à complexidade e a forma como os problemas chegaram até ele, deu-se início a fase de definição, utilizando a ferramenta VOC, com o objetivo de ouvir a voz dos clientes, para isso, a equipe buscou ouvir deles quais eram os pontos que precisavam de melhorias, para que pudéssemos ter um objetivo definido. A seguir a figura 4 mostra a ferramenta VOC.

Figura 4 – VOC – Voz do Cliente



Fonte: Autor (2022)

O próximo passo foi elaborar o Project charter (contrato do projeto), nele contém a equipe do projeto, bem como, a descrição do problema e a definição da meta a ser cumprida no projeto. A figura 5 mostra como foi elaborado o Project charter.

Figura 5 – Contrato do Projeto (*Project Charter*)

Contrato de Projeto <i>Project Charter</i>																													
Projeto: Redução de reclamações de não conformidade (RNC's) na linha azul da [REDACTED]																													
Cliente: Danfoss	Patrocinador: Volnei Degregori																												
Líder: Everton Grando Silva	Data: 04/01/2022																												
Descrição do Problema																													
O cliente [REDACTED] vem enfrentando problemas nos reservatórios da linha azul, como sujidades internas, vazamentos no plug fusível e respingos de solda nas roscas, fazendo com que seja aberto RNC's e haja custos de reparação desses problemas, além de degradar a imagem da empresa com seu cliente.																													
Definição da Meta		KPIs																											
Reduzir a quantidade de defeitos por milhão para menos que 126 PPM		PPM																											
Histórico do Problema																													
<table border="1"> <caption>PPM – Average Results (Rolling 12 months)</caption> <thead> <tr> <th>Mês</th> <th>PPM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2021.01</td><td>6,144</td></tr> <tr><td>2021.02</td><td>7,092</td></tr> <tr><td>2021.03</td><td>7,895</td></tr> <tr><td>2021.04</td><td>7,480</td></tr> <tr><td>2021.05</td><td>6,774</td></tr> <tr><td>2021.06</td><td>6,164</td></tr> <tr><td>2021.07</td><td>5,740</td></tr> <tr><td>2021.08</td><td>5,464</td></tr> <tr><td>2021.09</td><td>6,162</td></tr> <tr><td>2021.10</td><td>6,040</td></tr> <tr><td>2021.11</td><td>6,083</td></tr> <tr><td>2021.12</td><td>5,788</td></tr> </tbody> </table>				Mês	PPM	2021.01	6,144	2021.02	7,092	2021.03	7,895	2021.04	7,480	2021.05	6,774	2021.06	6,164	2021.07	5,740	2021.08	5,464	2021.09	6,162	2021.10	6,040	2021.11	6,083	2021.12	5,788
Mês	PPM																												
2021.01	6,144																												
2021.02	7,092																												
2021.03	7,895																												
2021.04	7,480																												
2021.05	6,774																												
2021.06	6,164																												
2021.07	5,740																												
2021.08	5,464																												
2021.09	6,162																												
2021.10	6,040																												
2021.11	6,083																												
2021.12	5,788																												
Validação Final do Projeto																													
Aprovação:																													

Fonte: Autor (2022)

Em seguida foi utilizado o SIPOC para fazer um mapeamento do processo, para ter uma ideia de fluxo de processos e informações. A figura 6 a seguir mostra o SIPOC realizado.

Figura 6 - SIPOC

SIPOC				
S	I	P	O	C
Suppliers	Inputs	Process	Outputs	Customers
Fornecedores	Insumos	Processo	Produtos	Clientes
Cliente	- Pedido de compra	Receber pedido	- Ordem de fabricação	Estamparia
Estamparia	- Materia prima	Manufatura dos componentes	- Componentes	Almoxarifado
Almoxarifado	- Componentes fabricados - Componentes comprados	Manufatura do reservatorio	- Reservatório Montado e soldado	Montagem
Pintura	- Reservatório Pintado	Testar plug fusivel e embalar	Reservatório testado e embalado	Expedição
Expedição	- Produto embalado - Nota fiscal - Definição da transportadora	Enviar produto ao cliente	- Produto em transporte	Cliente

Fonte: Autor (2022)

Por último foi elaborado um cronograma, a equipe estipulou datas factíveis de serem cumpridas e respeitando o limite de 6 meses. As duas fases que mais tiveram tempo foram a de análise e melhoria, pois, a equipe entendeu que são as fases que mais demandam tempo e esforço. A figura a seguir, mostra como o cronograma foi definido.

Figura 7 - Cronograma

Cronograma
DEFINIÇÃO- 10/01/2022 A 25/01/2022
MEDIÇÃO- 26/01/2022 A 09/02/2022
ANÁLISE- 10/02/2022 A 18/03/2022
MELHORIA- 21/03/2022 A 29/04
CONTROLE- 02/05/2022 A 27/05/2022
MONITORAMENTO DOS RESULTADOS- Junho, Julho e Agosto DE 2022

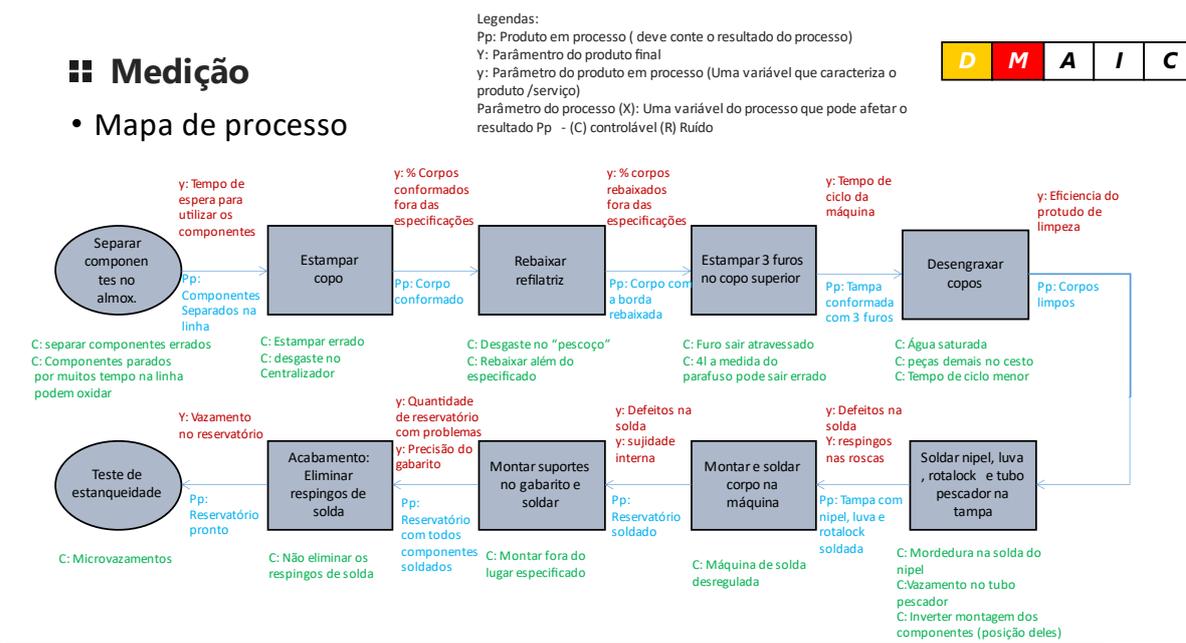
Fonte: Autor (2022)

Com todos esses dados, a equipe pode fechar essa fase e partir para fase de medição, onde se detalha a seguir.

4.2 MEDIR

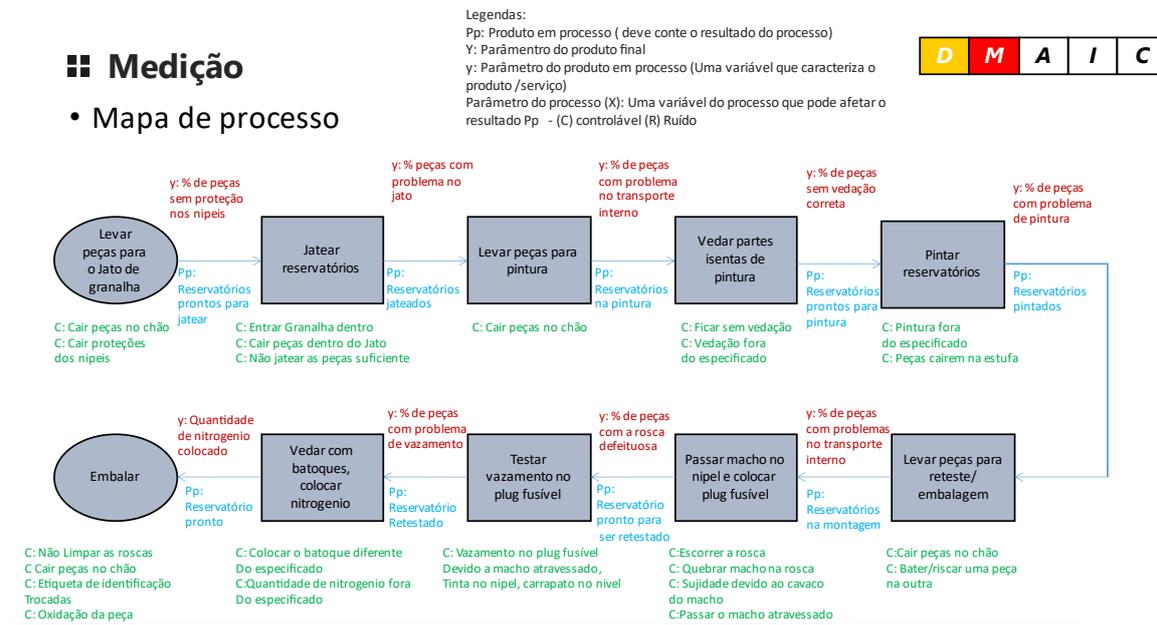
Nessa fase, a equipe buscou mapear detalhadamente o processo da célula de manufatura dos reservatórios, buscando definir qual produto se origina de cada processo, bem como parâmetros que caracterizam ou podem afetar o resultado do produto. Este mesmo mapeamento foi feito do processo de jateamento das peças, até a embalagem final. A figura 8 e 9, demonstram como ficou o mapeamento do processo.

Figura 8 - Mapa do processo Célula de Manufatura



Fonte: Autor (2022)

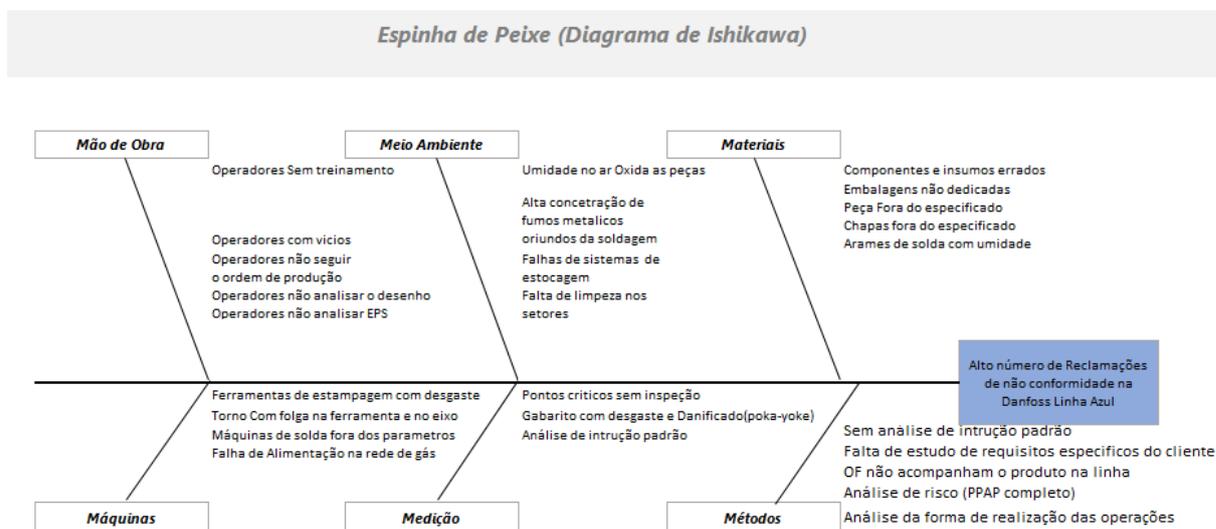
Figura 9- Mapa do processo Pintura - Embalagem



Fonte: Autor (2022)

Finalizando o mapeamento, deu-se início a elaboração do diagrama de Ishikawa, em que foi utilizado os 6Ms (Mão de obra, Meio ambiente, Materiais, Máquinas, Medição e Métodos) como as categorias de possíveis causas, a declaração do problema foi descrito como, “alto número de reclamações de não conformidade no cliente final”, por fim foi encontrado 24 possíveis modos de falha. A figura 10 exibi como ficou o diagrama de Ishikawa.

Figura 10 - Espinha de Peixe (Diagrama de Ishikawa)



Fonte: Autor (2022)

Somando os modos de falha encontrados no Ishikawa e no mapeamento dos processos, encontramos 65 possíveis modos de falha, para filtrá-los foi utilizado a matriz Causa e Efeito, a qual utiliza as falhas como entradas do processo e prioriza de acordo com o impacto que provoca em cada uma das saídas, que neste caso, foram 6: problemas de vazamento, fora da especificação de solda, problemas de transporte interno, fora da especificação de montagem, problema de sujidade interna e fora da especificação de pintura. As notas foram de 0 a 5, onde 0 é pra correlação ausente, 1 pra correlação fraca, 3 pra correlação moderada e 5 pra correlação forte. Para finalizar esta fase, foi utilizada a matriz esforço X impacto, que tem como objetivo priorizar as tarefas, dividindo os afazeres em 4 grupos (Prioritários, ver e agir, complexos e descartados), separamos as tarefas em cada grupo através de um brainstorming realizado pela equipe, gerando assim caminhos para melhorias.

Figura 11 – Matriz de Causa e Efeito parte 1

Matriz de Causa e Efeito									
Correlação ausente	0	Correlação moderada	3						
Correlação fraca	1	Correlação forte	5						
	Saídas do Processo			Problema Prioritário					
	ID	Possíveis Xs do processo (causas)	Problema de vazamento	Fora da especificação de solda	Problema de transporte interno	Fora de especificação de montagem	Problema de sujidade interna	Fora de especificação de pintura	Total
Entradas	1	Bater/fiscar uma peça na outra	0	0	5	0	0	5	10
	2	Desgaste no "pescoço"	3	1	0	0	0	0	4
	3	Etiqueta de identificação Trocadas	0	0	0	5	0	0	5
	4	Ficar sem vedação no jato	0	0	0	0	5	0	5
	5	Mordedura na solda do nipel	5	5	0	0	1	0	11
	6	Não Limpar as roscas	5	0	0	3	5	0	13
	7	Peças caírem na estufa	0	0	0	0	0	5	5
	8	Vazamento no plug fusível/Devido a macho atravessado,Tinta no nipel, carrapato no nipel	5	0	0	3	5	5	18
	9	Vedação fora do especificado pintura	0	0	0	1	5	5	11
	11	4l a medida do parafuso pode sair errado	0	0	0	5	0	0	5
	12	Água saturada	3	0	0	0	5	0	8
	13	Alta concentração de fumos metálicos oriundos da soldagem	1	3	0	0	3	3	10
	14	Análise da forma de realização das operações	3	3	3	3	3	3	18
	15	Análise de intrusão padrão	3	3	1	3	3	3	16
	16	Análise de risco (PPAP completo)	3	1	3	3	3	3	16
	17	Arame de solda com umidade	3	5	0	0	5	0	13
	18	Cair peças dentro do Jato	0	0	0	3	3	1	7
	19	Cair peças no chão	0	0	5	5	0	5	15
	20	Cair proteções dos nipeis	1	0	3	1	5	5	15
	21	Chapas fora do especificado	1	3	0	0	1	0	5
	22	Colocar o batoque diferente do especificado	0	0	0	5	0	0	5
	23	Componentes e insumos errados	0	1	0	5	0	0	6
	24	Componentes parados por muito tempo na linha podem oxidar	3	1	1	1	5	1	12
	25	Desgaste no Centralizador da prensa hidráulica	1	3	0	5	0	0	9
	26	Embalagens não dedicadas	0	0	5	5	0	5	15
	27	Entrar Granalha dentro	0	0	1	0	5	1	7
	28	Escorrer a rosca	5	0	0	1	5	0	11
	29	Estampar errado	1	5	0	5	0	0	11
	30	Falha de Alimentação na rede de gás	5	5	0	0	3	0	13
	31	Falhas de sistemas de estocagem	0	1	5	1	1	0	8
	32	Falta de estudo de requisitos específicos do cliente	0	1	0	0	0	0	1
	33	Falta de limpeza nos setores	1	3	0	0	5	3	12
	34	Ferramentas de estampagem com desgaste	3	5	0	5	0	0	13
	35	Furo sair atravessado	3	0	0	0	0	0	3
	36	Gabarito com desgaste e Danificado(poka-yoke)	0	5	0	5	0	0	10

Fonte: Autor (2022)

Figura 12 – Matriz de Causa e Efeito parte 2

Matriz de Causa e Efeito										
Correlação ausente	0	Correlação moderada	3	Problema Prioritário					Total	
Correlação fraca	1	Correlação forte	5	Problema de vazamento	Fora da especificação de solda	Problema de transporte interno	Fora de especificação de montagem	Problema de sujidade interna		Fora de especificação de pintura
		Saídas do Processo								
ID	Possíveis Xs do processo (causas)									
37	Inverter montagem dos componentes (posição deles)			0	5	0	3	0	0	8
38	Máquina de solda desregulada			5	5	0	3	5	0	18
39	Máquinas de solda fora dos parametros			5	5	0	3	5	0	18
40	Microvazamentos			5	0	0	0	5	0	10
41	Montar fora do lugar especificado			0	5	0	5	0	0	10
42	Não eliminar os respingos de solda			1	0	0	0	1	3	5
43	Não jatear as peças suficiente			0	0	0	0	0	5	5
44	OF não acompanham o produto na linha			1	3	0	1	0	0	5
45	Operadores com vícios			3	3	0	3	1	1	11
46	Operadores não analisar EPS			5	5	0	0	5	1	16
47	Operadores não analisar o desenho			1	5	0	3	3	5	17
48	Operadores não seguir o ordem de produção			0	5	0	3	1	0	9
49	Operadores Sem treinamento			5	5	3	3	3	3	22
50	Oxidação da peça			5	5	0	0	5	5	20
51	Passar macho atravessado			5	0	0	3	1	5	14
52	Peça Fora do especificado			3	0	0	5	5	5	18
53	Peças demais no cesto			3	3	0	0	5	0	11
54	Pintura fora do especificado			0	0	3	0	3	5	11
55	Pontos criticos sem inspeção			3	0	0	3	3	1	10
56	Quantidade de nitrogenio fora Do especificado			0	0	0	0	0	0	0
57	Quebrar macho na rosca			5	0	0	3	3	0	11
58	Rebaixar além do especificado			1	3	0	0	3	0	7
59	Sem análise de intrução padrão			1	3	0	0	3	0	7
60	Separar componentes errados			0	3	0	5	1	0	9
61	Sujidade devido ao cavaco do macho			0	0	0	0	5	0	5
62	Tempo de ciclo menor na maquina de lavar			3	5	0	0	1	0	9
63	Torno Com folga na ferramenta e no eixo			3	5	0	3	0	0	11
64	Umidade no ar Oxida as peças			1	3	0	0	5	3	12
65	Vazamento no tubo pescador			5	0	0	0	1	0	6

Fonte: Autor (2022)

Para priorizar as causas encontradas foi utilizado a Matriz Esforço x Impacto, a equipe analisou todas as 65 possíveis causas e dividiu-as pelos quadrantes da matriz de acordo com o esforço que a equipe iria precisar para realizar as tarefas e qual o impacto que a tarefa ia ter na solução do problema do cliente. Com a matriz feita, damos prioridade para o quadrante I, onde são ações de ver e agir, o quadrante III é o próximo a ser abordado por ter um impacto alto, porém, essas ações levam mais tempo por demandar um esforço grande da equipe, o quadrante II são os que exigem pouco esforço e retornam pouco para o projeto, assim devem ser deixados por último, o quadrante IV deve ser deixado de lado, pois, demanda um grande esforço da equipe e não trará resultados satisfatórios. A figura 12 a seguir mostra como ficou a matriz esforço x impacto, cada número representa a causa respectiva da matriz causa e efeito nas figuras 11 e 12.

Figura 13 – Matriz Esforço X Impacto

		<i>Matriz de Esforço X Impacto</i>	
<i>Esforço</i>	Alto	49-50-8-52-47-15-16-19-20-26-51-30-28-54-57-13-40-55-31-18-27-59-65-4-7-42-61- III	17-64-21-32-56 IV
	Baixo	14-38-39-46-6-34-24-33-5-9-53-63-1-36-41-25-48-62-12- I	29-45-60-37-58-23-3-11-22-43-44-2-35- II
		Alto	Baixo
		<i>Impacto</i>	

Fonte: Autor (2022)

Sendo assim, a fase de medir termina com todas as causas filtradas e priorizadas, para que na próxima fase elas sejam analisadas pela equipe.

4.3 ANALISAR

Nesta etapa do projeto, foram analisadas todas as possíveis causas de erros, encontradas na fase de medição, para isso, foi utilizada a ferramenta FMEA. Eliminando o quadrante IV da matriz esforço x impacto, colocamos todas as causas encontradas no FMEA, assim, por meio da hierarquização vamos ter confiabilidade nas causas raízes, já que com a ferramenta iremos quantificar a severidade dos efeitos e, também, a frequência que esse erro pode acontecer, ao final podemos focar na eliminação ou redução desses modos de falha. O FMEA foi muito importante para o projeto, nele foi gasto muito tempo da equipe, pois, ele mostrou quais são as causas raízes do nosso problema, as figuras a seguir mostram como foi montado o FMEA.

Figura 15 – FMEA parte 2

FMEA																	
Descrição do Processo		Área:		Líder:		Equipe de trabalho:		Versão		Data Início		Data de Revisão:					
Manufatura Reservatórios Danfoss Azul				Everton Grando		Everton Grando, Naiane Camilo		V1		01/03/22							
Etapa do processo	Função e requisitos do processo	Modos de falha potencial	Efeitos potenciais da falha	Índice Severid	Causas e mecanismos potenciais de falha	IO	Controles atuais do processo	ID	NPR	Ações a serem tomadas para redução do NPR	Prazo	Responsável	Resultados das ações tomadas				
													Ações tomadas	IS	ID	ID	NPR
Jatear reservatórios	Jatear os reservatórios nas gancheteiras e jatear por 5 minutos	Cair os TCs proteções	Acumulo de granalha dentro do reservatório	8	Não fixar os TC corretamente	8	Não há controle implementado	10	640	1	06/mai	Everton					
		tempo de jateamento menor que o especificado	Não vai retirar sobras de óleos, respingos e oxidação	6	Não seguir a IT-0005	5	Existe a IT-0005	5	150								0
Levar peças para pintura	Com o auxílio de uma paleta levar as peças para a pintura	Cair reservatórios no chão	Amassar o corpo, danificar nipeis e suportes do reservatório	7	Não usar a embalagem dedicada correta	6	Não há controle implementado	10	420								0
Vedar partes isentas de pintura	Vedar a luva, nipel e rotalock com plugs de silicone	Não proteger com os plugs de silicone a luva, nipel e rotalock	Tinta em lugares que devem ser isentos de pintura	7	Não verificar a ordem de produção	7	Existe a PR-09	8	332								0
Pintar reservatórios	Na monovia de pintura, pintar os reservatórios de azul Danfoss	Pintar fora do especificado	Tinta na cor errada, camada de tinta fora da tolerância		Não verificar qual a tinta solicitada na OP	1	Existe a OF	8	24								
		Cair reservatórios dentro da estufa	Pintura comprometida	3	Gancheteiras não passam por uma manutenção preventiva	4	Não há controle implementado	10	120								
		Defeitos visuais	Tinta escorrida, pontos sem pintura, imperfeições de textura	6	Não seguir a IT-2015	6	Existe a IT-2015	9	162								0
Levar peças para reteste/ embalagem	Com o auxílio de uma paleta levar as peças para o reteste do plug	Cair reservatórios no chão	Amassar o corpo, danificar nipeis e suportes e pintura do reservatório	7	Não usar a embalagem dedicada correta	6	Não há controle implementado	10	420								
		Atrito das peças no hack de transporte	Bater e riscar uma peça na outra		Falta de IT para seguir		Não há controle implementado	10	420								0
Passar macho no nipel e colocar plug fusível	Utilizando uma furadeira de baixa rotação, passar o macho nas rosca M10	Escorrer a rosca	Plug fusível não da aperto							Compra da escova tubular para limpeza da rosca	22/abr	Everton				Foi comprado e aprovado o uso da escova tubular para limpeza da rosca, Fazendo com que não precise repassar o macho	
		Quebrar macho na rosca	Peça segregada, deve ser retrabalhada	9	Passar macho errado	8	Não seguir a IT-14	9	648								
		Passar macho errado	Sujidade do cavaco								Desenvolvimento do plug de silicone com a Gomasul	15/mai	Everton				
		Passar macho em ângulo	Vazamento no plug fusível														
Retestar vazamento no plug fusível na célula da Danfoss	Retestar com 40 bar de pressão se há vazamento no plug fusível	Tinta no nipel	Vazamento no plug fusível	10	Não proteger o nipel na pintura com o plug de silicone	8	Não há controle implementado	10	800	Desenvolvimento do plug de silicone com a Gomasul	15/mai	Everton					
		Respingo de solda no nipel															
		Passar macho em ângulo															0
Vedar com batoques, colocar nitrogênio	Limpar, colar etiquetas, colocar batoques e colocar pressão positiva de nitrogênio	Não efetuar a limpeza	Sujidade detectada pelo cliente	10		8		10	800	Criar um Procedimento operacional padrão para auxílio dos colaboradores	15/mai	Everton					
		Identificação errada	Dificuldade na montagem do cliente	9		8		10	720								
		Batoques trocados	Podem cair, fazendo com que o nitrogênio escape	7	Distração do operador	8	Não há controle implementado	10	560								
		Esquecer de colocar nitrogênio	Oxidação interna do reservatório causada pelo oxigênio	7	Falta de IT para seguir	8		10	580								
Embalar	Embalar os reservatórios em caixas de papelão	Esquecer de colocar o anel de teflon no rotalock	Evitar vazamento no rotalock no cliente	9	Distração do operador	8	Não há controle implementado	10	720	Criar um Procedimento operacional padrão para auxílio dos colaboradores	15/mai	Everton					
		TC de proteção cair durante manuseio	Evita entrada de sujeiras e proteção da cobertura	7	Falta de IT para seguir	8		10	580								
		Peças cair no chão	Peça segregada	8	Falta de organização no setor	8		10	640								

Fonte: Autor (2022)

A equipe seguiu cada etapa do FMEA seguindo os critérios teóricos da literatura, e as pontuações foram dadas seguindo a tabela abaixo.

Tabela 1 – Pontuação Severidade FMEA

<i>Pontuação</i>	<i>Severidade</i>	<i>Ocorrência</i>	<i>Deteção</i>
1	Mínima - O cliente mal percebe que a falha ocorreu	Remota - Dificilmente ocorre a causa da falha <1PPM	Muito grande - Certamente será detectada
2 ou 3	Pequena - Ligeira Deterioração no desempenho e leve descontentamento do cliente	Pequena - A causa da falha ocorre em pequena escala De 10 a 100 PPM	Grande - A probabilidade de ser detectada é alta
4 ou 5 ou 6	Moderada - Deterioração significativa no desempenho de um sistema com descontentamento do cliente	Moderada - Por vezes ocorre a causa que leva a falha De 500 a 5.000 PPM	Moderada - Provavelmente será detectada
7 ou 8	Alta - O sistema deixa de funcionar e há grande descontentamento do cliente	Alta - A causa de falha com certa frequência De 10.000 a 20.000 PPM	Pequena - Provavelmente não será detectada
9 ou 10	Muito alta - Idêntica a anterior, porém afeta também a segurança	Muito alta - A causa de falha ocorre em vários momentos >50.000 PPM	Muito pequena - Certamente não será detectada

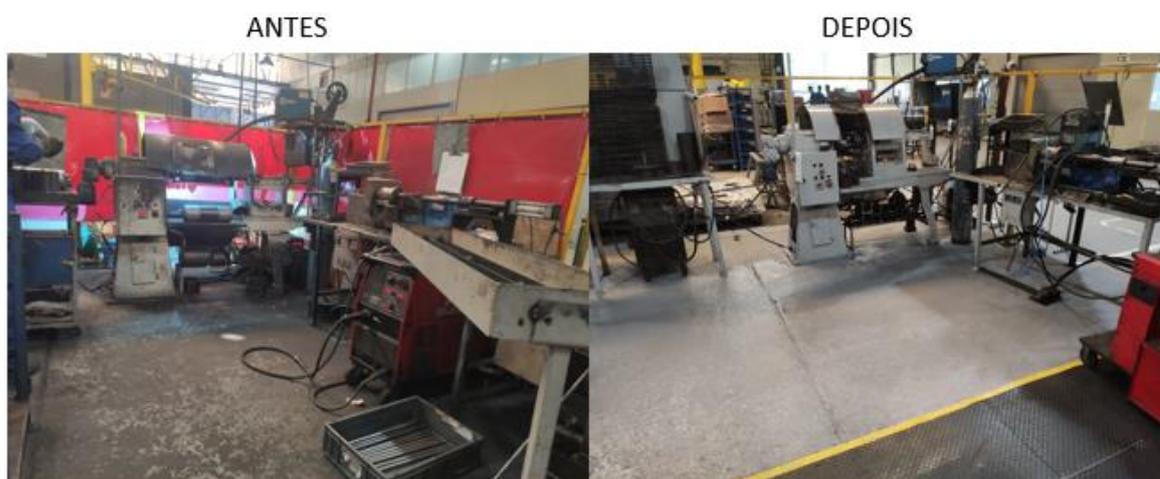
Fonte: Autor (2022)

Com isso, chegamos em um nível de priorização de riscos (NPR) onde de 1-33 o risco é baixo, 100-500 o nível é moderado e de 501-1000 o nível é alto, também classificamos por cor, sendo verde o nível baixo, amarelo para o moderado e vermelho para o nível alto, como é observado no nosso FMEA. Os níveis altos em vermelho, são os críticos e devem ser eliminados ou melhorados a ponto de não influenciarem na qualidade do produto. Os níveis moderados são as próximas ações a serem melhoradas, o risco baixo não vai ganhar atenção da equipe neste momento.

4.4 MELHORAR

Chegamos na fase de melhorar, neste momento, os conceitos do Lean Manufacturing são utilizados para eliminar ou diminuir os desperdícios e problemas encontrados na análise. Para começar essa etapa, foi feito um grande Kaizen na célula, para implementar alguns conceitos de 5S, TPM, produção puxada, fluxo unitário e gestão visual. Nas imagens a seguir, consta uma comparação do antes x depois do kaizen realizado.

Figura 16 – Antes x Depois Kaizen – Gestão visual



Fonte: Autor (2022)

No cenário da figura 16, foi realizada a manutenção das máquinas de solda, bem como o dispositivo de solda, a pintura do chão, a análise do fluxo unitário dentro da célula, a revisão e troca (quando necessário) de toda a fiação de energia.

Figura 17 – Antes x Depois Kaizen – Elétrica



Fonte: Autor (2022)

O cenário da figura 17 demonstra como estava a parte elétrica da célula, podendo haver acidentes por descargas elétricas, além da fiação antiga poder causar oscilações nas máquinas

de solda, foi trocada toda a fiação e a caixa de energia, trazendo mais segurança e confiabilidade, além da gestão visual da célula ficar melhor.

Figura 18 – Antes x Depois Kaizen - Automação

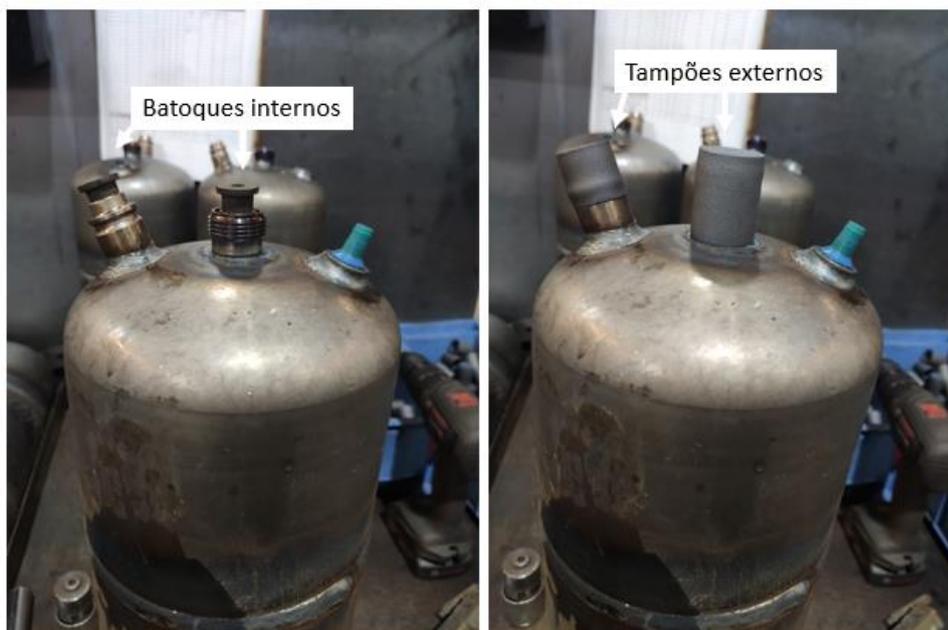


Fonte: Autor (2022)

O cenário da figura 18 mostra como estava a automatização das prensas hidráulicas, nessa parte do processo, foi feito um trabalho forte de TPM, a automatização foi religada, pois, não estava funcionando por faltas de manutenções, foi colocado uma chapa xadrez no chão, para que o óleo proveniente do processo não penetre no chão e que seja mais fácil para o operador manter a limpeza do setor, o chão ao redor também foi pintando, além do fluxo ser revisto.

Após a melhoria na célula de manufatura, iniciou as melhorias no produto, uma das reclamações mais recorrentes do cliente era a sujeira interna nos reservatórios, com a análise do FMEA, a equipe chegou à conclusão que a maior parte da sujeira era proveniente do processo de jateamento das peças, mesmo colocando um tampão externo, a gralha acabava entrando no reservatório, pelo fato de que o processo é muito agressivo. A solução encontrada foi melhorar o isolamento das conexões, colocando tampões internos, chamados de batoques e colocar mais um tampão externo, vedando completamente as conexões e impedindo que sujidades entrem no reservatório. A imagem 19 mostra como ficou a isolação do reservatório.

Figura 19 – Isolamento das conexões do reservatório – Jato de granalha



Fonte: Autor (2022)

Para completar as melhorias no isolamento das conexões, o time focou na melhoria da isolação da pintura. A isolação era feita com fita crepe, acabava não tendo um padrão de isolamento, e demandava muito tempo dos operadores para ser colocada, além de ser um desperdício, pois, cada rolo de fita crepe custa em média 6 reais, e acaba indo para o lixo, outro problema da fita crepe era a cola que acabava ficando nas conexões ao final do processo e tinha que ser limpo antes de ser embalado, causando mais um desperdício. A solução encontrada foi comprar tampões de silicone, resistentes a altas temperaturas, além de serem fáceis de colocar, podem ser reutilizáveis por diversas vezes, o custo de cada tampão ficou na casa dos 3,5 reais. A imagem 20 mostra o antes e depois do isolamento das conexões da pintura.

Figura 20 – Isolamento das conexões do reservatório – Antes x Depois Pintura



Fonte: Autor (2022)

Continuando as ações na pintura, para solução das causas raízes, o nipel do reservatório, era um dos principais locais de problemas de vazamento relatado pelo cliente, na análise do FMEA, uma das causas era o excesso de tinta na rosca, e também, no ressalto da borda, onde posteriormente é colocado um plug de latão com um anel de teflon, o qual faz a vedação desse ressalto. O problema é que com excesso de tinta nesse local, o plug acaba não vedando corretamente esse nipel, e o nitrogênio acaba vazando por dentro da tinta contida no local. Com isso, a solução foi desenvolver um tampão de silicone, feito sob medida para esse nipel, além de proteger o reservatório no jato de granalha, também isola o nipel na pintura, fazendo com que toda a área onde o plug é colocado fique isento de tinta e qualquer outra sujeira. A imagem 21 mostra o antes e depois do nipel

Figura 21 – Isolamento das conexões do reservatório – Pintura



Fonte: Autor (2022)

A Figura 22 compara como fica ao final do processo, um reservatório que passava pelo processo antigo, sem as melhorias e um reservatório que passa pelo processo atual, após as melhorias, a diferença no nível do plug fusível é muito visível. Com as melhorias feitas o processo consegue garantir a qualidade final, fazendo com que, um dos principais problemas do cliente fossem sanadas.

Figura 22 – Comparação do processo antigo X processo com as melhorias



Fonte: Autor (2022)

Um dos processos que mais geravam gargalos e contrafluxos na célula era o da lavagem de peças, pois o recurso era compartilhado com toda a fábrica. Outro problema levantado pelo FMEA é que a solução aquosa que era utilizada na máquina, saturava muito rápido e acabava afetando na limpeza dos copos do reservatório, na solda isso podia ocasionar poros e defeitos, levando a um dos maiores problemas enfrentados no cliente final, que é de vazamentos. Para a solução desse problema foi investido 75 mil reais em uma máquina de lavar nova, exclusiva para a célula. A imagem 23 mostra a máquina antiga e a nova.

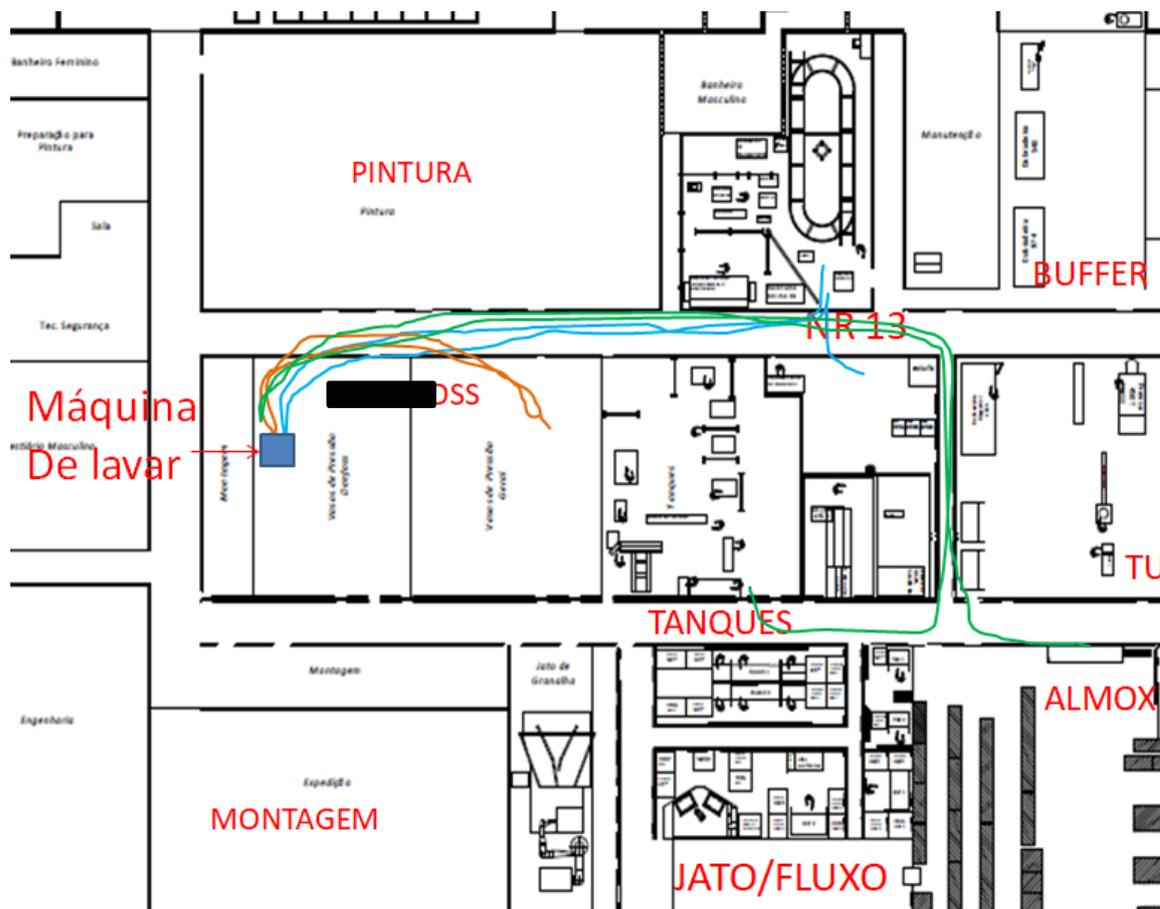
Figura 23 – Máquina de lavar antiga X Máquina nova



Fonte: Autor (2022)

Além de melhorar a lavagem das peças na célula, a nova aquisição trouxe um melhor fluxo para a mesma, evitando que peças de outros setores ficassem acumuladas dentro do setor, ou atrasassem o ciclo da célula, já que a máquina antiga não dava conta de lavar peças da célula e de outros setores. A equipe elaborou um diagrama espaguete para evidenciar como era o comportamento da movimentação feita pelos funcionários. Podemos notar na figura 24, que a movimentação pela empresa era grande até chegar na célula onde ficava a máquina, lembrando que a movimentação desnecessária é um dos desperdícios do Lean.

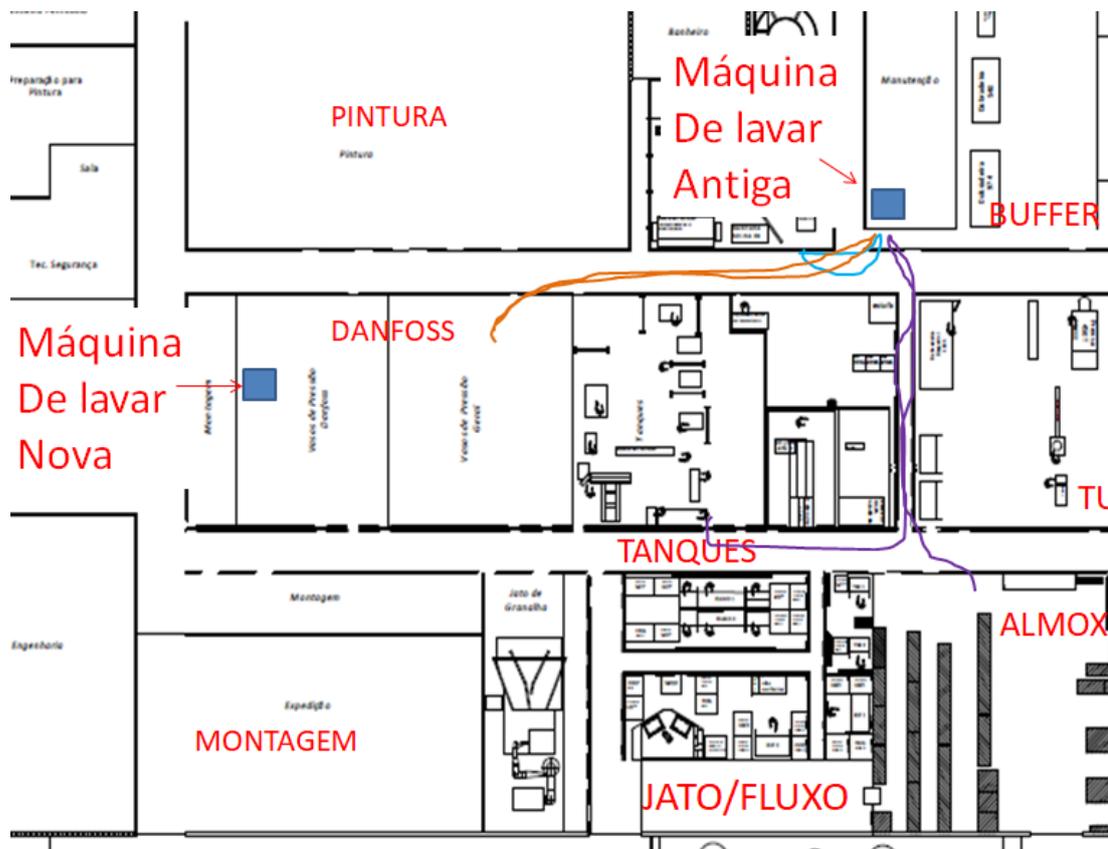
Figura 24 – Diagrama espagete antigo



Fonte: Autor (2022)

A figura 25 mostra como ficou o diagrama espagete no novo layout com a máquina de lavar nova, escrava e de uso exclusiva da célula dos reservatórios. E onde ficou a máquina antiga, que foi colocada próxima as outras linhas que também precisam lavar seus componentes antes de soldar, a movimentação ficou muito menor pela fábrica, gerando menos estoques intermediários e contrafluxos na célula de reservatórios. Podemos notar que a movimentação e distâncias percorridas pelos operadores caiu pela metade.

Figura 25 – Diagrama espaguete atual



Fonte: Autor (2022)

Com essas ações feitas, o cliente final pode notar uma grande diferença na qualidade dos reservatórios, a equipe também notou a melhora, a próxima etapa de controlar será importante para manter os ganhos e perpetuar as melhorias.

4.5 CONTROLAR

A fase de controlar é muito importante para o projeto, pois ela vai garantir que tudo que foi feito até então não se perca ao longo do tempo, para isso, foi criado Procedimentos Operacionais Padrão (POP) que vão detalhar os principais passos da tarefa do operador, onde a equipe através do FMEA verificou que são pontos de atenção e onde geralmente o operador falha, pois são tarefas manuais que depende da atenção e cuidado dele.

O primeiro POP feito foi do teste de estanqueidade, pois existem detalhes que são importantes na operação e apesar do teste ser semiautomatizado depende do fator humano, e exigem cuidados, quando o operador fixo se ausenta por algum motivo, o operador substituto

pode cometer algum erro devido à falta de orientação. A seguir a figura 26 mostra como ficou o POP.

Figura 26 – Procedimento Operacional Padrão – Teste de estanqueidade



Procedimento Operacional Padrão – Teste de Estanqueidade

IT: 1000-01
DATA: 07/04/2022
REVISÃO: 00

Proteção para o Jato de Granalha



1º Vedar com batoques todas as conexões 2º Colocar os TC na luva e no rotalock

Vedação teste



Código do bupão: 028105

Armazenamento




Não armazenar peças no chão, colocar sempre nos hacks apropriados.

Códigos batoques e TC's

Reservatório	Luva	Rotalock
4 Litros 118U600908	(Batoque nº1 024203) (TC 5/8 024086)	(Batoque nº7 024479) (TC M25 027760)
6 Litros 118U601008	(Batoque nº2 023996)	(Batoque nº2 023996)
8 Litros 118U601108	(TC 13/16" 026758)	(TC M25 027760)
10 Litros 118U6012		
14 Litros 118U6013	(Batoque nº3 023995) (TC 13/16" 026758)	(Batoque nº2 023996) (TC M25 027760)

Diário de Bordo - GPT

DIÁRIO DE BORDO
(GPT - GESTÃO DO POSTO DE TRABALHO)

SETOR: SANFOS-TRTE (5124) Data: / / Turno: Faltas: /

Horário: Inicial: 07:00 Paradas:

Codigo do Item	Quantidade	Reservatório	Local Verificação	Codigo de Parada	Hora Inicial	Hora Final	Observações
118U6013	120	2		110	07:00	12:00	

Local Verificação:

1 Reservatório

2 Nível Válvula

3 Nível

4 Luva

Colocar o código do item

Qtd de peças faltas no dia

Se houver vazamento, indicar o local e QTD.

Colocar o código da parada

Hora que iniciou a parada

Hora que terminou a parada

Elaborado:

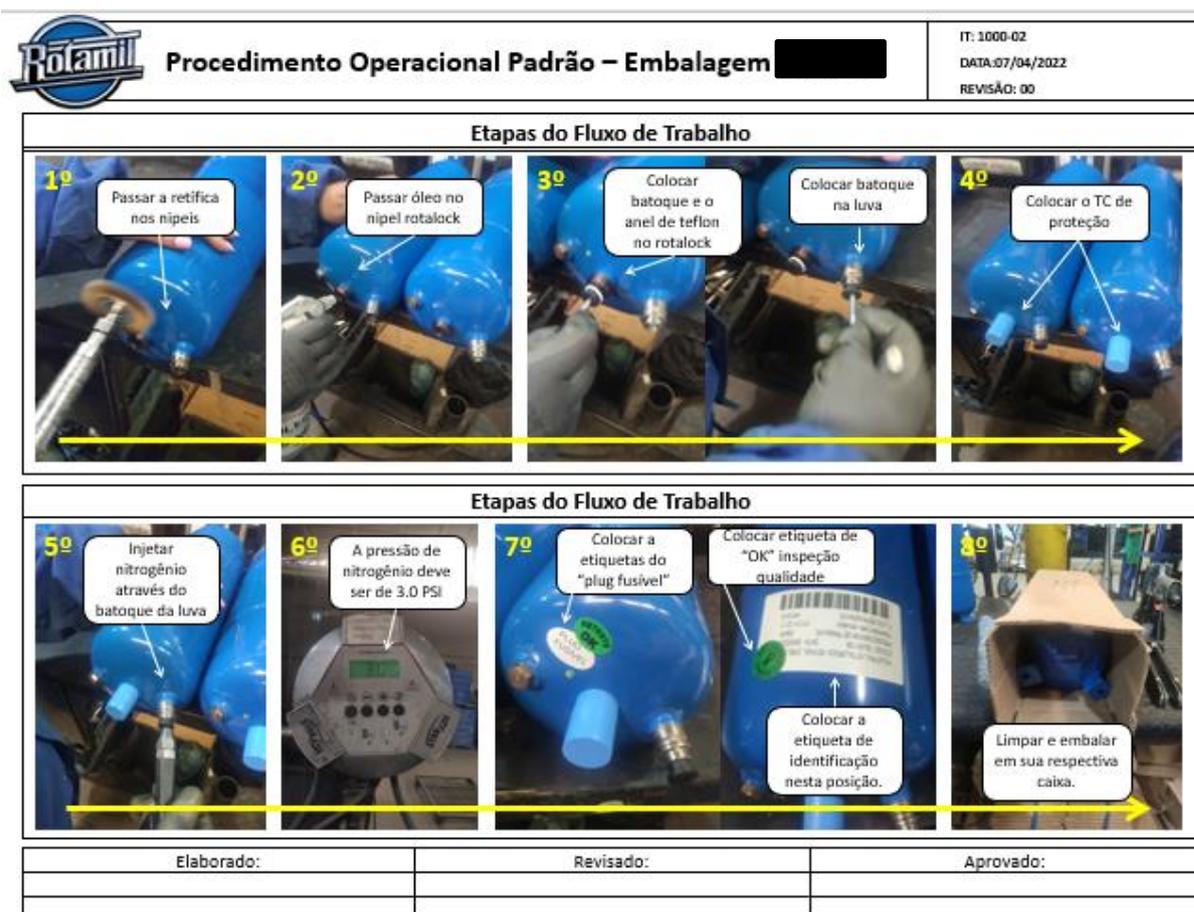
Revisado:

Aprovado:

Fonte: Autor (2022)

Outro ponto crítico apontado pelo FMEA com baixo nível de controle e padronização é a embalagem final, neste caso também utilizamos do POP. Tivemos diversos RNC's abertos pelo cliente por conta da embalagem final, como o processo é inteiramente manual, e exige do operador, muita atenção por conta de conter diversas operações, e elas precisam ser feitas em etapas sequenciais. Para evitar essas falhas fizemos o POP, para que o operador possa se embasar, e ter um passo a passo do que ele deve fazer, a figura 27 mostra como ficou o POP.

Figura 27 – Procedimento Operacional Padrão – Embalagem

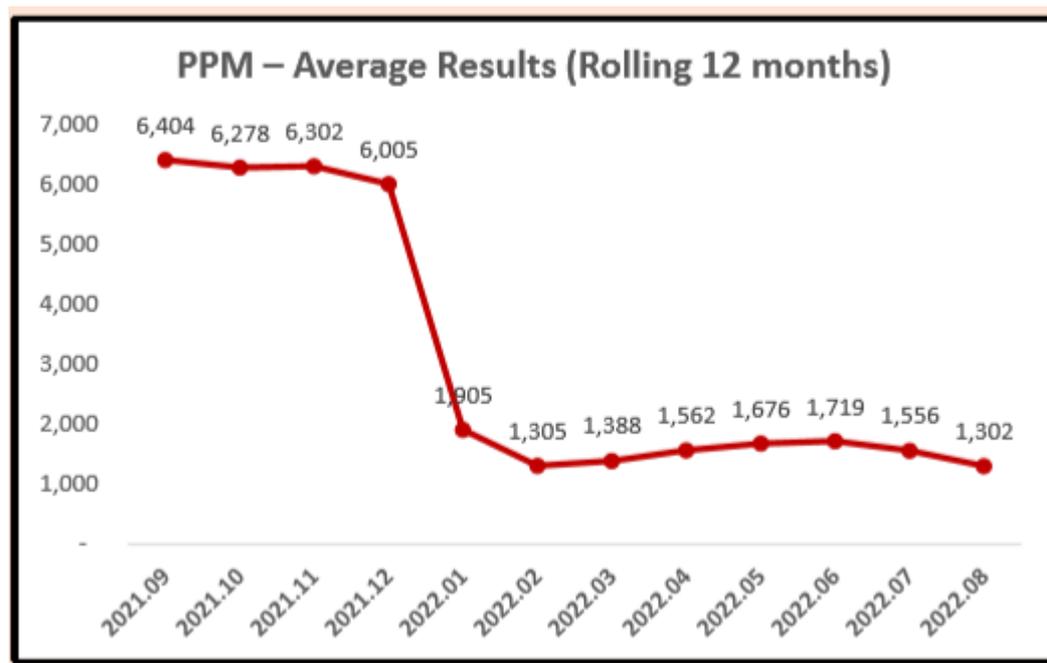


Fonte: Autor (2022)

Além desse documento, foi criado um poka yoke na impressão da etiqueta, visto que, havia ocorrido erros de impressão e digitação do número do código do reservatório. A solução criada foi proteger a edição da etiqueta como um todo, e liberar para edição somente o código do reservatório, mediante senha.

Chegamos ao fim do ciclo DMAIC, os ganhos já são percebidos tanto pela visão do cliente, quanto pela visão da empresa. O que prova isso, são os indicadores fornecidos pelo próprio cliente, como mostra a figura 28.

Figura 28 – Indicador PPM



Fonte: Autor (2022)

Em janeiro de 2022, quando iniciou esse projeto, já tivemos bons resultados no PPM do cliente, onde reduzimos o índice de falhas por milhão de 6005 para 1905, onde fizemos uma contenção interna de inspecionar as peças 100%. De fevereiro a março o cliente reduziu o número de pedidos, neste período a equipe chegou na fase de análise, dois representantes da equipe foram até a sede do cliente em São Paulo, para apresentar o escopo do projeto, até onde a equipe foi e quais eram os resultados esperados. De abril até junho os resultados do PPM se mantiveram abaixo de 2000, com o ciclo terminado em junho, podemos notar que em julho o resultado já começou a baixar e agosto se teve o menor índice do ano com 1302 PPM.

4.6 DISCUSSÃO DO CASO

Considerando o que foi exposto aqui, fica bem claro que as ferramentas Seis Sigma são muito eficientes quando se pensa em otimizar processos e ter ganhos de produtividade. Mas, além disso, é possível estabelecer algumas outras vantagens que essa implementação pode trazer para uma organização.

Com processos mais eficientes, geramos produtos melhores, elevando o nível da qualidade, também podemos melhorar a satisfação do cliente e aumentar a lucratividade,

otimizando os processos, reduzindo custos o que impacta no fluxo de caixa, com todos esses ganhos, a relação com o cliente melhora, o que pode trazer benefícios para os negócios, como aumento de pedidos e margens melhores nos produtos.

O engajamento da equipe é outro fator importante que o DMAIC traz, para conhecer todos os processos, todos devem se empenhar e criar uma rotina de acompanhamento dos setores envolvidos, isso exige que a equipe se aproxime e troquem mais conhecimentos, otimizando a busca da melhoria contínua.

Alguns pontos de cuidados devem ser tomados, quando uma empresa ou equipe de melhoramento optarem por utilizar a metodologia DMAIC. Uma delas é seguir o cronograma fielmente, estipulando datas factíveis, e se atentando a fechar cada etapa do ciclo dentro do prazo, para que o projeto não exceda ao tempo recomendado, máximo de 6 meses. Outro ponto importante, é a equipe se certificar que ao passar de etapa dentro do ciclo, a anterior esteja completamente terminada, para que não haja pontos sem conclusão, gerando atrasos ou até mesmo que acabe ficando no esquecimento.

Outro ponto de cuidando é a maturidade da empresa quanto a cultura Lean e a melhoria contínua, não havendo esse entendimento das ferramentas e conceitos, a equipe pode ter muita dificuldade na implementação do método DMAIC, já que ele exige o conhecimento prévio desses conceitos. O conhecimento técnico da equipe também pode ser um ponto de atenção a ser visto pela empresa na hora de optar pelo DMAIC, já que esse conceito exige a participação de diversas áreas de apoio, como qualidade, engenharia de produto, logística, produção, planejamento, além claro da equipe de melhoria contínua.

5 CONCLUSÃO

O objetivo desse trabalho foi implementar o método DMAIC em uma célula de reservatórios de refrigeração em uma empresa de manufatura, para isso, o trabalho foi

organizado em 3 partes; A fundamentação teórica, onde buscou-se encontrar argumentos teóricos que comprovam a eficiência do DMAIC para solução de problemas de qualidade como o proposto; A segunda parte é a proposta do trabalho, onde buscou-se mapear o que seria feito na célula de manufatura da empresa escolhida, seguindo o método DMAIC, ou seja, o que seria feito na definição do projeto, o que seria medido, quais dados seriam analisados, quais as melhorias que seriam feitas, e quais os processos de controle seriam estabelecidos; A terceira parte do trabalho evidencia quais foram os resultados obtidos, e quais ferramentas foram usadas, mostra também os comparativos de antes e depois, enfatizando as melhorias feitas para o cumprimento do objetivo da empresa de diminuir o índice de reclamações por parte do cliente.

Para atender a este objetivo geral o trabalho foi organizado por meio de 5 objetivos específicos o primeiro; definir processo de fabricação e suas variáveis em relação a produção de reservatórios de refrigeração, pode se dizer que foi cumprido na sua totalidade, porque a equipe estabeleceu o contrato do projeto, definiu o cronograma do projeto e determinou qual era a meta a ser atingida.

O segundo objetivo foi mensurar o impacto das variáveis críticas do processo analisado, para isso foi detalhado e mapeado todo o processo de fabricação do reservatório de gás para refrigeração, também foi levantando possíveis causas de problemas que impactam a qualidade do produto; o terceiro objetivo analisou as variáveis críticas do processo levantadas na etapa anterior, para isso foi utilizado o FMEA, que por meio da hierarquização trouxe confiabilidade nas causas raízes encontradas, sendo assim, essas duas etapas tiveram seus objetivos concluídos na sua totalidade

O quarto objetivo foi desenvolver ações de melhoria no processo analisado, nesta etapa todos os métodos e conceitos do Lean Manufacturing foram empregados, visando solucionar os problemas encontrados na fase de analisar, com todas as melhorias propostas e colocadas em prática o objetivo de melhorar significativamente os problemas de qualidade enfrentados pelo cliente foram alcançados pela empresa

O último objetivo é controlar o efeito das ações realizadas, neste caso foi empregue técnicas como o procedimento operacional padrão, que trouxe maior controle em operações manuais que requerem alta concentração a detalhes por parte do operador, também foram apresentado o KPI atualizado, com o ppm reduzido em quase 80%, sendo assim podemos dizer que o objetivo foi cumprido.

O DMAIC traz diversos benefícios para a empresa que quer utilizar dessa ferramenta para resolver um problema ou otimizar algum processo, como engenheiro o ponto positivo que saliento é a robustez da ferramenta, por ser dividida em ciclos, ela força a empresa a seguir

todos os passos até a solução do problema e que o estabelecimento de controles seja empregue para que as melhorias não sejam perdidas ao longo do tempo, trazendo estabilidade para os processos.

Alguns pontos de atenção devem ser tomados quando se pretende utilizar o DMAIC, um deles é estabelecer um cronograma factível de ser seguido, que não ultrapasse 6 meses e em cada fase do ciclo, garantir que os objetivos foram alcançados e também se certificar que não ficou nenhuma pendência, pois pode ocorrer de prejudicar o cronograma.

A partir desta entrega, fica como estudos futuro, implementar as cartas de controle (CEP) para trazer uma maior estabilidade para os processos além de representar visualmente os desvios na produção e a rápida identificação de problemas em máquina e processos. A readequação dos postos de trabalho pode ser um estudo futuro, por trazer um melhor fluxo na produção, além de trazer benefícios na ergonomia, redução do lead time e a diminuição do WIP. Pode-se levar em consideração também, a melhora no desenho do produto, buscando alternativas para diminuir o número de soldas no corpo de 2 para 1, outro estudo possível é automatizar os processos que geram mais retrabalho, visto que esses processos manuais geram muitos problemas de qualidade, por falta de padronizações na operação.

REFERENCIAS

ALVES, Luiza Machado; MENDES, Mateus Genaro. Aplicação dos conceitos do Lean Office na etapa de projeto conceitual do protótipo rover de uma equipe de competição universitária. 2021. 69f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2021

BRAITT, Bruno; FETTERMANN, Diego Castro. Aplicação do DMAIC para a melhoria contínua do sistema de estoque de uma empresa de informática. **Produto & Produção**, v. 15, n. 4, 2014.

BRIZZI, Gabriel Agra; BARBOSA, Danilo Hisano. Projeto Lean Seis Sigma para Redução dos Custos das Unidades Operacionais de uma Cooperativa Agroindustrial. *Trabalhos de Conclusão de Curso do DEP*, v. 12, n. 1, 2017.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. *Gestão da Qualidade – Conceitos e Técnicas*. 3ª Edição. São Paulo: Atlas, 2016.

COSTA, Frank Mendonça et al. *A metodologia Seis Sigma no processo de confeitaria*. 2019.

CRUZ, Jhaidan Ribeiro; OLIVEIRA, Gilmar Emanuel Silva. Aplicação do Método DMAIC numa Indústria Metal Mecânica em Santo Antônio de Jesus – Bahia. *In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 40., 2020, Foz do Iguaçu. Anais, Foz do Iguaçu: ENEGEP, 2020.

DOMENECH, C. *Estratégia Lean Seis Sigma*. 1ª Edição. São Paulo: M. I. Domenech, 2015.

DUARTE, Gabriel Uchoa. *Análise da aplicação do dmaic em um centro de distribuição no Ceará*. 2016.

FIGUEIREDO, Thiago Gomes. *Metodologia seis sigma como estratégia para redução de custos: estudo de caso sobre a redução de consumo de óleo sintético na operação de usinagem*. **TCC na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS**, 2006.

GEORGE, M. **Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed**.

HOKI, Aline Linares. Aplicação do Método DMAIC e ferramentas do Lean Six Sigma para redução do custo de estoque em uma empresa de materiais de acabamentos. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2017.

Huang, J., Jian-Xin, Y., Hu-Chen, L. & Song, M. S., 2020. Failure mode and effect analysis improvement: A systematic literature review and future research agenda. *Reliability Engineering & System Safety*, Volume 199.

Implementation Strategies, ASQ World Conference on Quality and Improvement
ISHIKAWA, Kaoru. Controle de Qualidade Total: à maneira japonesa. Rio de Janeiro: Campus, 1993

LIKER, J. **The Toyota way**. Nova York: McGraw-Hill, 2004.

LIMA,Guilherme Espósito; SANTOS, Marco Aurelio Reis; SHIRABAYASHI, Juliana Verga;CANCHUMANI,Giancarlo Alfonso Lovón; DAL Molin, Rafael Germano. Método DMAIC aplicado a redução de desperdícios de aviamentos em uma fábrica de bonés . *In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 41., 2021, Foz do Iguaçu. **Anais...** ENEGEP, 2021.

MELLO, C. H. P.; SALGADO, E. G. Mapeamento dos processos em serviços: estudo de caso em duas pequenas empresas da área de saúde. *In: ENEGEP*, 25, 2005, Porto Alegre.

MIM, Ploytip Lirasukprasert Jose Arturo Garza Reyes Vikas Kumar Ming K. (2014),"A Six Sigma and DMAIC application for the reduction of defects in a rubber gloves manufacturing process", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 5 Iss 1 pp. 2 – 21

O'ROURKE, P. **A Multiple Case Comparison of Lean Six Sigma Deployment and**
PANDE, P.S.; NEUMAN, R.P.; CAVANAGH, R.R. **Estratégia seis sigma: como GE**, *Proceedings*, Vol 59, pp 581-591. 2005.

PYZDEK, T. **The Six Sigma Handbook**. 2a Edição. New York McGraw-Hill 2005.

RODRIGUES, Jéssica Dias. Proposta de melhoria da produtividade da escavadeira Liebherr R 954 SME através da metodologia Lean Seis Sigma. 2018. 65 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Minas) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

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

SALAH, S; RAHIM, A; CARRETERO, J. A. The integration of Six Sigma and lean management. **International Journal of Lean Six Sigma**. v. 1, n 3 p. 249 – 274, 2010.

WERKEMA, C. Criando a Cultura Lean Seis Sigma. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012

WERKEMA, C. Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2013.

WERKEMA, M. C. C. **Criando a cultura Lean Seis Sigma**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

WERKEMA, M.C.C. Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

WOMACK D. T. J; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

MONTGOMERY, Douglas C.. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2004.