

PEDRO ALCANTARA FOZ

Aumentar a produtividade de uma organização industrial do setor hidráulico

Guaratinguetá - SP

2019

Pedro Alcantara Foz

Aumentar a produtividade de uma organização industrial do setor hidráulico

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador (a): Prof. Ms. Sérgio Tenório dos Santos Neto

Coorientador (a): Prof. Dr. Fernando Henrique Mayworm de Araújo

Guaratinguetá - SP

2019

F796a	Foz, Pedro Alcantara Aumentar a produtividade de uma organização industrial do setor hidráulico / Pedro Alcântara Foz – Guaratinguetá, 2019. 56 f : il. Bibliografia: f. 53-54 Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2019. Orientador: Prof. Ms. Sérgio Tenório dos Santos Neto Coorientador: Prof. Dr. Fernando Henrique Mayworm de Araújo 1. Gestão da qualidade total. 2. Desperdício(Economia). 3. Mangueira (Hidráulica). 4. Organização industrial. I. Título.
CDU 658.56	

Luciana Máximo

Bibliotecária CRB-8/3595

PEDRO ALCANTARA FOZ

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE
DO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“GRADUADO(A) EM ENGENHARIA MECÂNICA”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. Celso Eduardo Tuna
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Ms. Sérgio Tenório dos Santos Neto
UNESP-FEG



Prof. Ms. Maximililam Espuny
UNESP – FEG



Ms. Rodolfo Egon Perhs
UNESP – FEG

Abril 2021

DADOS CURRICULARES

PEDRO ALCANTARA FOZ

NASCIMENTO 21.05.1994 – São Paulo / SP

FILIAÇÃO Luiz Fernando Araújo Foz
Maria Luiza Monteiro Alcantara

2013/2019 Curso de Graduação
Engenharia Mecânica - Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho" - Campus de Guaratinguetá

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, *Prof. Ms. Sérgio Tenório dos Santos Neto*, pela atenção e dedicação em guiar-me nesta tarefa.

À minha família: à minha mãe *Pimpa*, ao meu pai *Luiz Fernando* e aos meus irmãos *Tiago*, *Juliana* e *Gustavo*, pessoas especiais por quem tenho grande consideração, pelo companheirismo e confiança nesta caminhada.

Àqueles que contribuíram para o meu desenvolvimento, em especial à, *Cassilda Maria Ribeiro*, *Roberto Artur Cornetti Silva*, *Maurício Algatti*, *Miguel Ángel Ramírez*, *José Elias Tomazini*, *José Trani Brandão* e *José Alexandre Matelli* pelos ensinamentos e valores transmitidos.

Aos colegas da turma 151 do curso de engenharia mecânica da FEG, por compartilharem comigo esta desafiadora caminhada acadêmica.

Aos meus queridos amigos e namorado por me darem suporte nos momentos mais difíceis. Com certeza eu não seria o mesmo sem eles e seria impossível concluir essa jornada.

À equipe de robótica FEG – Robótica por me dar várias possibilidades de me desenvolver tecnicamente e como pessoa, me acolhendo da melhor forma possível.

Ao *Prof. Dr. Daniel Sampaio*, por acreditar no meu potencial e alavancar com a maior disposição as melhores versões de seus alunos.

Ao *Prof. Dr. Marcelo Sampaio*, sempre disposto a dar suporte aos alunos nos momentos de dificuldade.

À empresa que me deu a oportunidade de realizar este trabalho.

Finalmente, a todos que contribuíram indiretamente para que este trabalho fosse concluído.

„Grandes realizações não são feitas por impulso, mas por uma soma de pequenas realizações.“

(Vincent Van Gogh)

RESUMO

Uma empresa do setor hidráulico tem a necessidade de otimizar o processo de extração do mandril das mangueiras produzidas em sua linha de produção e, assim, tradicionalmente se recomenda a aplicação da ferramenta Lean Six Sigma, pois ela visa à redução de desperdícios e de erros estatísticos nas variáveis de controle dos projetos. Com a finalidade de aumentar a produtividade do setor em questão, este trabalho se propõe a seguir a metodologia dos projetos em nível Yellow Belt, já que esse dispõe de ferramentas capazes de promover transformações. Finalmente é possível perceber contribuições ao meio científico e aplicado, fruto da experiência adquirida durante a aplicação prática desenvolvida.

PALAVRAS-CHAVE: Mangueira. Mandril. Extração. Lean Six Sigma. Projeto Yellow Belt. Produtividade.

ABSTRACT

A company in the hydraulic sector has the need to optimize the chuck extraction process from the hoses produced in its production line and, therefore, the Lean Six Sigma tool application is traditionally recommended, as it aims to reduce waste and statistical errors control variables from the projects. In order to increase the productivity of the sector in question, this work proposes to follow the methodology of projects at the Yellow Belt level, since it has tools capable of promoting transformations. Finally, it is possible to perceive contributions to the scientific and applied environment, as a result of the experience acquired during the practical application developed.

KEYWORDS: Hose. Mandrel. Extraction. Lean Six Sigma. Yellow Belt Project. Productivity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Diagrama de Gantt planejado e executado.....	16
Figura 2 - Número de documentos com “Lean Six Sigma” por ano	18
Figura 3 - Exemplo prático de mapa de processo.....	22
Figura 4 - Exemplo conceitual de brainstorming	23
Figura 5 - Exemplo prático de matriz de causa e efeito	24
Figura 6 - Exemplo prático de diagrama de Pareto	25
Figura 7 - Exemplo conceitual de diagrama de Ishikawa.....	26
Figura 8 - Exemplo conceitual da ferramenta “5 Porquês”	26
Figura 9 - Exemplo conceitual da matriz de esforço x impacto	27
Figura 10 - Exemplo teórico de um mapa conceitual.....	27
Figura 11 - Exemplo conceitual de gráficos de tendência.....	29
Figura 12 - Processos adjacentes ao processo de extração.....	31
Figura 13 - Processo de extração do mandril	31
Figura 14 - Mapa de Processo	32
Figura 15 - Brainstorming em torno das variáveis de entrada e saída.....	32
Figura 16 - Matriz de causa e efeito	33
Figura 17 - Diagrama de Pareto nas causas da matriz de causa e efeito	33
Figura 18 - Diagrama de Ishikawa	34
Figura 19 - 5 Porquês aplicado ao diagrama de Ishikawa	35
Figura 20 - Matriz de esforço impacto	36
Figura 21 - Mapa Conceitual	36
Figura 22 - Boxplot velocidade de extração x tipo de trama.....	37
Figura 23 - Volume de produção.....	37
Figura 24 - Pigmento verde	42
Figura 25 - Aplicador automático de desmoldante.....	42
Figura 26 - Antes e depois do gerenciamento do ferramental.....	43
Figura 27 - Manutenção corretiva da bomba do teste	43
Figura 28 - Resultado: Idade indireta do mandril.....	44
Figura 29 - Resultado: Inversão e aplicação de silicone	44

Figura 30 - Resultado : Curva de nível : Velocidade de extração GH781-X.....	45
Figura 31 - Resultado: Pareto das causas especiais de cada amostra	46
Figura 32 - Resultado: Velocidades de extração da GH781-8 e da GH781-12.....	46
Figura 33 - Resultado: Produzir mais do que o planejado.....	47
Figura 34 - Resultado: Produtividade crescente ao longo dos meses.....	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Etapas de trabalho.....	17
Quadro 2 – Fases do DMAIC.....	21
Quadro 3 – Ferramentas da qualidade	21

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Definição de lucro bruto.....	20
Equação 2 - Definição do índice Cp.....	28
Equação 3 - Definição do índice Cpk.....	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DOE	Design of Experiments
LM	Lean Manufacturing
SS	Six Sigma
LSS	Lean Six Sigma
VSM	Value Stream Map
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve and Control
BS	Brainstorming
MC&E	Matriz de causa e efeito
ICP	Índices de capacidade de Processo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1. OBJETIVOS DO TRABALHO	15
1.2. METODOLOGIA DO TRABALHO	15
1.3. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TRABALHO	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 FERRAMENTAS	21
2.1.1 Mapa de Processo	22
2.1.2 Brainstorming	23
2.1.3 Matriz de Causa e Efeito	24
2.1.4 Diagrama de Pareto	24
2.1.5 Diagrama de Ishikawa	25
2.1.6 Os 5 Porquês	26
2.1.7 Matriz de Esforço x Impacto	27
2.1.8 Mapa do Pensamento	27
2.1.9 Estudo de Capabilidade	28
2.1.10 Gráfico de Tendência	28
3 ESTUDO DE CASO	30
3.1 EMPRESA	30
3.2 PROCESSO	30
3.3 APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS	32
4 COLETA E ANÁLISE DE DADOS	39
5 ANÁLISE DA CAUSA RAIZ	40
6 PLANO DE AÇÃO	41
7 IMPLEMENTAÇÃO DAS AÇÕES	42
8 COLETA E AVALIAÇÃO DE RESULTADOS	44
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
REFERÊNCIAS	50
APÊNDICE A - ESTUDO DE CAPABILIDADE ANTES E DEPOIS	53

1. INTRODUÇÃO

O século passado trouxe duas estratégias capazes de evoluir o controle de qualidade e os métodos de gestão. São elas o Lean Manufacturing (LM) e o Seis Sigma (SS).

O LM procura eliminar desperdícios, ou seja, reduzir o que não tem valor ao cliente e trazer agilidade às empresas. Na década de 50, Taiichi Ohno, executivo da montadora japonesa de carros criou e implantou um sistema de produção para identificar e eliminar desperdícios com o objetivo de reduzir custos e aumentar a qualidade e a velocidade de entrega do produto aos clientes. Por produzir mais com menos, foi denominado produção enxuta (Lean Production ou LM) por James P. Womack e Daniel T. Jones em seu livro “A Máquina que mudou o Mundo”.

O controle de qualidade moderno evoluiu com o nascimento do SS na Motorola, em 15 de janeiro de 1987, com o objetivo de ganhar mercado, pois seus concorrentes entregavam produtos mais baratos e com mais qualidade. A criação do SS se deve ao engenheiro e cientista Bill Smith que trabalhava no negócio de produtos de comunicação da Motorola. Por conta do sucesso do método, ele ganhou mérito frente ao CEO da Motorola, Bob Gavin, e a partir de 1988, quando a Motorola recebeu o prêmio Nacional da Qualidade Malcolm Baldrige, o método SS foi considerado a causa do sucesso da organização. A partir de então, outras empresas como AseaBrownBoveri, AlliedSignal, General Electric, Kodak e Sony passaram a utilizar com sucesso o programa e assim nasceu o interesse pelo método.

Houve várias modificações no SS desde sua utilização inicial pela Motorola e, além disso, outras técnicas não-estatísticas como as práticas e a filosofia do LM, se integraram ao SS, gerando uma única estratégia mais abrangente, forte e eficaz denominada de Lean Six Sigma (LSS).

Tanto o SS quanto o LM têm seus pontos fortes e fracos. O LM não tem um método estruturado e profundo de solução de problemas com ferramental estatístico para contornar a variabilidade, ao contrário do SS. Enquanto o SS, não enfatiza a melhoria da velocidade dos processos e a redução do lead time, ao contrário do LM. Por conta da deficiência das estratégias separadas, se passou a adotar a terminologia Lean Six Sigma.

Seus focos estão em diminuir a variabilidade de processos, aumentar a produtividade, reduzir desperdícios e alavancar resultados.

E, conseqüentemente, suas principais contribuições são elevar a nível de qualidade do produto final, retendo clientes mais satisfeitos e estimulados a comprar mais, podendo potencializar a lucratividade das empresas envolvidas.

Ainda, diminuí o desperdício de tempo e de recursos, reduzindo custos, padronizando processos e engajando as equipes de trabalho. Por causa disso ele foi, continua sendo e será importante para o desenvolvimento econômico rápido.

Para o desenvolvimento deste trabalho utilizou-se a estratégia de LSS no setor de extração de mandril em uma empresa de fabricação de mangueiras. O projeto surgiu e foi direcionado de cima para baixo através da montagem de um Value Stream Map (VSM). O VSM (ou Mapa da Cadeia de Valor) apontou um lead time expressivo naquele setor, indicando a necessidade de se escalar um projeto a um atuante (player) Yellow Belt (YB).

1.1. OBJETIVOS DO TRABALHO

- O objetivo geral deste trabalho é aplicar a ferramenta Lean Six Sigma em um problema real .
- O primeiro objetivo específico é propor uma solução estatística ótima ao problema proposto .
- O segundo objetivo específico é delimitar outras direções de estudo as quais fogem do escopo deste trabalho.

1.2. METODOLOGIA DO TRABALHO

Inicialmente foi feita uma pesquisa bibliográfica nos livros, publicações e pesquisas na Internet de modo a entender a ferramenta “Lean Six Sigma” a nível “Yellow Belt”. Este trabalho é um estudo de caso.

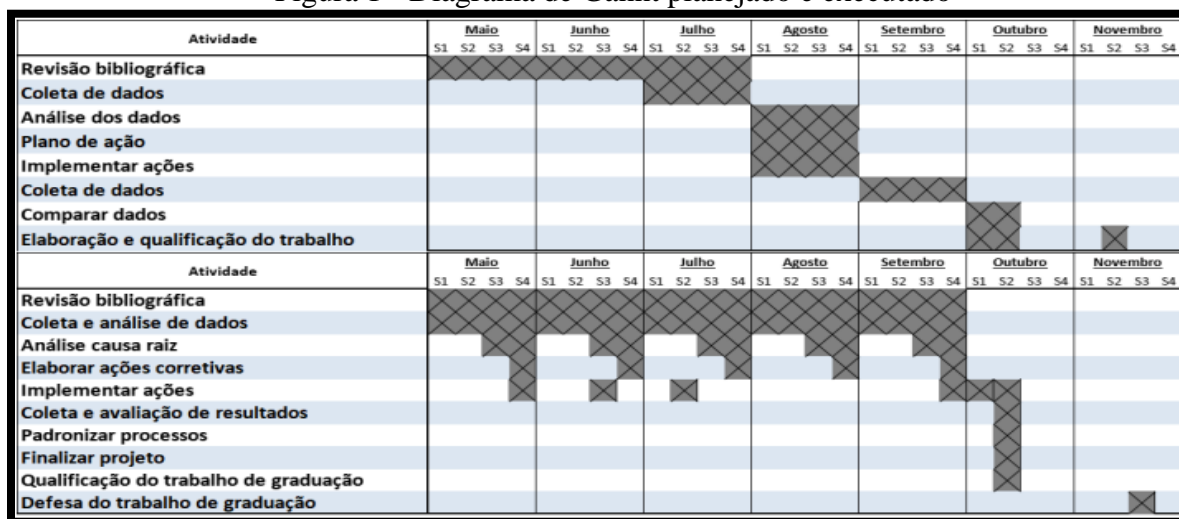
Estudo de caso “é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto de vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos” (YIN, 2015).

Alternativamente, estudo de caso é o “conhecimento de que nos servimos no processo de investigação como um sistema organizado de proposições que orientam a obtenção de dados e a análise dos mesmos, e de conceitos, que veiculam seu sentido” (MINAYO, 2000).

Ou ainda se define “estudo de caso como um estudo aprofundado sobre objetos que podem ser um indivíduo, uma organização, um grupo ou um fenômeno e que pode ser aplicado nas mais diversas áreas do conhecimento.” (GIL, 2007)

Resumem-se a seguir as sequências e prazos planejados e executados (Figura 1) das etapas do projeto:

Figura 1 - Diagrama de Gantt planejado e executado



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019).

Cada uma destas etapas de trabalho pode ser então mais bem explicada como segue no Quadro 1:

Quadro 1 – Etapas de trabalho

<ul style="list-style-type: none"> • Revisão bibliográfica: desenvolvida com a finalidade de se obter o maior número de informações possíveis sobre a ferramenta. Através da literatura é possível entender o funcionamento dela. Também foram realizadas visitas na biblioteca da UNESP, assim como em sites da internet, com o objetivo de levantar a literatura existente sobre este assunto.
<ul style="list-style-type: none"> • Coleta e análise de dados: Após a aplicação de “brainstorming”, Mapa do Pensamento, Mapa de Processos, Matriz de Causa e Efeito e Diagrama de Pareto são mensurados parâmetros de entrada e saída mais relevantes a fim de descrever o processo. Uma análise de capacidade da variável de saída é feita a fim de retratar a situação inicial.
<ul style="list-style-type: none"> • Análise da causa raiz: Com base nos parâmetros coletados é feita a aplicação de “design of experiments” (DOE) e Diagrama de Ishikawa.
<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar ações corretivas: Um plano de ação é definido com base no DOE e nos 5 Porquês aplicado no Diagrama de Ishikawa.
<ul style="list-style-type: none"> • Implementar as ações: Com base no plano de ação montado, ações são realizadas para modificar a condição original.
<ul style="list-style-type: none"> • Coleta e avaliação de resultados: Uma análise de capacidade da variável de saída é feita a fim de retratar a situação final.
<ul style="list-style-type: none"> • Padronizar processos: Para que as ações tomadas reflitam no futuro, nesta etapa instruções de trabalho são reajustadas conforme o resultado.
<ul style="list-style-type: none"> • Finalizar projeto: Consiste em anunciar os resultados às partes interessadas.
<ul style="list-style-type: none"> • Qualificação do trabalho de graduação: Consiste em apresentar trabalho para uma banca formada pelo orientador e mais um docente até o dia 18/10/2019.
<ul style="list-style-type: none"> • Defesa do trabalho de graduação: Consiste em apresentar a versão final do trabalho para a banca.

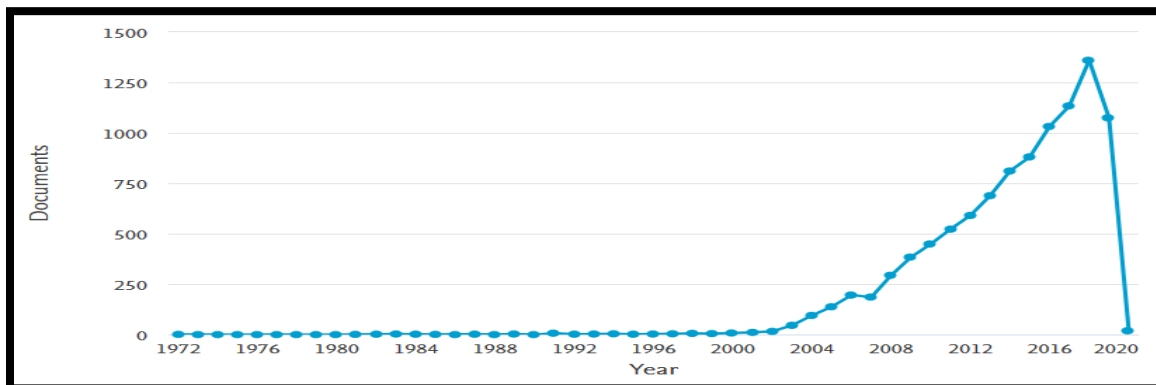
Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019).

1.3. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TRABALHO

Para a realização deste trabalho é necessário pesquisar com aplicar o Lean Six Sigma em um problema real. Este processo já existe, é amplamente utilizado e tem importância crescente (Figura

2). A aplicação a ser feita é voltada para a área de manufatura, embora possa ser utilizada em outras áreas. Este tema é muito importante e é tratado durante o curso de Tópico de Engenharia da Qualidade. Este trabalho poderá ser usado como referência na aplicação de outros trabalhos.

Figura 2 - Número de documentos com “Lean Six Sigma” por ano



Fonte: SCOPUS (2019).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O processo Lean Six Sigma (LSS) é usado para implementar mudanças positivas identificando as ineficiências, defeitos nas variáveis de processo e perdas (KONING, Henk). Especificamente, o Lean Six Sigma é uma metodologia de melhoria da qualidade originada a partir da década de 70 da companhia de motores Toyota e do sistema de produção Toyota (EVANS, James R.). Em 1987 o engenheiro e cientista da Motorola, Bill Smith, desenvolveu o método SS para produzir produtos mais competitivos. A partir do sucesso de sua metodologia e do prêmio de qualidade ganhado pela sua empresa no ano seguinte, a metodologia SS foi amplamente difundida e incorporou elementos do LM, dando origem à metodologia LSS, a qual se esforça para apontar processos de qualidade que corrigem defeitos identificados estatisticamente no sistema.

Muito do pensamento do sistema de produção Toyota é baseado no trabalho de Edwards Deming (BENDELL, T.). Ele defende, entre outras coisas, que os gerentes devem parar de depender da inspeção em massa para alcançar a qualidade e em vez disso focar no desenvolvimento do processo de produção de protocolos, práticas e na construção da qualidade do produto em primeiro lugar.

Os benefícios de projetos LSS podem ser na qualidade, produtividade, meio ambiente, satisfação do cliente, lucratividade, aumento da retenção de clientes, diminuição do desperdício de tempo e recursos, redução de custos, padronização de processos e engajamento das equipes de trabalho. (PETENATE, 2019)

Por outro lado, Os desafios mais comuns enfrentados por projetos LSS são a dificuldade em criar um ambiente colaborativo entre as partes interessadas, problemas na identificação de áreas prioritárias para melhoria, o uso de ferramentas inadequadas de melhoria de processos, atender aos padrões de conformidade ao implementar a melhoria de processos e o engajamento inadequado dos funcionários.(MENDES, 2020)

No contexto em que o método LSS foi amplamente difundido e utilizado, foram criados níveis de conhecimento e de certificação denominadas por “Belts”. Essa nomenclatura é baseada nas artes marciais porque cada certificação tem características e atribuições distintas de acordo com suas graduações ao longo da certificação.

Essas certificações contemplam cinco faixas. Os profissionais que atuam em melhoria contínua são designados de White, Yellow, Green, Black e Master Black Belts e as diferenças entre eles estão concentradas no nível de atuação: os White Belts atuam mais no nível operacional, os Yellow no nível de supervisão, já os Green, Black e Master Black no nível mais gerencial.

Na prática, as atribuições dos Belts são: White Belt – Introdução ao Lean Six Sigma; Yellow Belt – Conhecimento da metodologia Lean Six Sigma; Green Belt – Capacidade de praticar melhorias usando ferramentas e técnicas; Black Belt – Expert em ferramentas e técnicas, treinamento e orientação de outros; Master Black Belt – Mestre de todas as técnicas, treinamento, orientação e liderança (FREITAS, 2019).

Todo projeto LSS se estrutura a partir do conceito de Lucro. O lucro é a diferença entre a Receita e a Despesa, conforme a Equação (1):

Equação 1 - Definição de lucro bruto

$$L = R - (C + D) \quad (1)$$

Onde L é o lucro bruto, R é a Receita (tudo que entra), C são os custos totais (gastos relacionados ao produto) e D são as despesas totais (gastos não relacionados ao produto).

Como o objetivo desses projetos é aumentar/maximizar o lucro, então, ou há 3 possibilidades de projeto. A primeira é um projeto para apenas aumentar a parte positiva, ou seja, a receita (significando alavancar vendas). A segunda é um projeto para apenas diminuir a contribuição da parte negativa, ou seja, apenas reduzir os gastos. A terceira é um projeto capaz de realizar as duas coisas ao mesmo tempo.

Os Belts supracitados utilizam o caminho metodológico cíclico DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) a fim de implementar o Lean Six Sigma em projetos a partir do nível estratégico até o nível operacional numa organização, seja industrial ou de serviços. São nos ciclos DMAIC que as mudanças necessárias são feitas e novos resultados coletados para reavaliação.

São utilizadas ferramentas qualitativas e quantitativas de gestão para tomada de decisão. As decisões são tomadas baseadas em dados e fatos com validação estatística, não na tentativa e erro, que de forma não desejada pode ocorrer no ambiente empresarial.

2.1 FERRAMENTAS

O método de qualidade Lean Six Sigma orientado a dados no trabalho foi baseado no método DMAIC cujas etapas são: definir, medir, analisar, melhorar e controlar (SHOKRI , Alireza).

As fases do DMAIC são apresentadas no Quadro 2:

Quadro 2 – Fases do DMAIC

● Definir a oportunidade de melhoria, os objetivos do projeto e os requisitos do cliente.
● Medir o parâmetro de saída, o custo geral e a performance do processo.
● Analisar os dados para determinar as causas raízes da variação e má performance.
● Melhorar a performance do projeto eliminando as causas raiz.

Fonte: SOBIX (2019).

O método DMAIC demonstrado no Quadro 2 é a base para outros métodos mais avançados, mas ele deixa claro qualitativamente quais são as principais etapas a serem seguidas de forma cíclica para que se atinja a melhoria contínua.

Para realização do projeto foram utilizadas ordenadamente algumas ferramentas da qualidade (Quadro 3). Os fundamentos teóricos são explorados a seguir.

Quadro 3 – Ferramentas da qualidade

a) MAPA DE PROCESSO	f) MAPA DO PENSAMENTO
b) BRAINSTORMING	g) DIAGRAMA DE PARETO
c) MATRIZ DE CAUSA E EFEITO	h) DIAGRAMA DE ISHIKAWA
d) 5 PORQUÊS	i) ESTUDO DE CAPABILIDADE
e) MATRIZ DE ESFORÇO X IMPACTO	j) GRÁFICO DE TENDÊNCIA

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019).

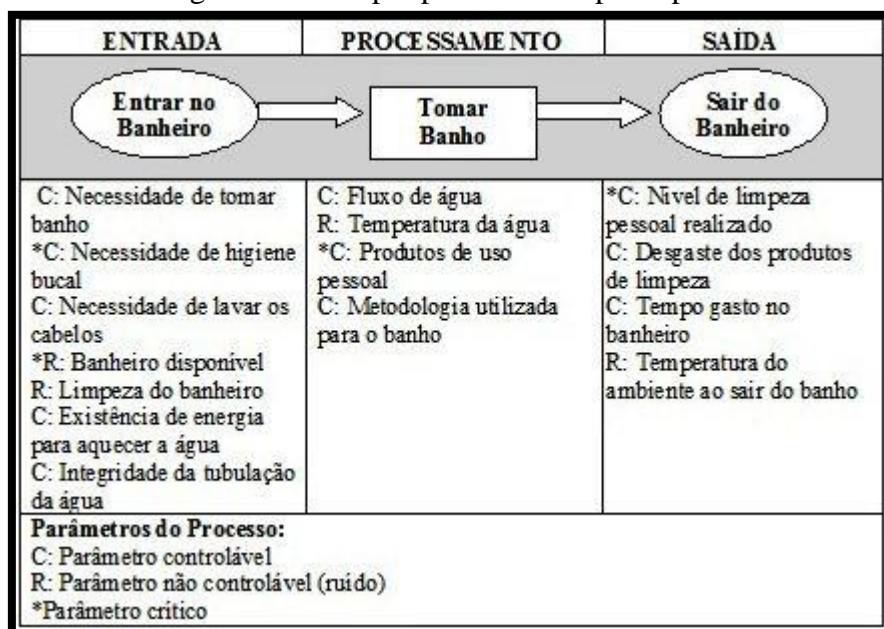
Todas as 10 ferramentas apresentadas anteriormente no quadro 3, são utilizadas na ordem em que aparecem para execução de projetos ao nível de Yellow Belt. Quando o projeto tem um nível superior, outras ferramentas são utilizadas além das apresentadas dentro do escopo desse trabalho.

2.1.1 Mapa de Processo

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. Assim sendo, o mapa de processos deve ser apresentado sob a forma de uma linguagem gráfica, que permita expor os detalhes do processo de modo gradual e controlado; encorajar concisão e precisão na descrição do processo; focar a atenção nas interfaces do mapa do processo; e fornecer uma análise de processos consistente com o vocabulário do projeto (DAMELIO, 2016).

A seguir é apresentada (Figura 3) a exemplificação prática da aplicação do conceito de mapa de processo ao ato de tomar banho:

Figura 3 - Exemplo prático de mapa de processo



Fonte: BLOGDAQUALIDADE (2021).

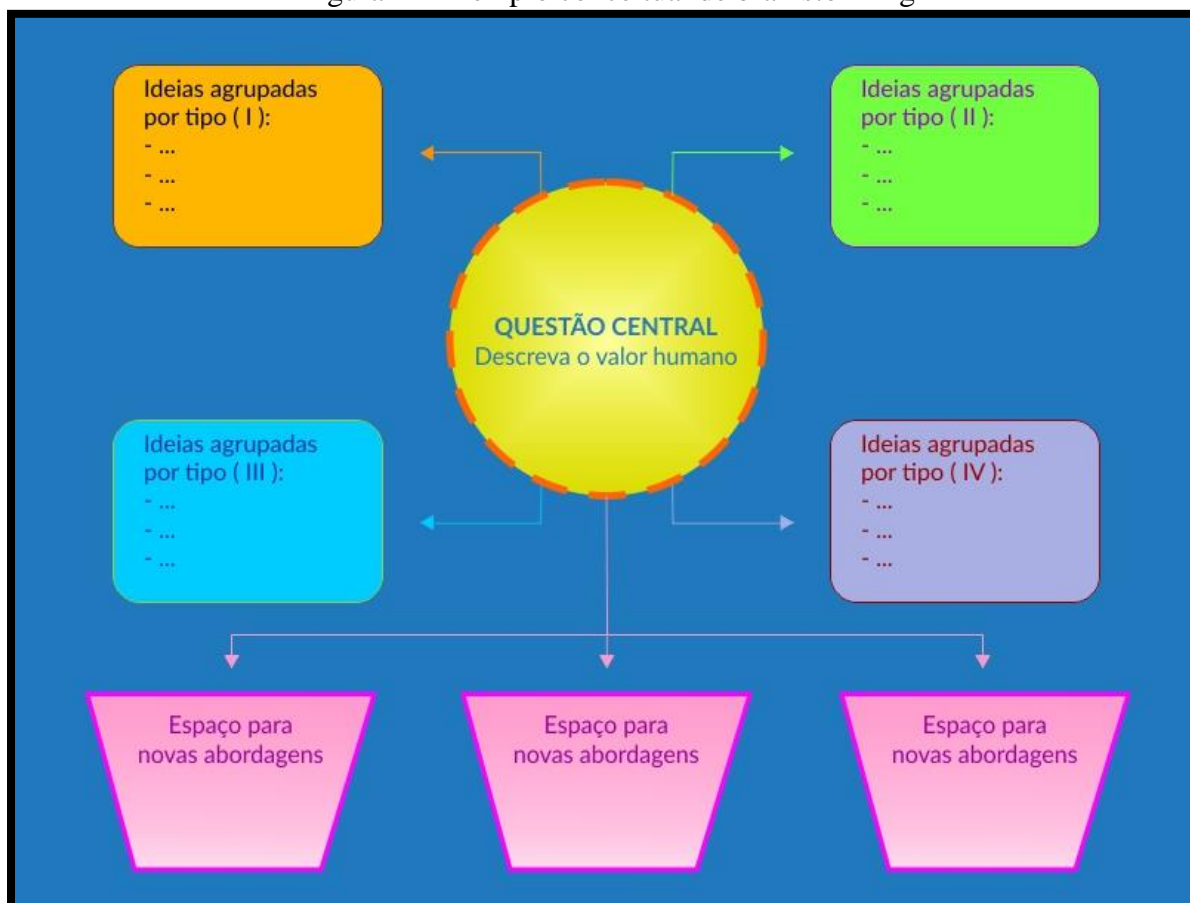
O mapa do processo apresenta informações mais detalhadas do processo, levando-se em conta os aspectos de entrada, processamento e saída, o que poderá proporcionar a organização melhor eficiência no processo. (RODRIGUES, 2004)

2.1.2 Brainstorming

Brainstorming (BS) é uma das técnicas de fomentação da criatividade de grupo pela qual ideias e pensamentos são divididos entre os membros de forma espontânea com o objetivo de alcançar soluções para problemas práticos (GOGUS, 2020).

A seguir é apresentada a aplicação conceitual do brainstorming (Figura 4) :

Figura 4 - Exemplo conceitual de brainstorming



Fonte: SIMBER (2021).

2.1.3 Matriz de Causa e Efeito

A matriz de causa e efeito (MC&E) relaciona as entradas chave com as saídas chave (requisitos do cliente) usando o mapa de processo e o diagrama de Ishikawa como fontes primárias para informação de entrada. As saídas chave são ponderadas pela sua importância enquanto as entradas chave são ranqueadas em termos da sua relação com as saídas (BREYFOGLE III, 1999).

A seguir é apresentada (Figura 5) a exemplificação prática da aplicação do conceito de matriz de causa e efeito ao processo de preparação de um café:

Figura 5 - Exemplo prático de matriz de causa e efeito

Out Put Variable (Y's)	Voice Of Customer					Total Value
	Taste	Price	Delivery time	Aroma	Ambience	
Priority (Output Rating)	9	6	3	3	4	
Input Variables (X's)						
Coffee Flavor	9	3	3	9	1	139
Coffee Quantity	1	3	3	3	1	49
Brew time	3	0	9	1	1	61
Coffee Creamer	9	3	0	9	0	126
Machine Temp.	1	1	9	1	0	45
Filter	1	0	0	1	0	12
Beans freshness	9	1	1	9	1	121
						553

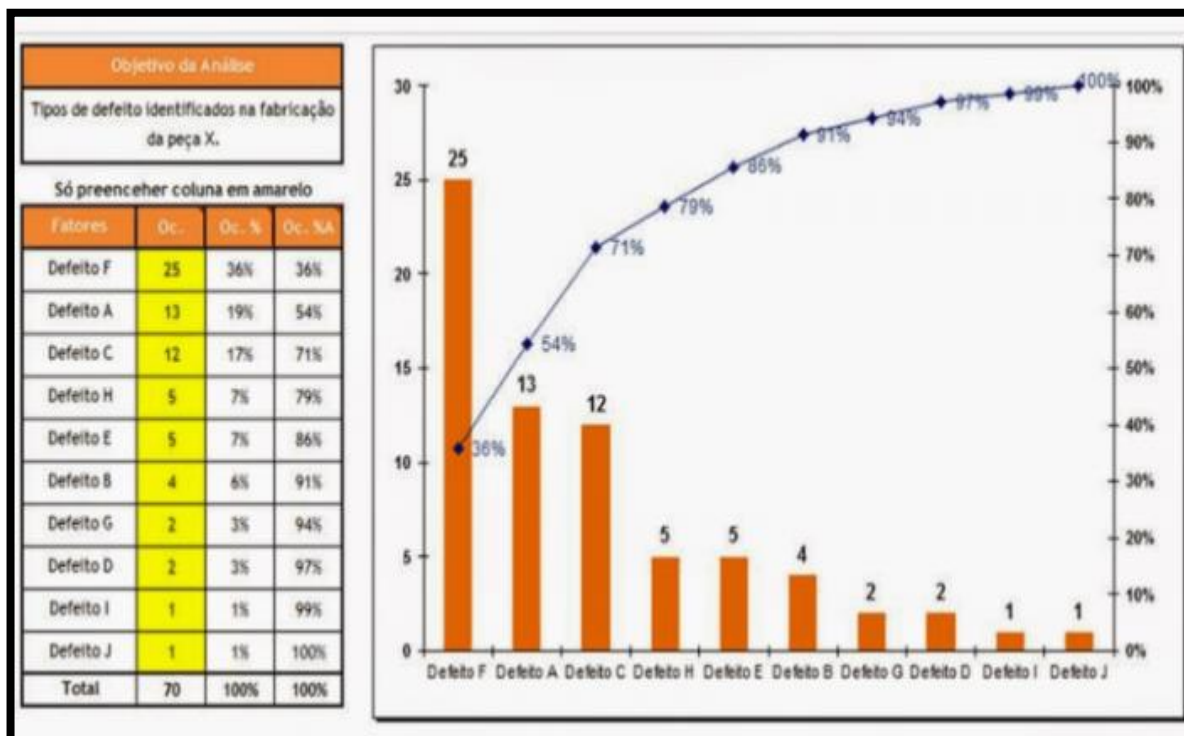
Fonte: SIXSIGMASTUDYGUIDE (2021).

2.1.4 Diagrama de Pareto

O Diagrama de Pareto lista em ordem decrescente ocorrências. Sua utilização se baseia no princípio de escassez do fator que afirma que, para muitos eventos, aproximadamente 80% dos efeitos vêm de 20% das causas (BUNKLEY, Nick).

A seguir é apresentada (Figura 6) a exemplificação teórica da aplicação do conceito de diagrama de Pareto para identificação do defeito mais recorrente na fabricação de uma peça X:

Figura 6 - Exemplo prático de diagrama de Pareto



Fonte: SIXSIGMASTUDYGUIDE (2021).

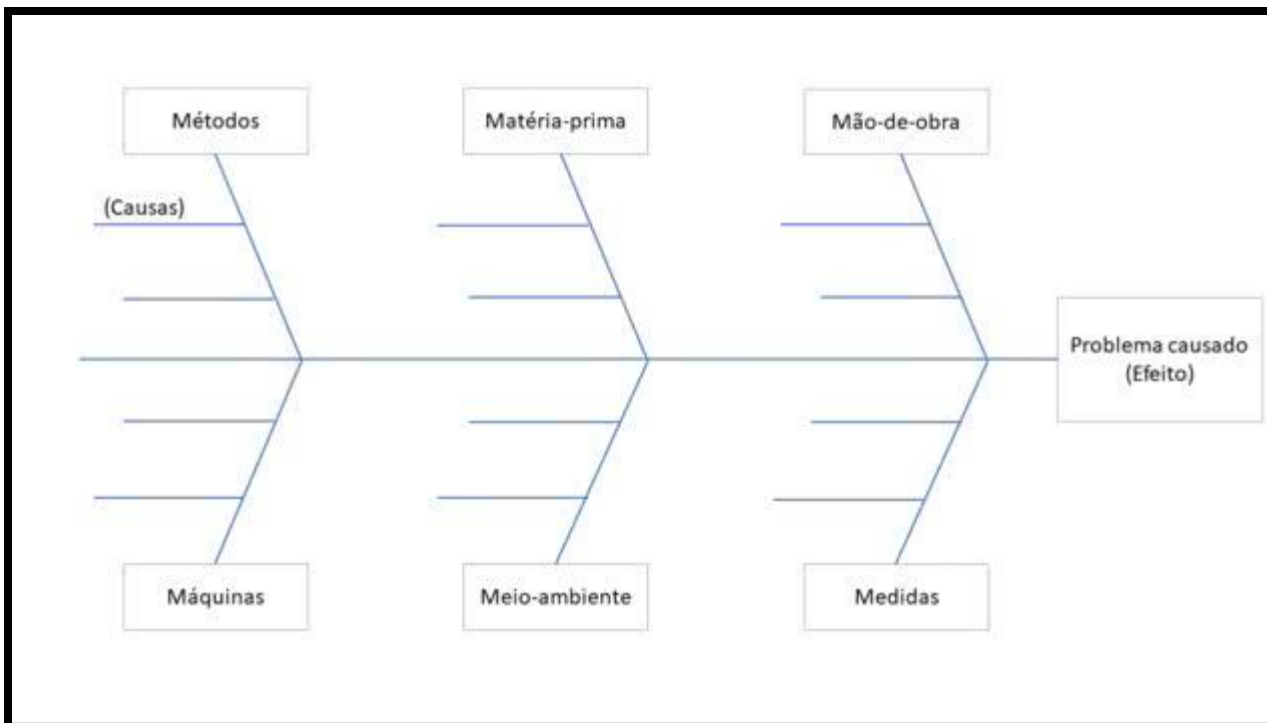
2.1.5 Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa e efeito serve para organizar o raciocínio no meio de uma discussão de um problema prioritário em diversos processos especialmente na produção industrial (ISHIKAWA, 1990).

Para utilizá-lo deve-se apontar o problema na sua extremidade e perguntar o que de negativo em termos de Meio Ambiente, Homem, Método, Medição, Máquina e Material causam o problema.

A seguir é apresentada (Figura 7) a exemplificação conceitual da aplicação do conceito de diagrama de Ishikawa:

Figura 7 - Exemplo conceitual de diagrama de Ishikawa



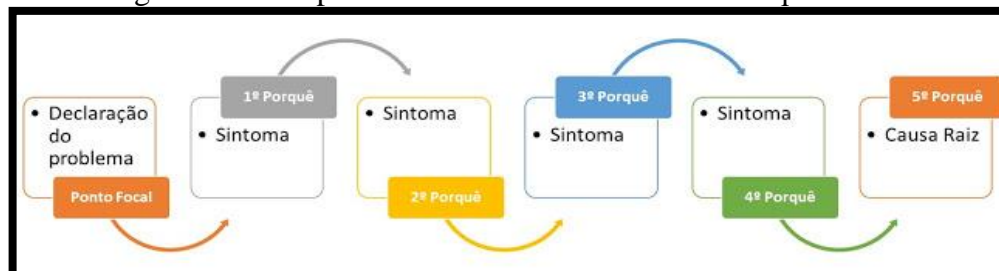
Fonte: DICONARIOFINANCEIRO (2021).

2.1.6 Os 5 Porquês

Os 5 Porquês é uma técnica muito simples, e ao mesmo tempo poderosa, para ajudar a descobrir a verdadeira causa dos eventos indesejados (MANICA, 2019). Consiste em perguntar 5 vezes porque determinada causa existiu.

A seguir é apresentada (Figura 8) a aplicação do conceitual dos 5 Porquês:

Figura 8 - Exemplo conceitual da ferramenta “5 Porquês”



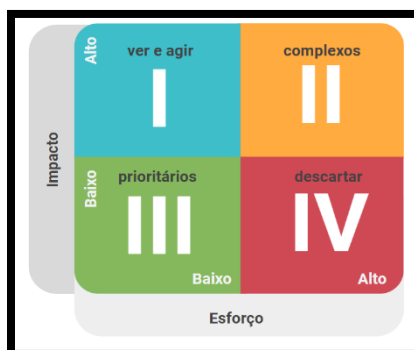
Fonte: ARRUDACONSULT (2021).

2.1.7 Matriz de Esforço x Impacto

A ferramenta possibilita uma avaliação concisa para as ações, equiparando os dois aspectos que lhe dão nome (PAULA, 2018).

A seguir é apresentada (Figura 9) o conceito da matriz de esforço x impacto:

Figura 9 - Exemplo conceitual da matriz de esforço x impacto



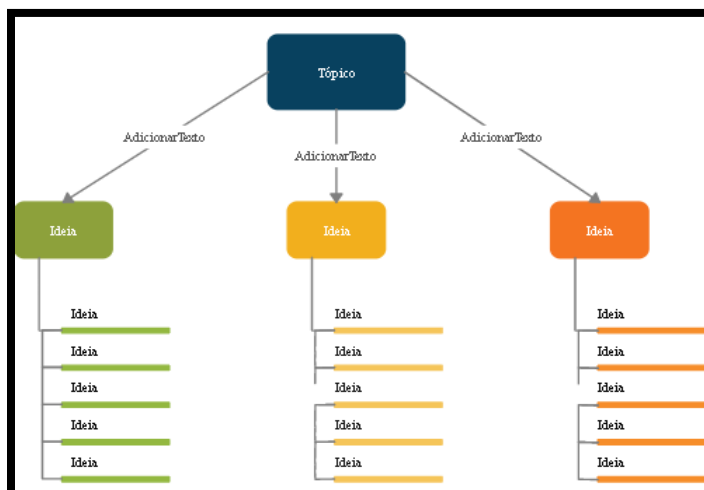
Fonte: ROCKCONTENT (2021).

2.1.8 Mapa do Pensamento

O mapa do pensamento é uma ferramenta que ajuda a fechar o escopo do problema. Ele é um diagrama que retrata as relações entre conceitos (PETER J., 1997).

A seguir é apresentado (Figura 10) um exemplo teórico do mapa conceitual:

Figura 10 - Exemplo teórico de um mapa conceitual



Fonte: CREATELY (2021).

2.1.9 Estudo de Capabilidade

Os índices de capacidade de processo (ICP) foram propostos na indústria da manufatura fornecendo medidas numéricas se o processo é capaz de reproduzir itens dentro dos limites de especificação predefinidos pelo cliente (KANE, 2018).

O índice C_p considera a variabilidade geral do processo relativa à tolerância de manufatura, refletindo na consistência da qualidade do produto.

Equação 2 - Definição do índice C_p

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (2)$$

Onde USL é o limite de especificação superior, LSL é o limite de especificação inferior, μ é a média do processo, σ é o desvio padrão do processo (variação geral do processo) na Equação (2).

Já o índice C_{pk} considera não só a magnitude da variação do processo, mas também a saída do processo do valor teórico. E tem sido considerado um índice baseado em rendimento, pois fornece limites mais baixos para o rendimento do processo (CHAN; CHENG, 2018).

Equação 3 - Definição do índice C_{pk}

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right\} \quad (3)$$

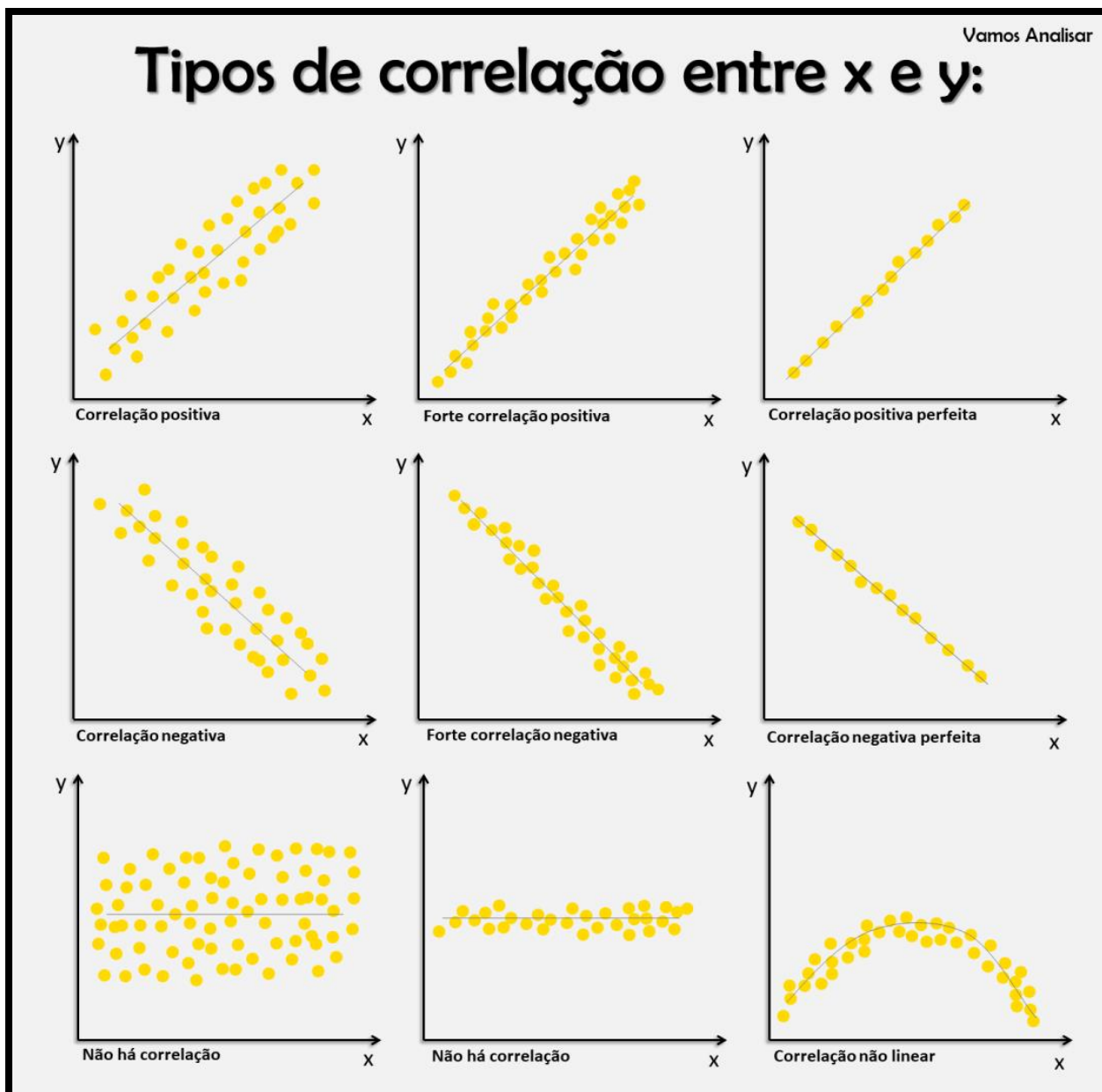
Os parâmetros de entrada utilizados em (3) são os mesmos utilizados em (2). Nessa segunda equação, a operação “ $\min\{\};$ ” descreve que o valor de C_{pk} é o menor valor entre os quocientes entre média e limites em relação a três desvios padrão. O estudo de capacidade serve para demonstrar a uma descrição instantânea do momento em que ele é feito.

2.1.10 Gráfico de Tendência

O gráfico de tendência é uma ferramenta utilizada para analisar como se comporta uma variável ao longo das amostras coletadas (PETENATE, 2019).

A seguir são apresentados exemplos teóricos de gráfico de tendência com diferentes correlações e tendências (Figura 11):

Figura 11 - Exemplo conceitual de gráficos de tendência



Fonte: VAMOSANALISAR (2021).

3. ESTUDO DE CASO

3.1 EMPRESA

Uma empresa do setor hidráulico fábrica há muitos anos diversos tipos de mangueiras em um de seus departamentos. Porém, quando não é possível suprir a demanda do cliente, há a necessidade de se comprar mangueiras prontas e, com isso, custos adicionais com frete expresso são gerados. Para fabricação das mangueiras as matérias primas compradas têm a sua qualidade controlada tanto na expedição da empresa antecessora na cadeia de suprimentos quanto no recebimento na empresa em questão. O controle é feito pela verificação de parâmetros característicos no laboratório químico.

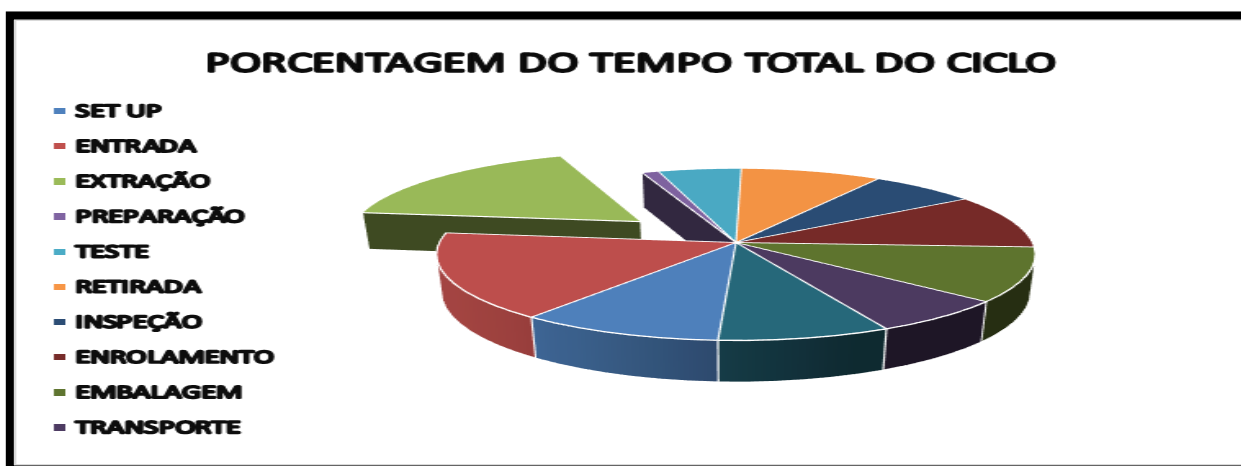
3.2 PROCESSO

A fabricação de mangueiras é composta primordialmente dos processos industriais de extrusão, trançagem, bandagem, vulcanização, debandagem, extração, inspeção e enrolamento. Nesse contexto, entre as etapas finais de debandagem e da inspeção, se insere o processo de extração de mandril presente nas células denominadas cabines de extração L1 e L2, cujo trabalho consiste em desconectar o mandril da mangueira.

O mandril é um tubo de polipropileno, inerente ao processo de fabricação, sobre o qual se apoia os elementos da mangueira. A mangueira é um elemento hidráulico constituído por tubo, trama(s) e cobertura(s) que tem a função de transportar fluidos entre dois pontos. O produto final tem diversas famílias (aspectos construtivos) e bitolas (diâmetro externo).

O processo de extração de mandril é a etapa mais demorada comparada com as outras etapas naquele setor (Figura 12).

Figura 12 - Processos adjacentes ao processo de extração



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019).

Para poder extrair o mandril da mangueira, é necessário antes desenrolar o conjunto mangueira e mandril do carretel de take up e fazer ela no chão da cabine, dispondo ela em formato de lemniscata com um número definido de voltas. Em seguida a extremidade da mangueira é cortada e presa nas castanhas e bico da máquina. As pessoas são retiradas da cabine, a qual é posteriormente trancada e o botão acionador da bomba é pressionado. A bomba injeta água em bateladas para dentro da mangueira até que o mandril se desprenda e saia de dentro da mangueira. A extração é interrompida para conectar a extremidade extraída do mandril à extremidade do mandril do carretel de let off (Figura 13). O processo de extração continua até que a intuição diga que o fim do mandril se aproxima. Nesse momento é ligada a bomba triplex que direciona um fluxo contínuo de água. Após a total extração do mandril da mangueira o processo de extração acaba.

Figura 13 - Processo de extração do mandril

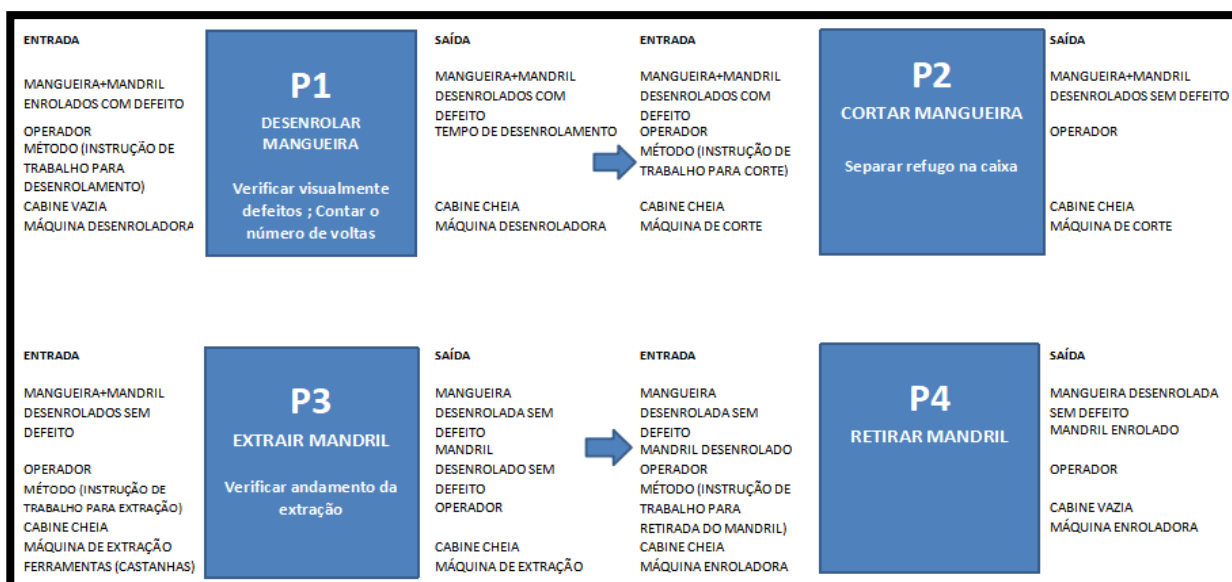


Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019).

3.3 APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS

Foi feito um Mapa de Processo (Figura 14) para focar nos inputs e outputs do processo P3: “Extração do Mandril”.

Figura 14 - Mapa de Processo



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019).

Foi feito um BS com uma equipe multidisciplinar a respeito das variáveis de entrada e saída do processo P3 (Figura 15).

Figura 15 - Brainstorming em torno das variáveis de entrada e saída



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019).

Foi aplicada uma MC&E (Figura 16) sobre o mapa de processos e, em seguida, foi feito um Diagrama de Pareto nas linhas amarelas.

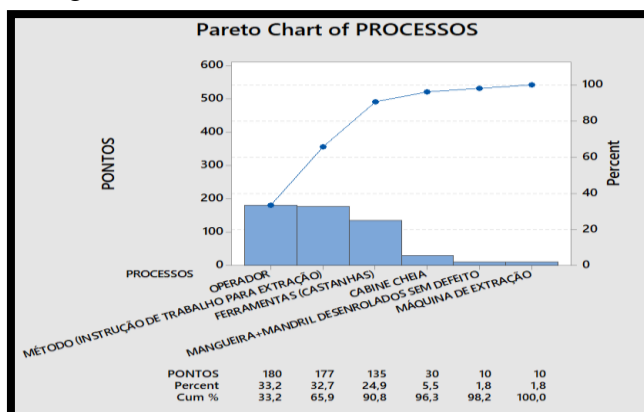
Figura 16 - Matriz de causa e efeito

Cause and Effect Matrix																	
		Importance to customers															
		10	8	5	2	2											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
		TEMPO DE PROCESSO	QUALIDADE DO PRODUTO FINAL	METRAGEM PRODUZIDA	REFUGOS	CUSTO DO REFUGO										Total	
Process Step	Process Input																
1	P1 (DESENROLAR)	MANGUEIRA-MANDRIL ENROLADOS COM DEFEITO	1	0	0	0											10
2		OPERADOR	9	9	0	9	0										180
3		MÉTODO (INSTRUÇÃO DE TRABALHO PARA DESENROLAMENTO)	0	3	9	9	0										87
4		CABINE VAZIA	3	0	0	0	0										30
5		MÁQUINA DESENROLADORA	9	0	0	0	0										90
6		MANGUEIRA-MANDRIL DESENROLADOS COM DEFEITO	1	0	0	0	0										10
7	P2 (CORTAR)	OPERADOR	9	9	0	9	0										180
8		MÉTODO (INSTRUÇÃO DE TRABALHO PARA CORTE)	0	3	9	9	0										87
9		CABINE CHEIA	0	0	0	0	0										0
10		MÁQUINA DE CORTE	9	0	0	0	0										90
11	P3 (EXTRAIR)	MANGUEIRA-MANDRIL DESENROLADOS SEM DEFEITO	1	0	0	0	0										10
12		OPERADOR	9	9	0	9	0										180
13		MÉTODO (INSTRUÇÃO DE TRABALHO PARA EXTRAÇÃO)	9	3	9	9	0										177
14		CABINE CHEIA	3	0	0	0	0										30
15		MÁQUINA DE EXTRAÇÃO	1	0	0	0	0										10
16		FERRAMENTAS (CASTANHAS)	9	0	9	0	0										135
17	P4 (RETRABAR)	MANGUEIRA DESENROLADA SEM DEFEITO	9	0	0	0	0										90
18		MANDRIL DESENROLADO	9	0	0	0	0										90
19		OPERADOR	9	0	0	0	0										90
20		MÉTODO (INSTRUÇÃO DE TRABALHO PARA RETIRADA DO MANDRIL)	9	0	0	0	0										90
21		CABINE CHEIA	1	0	0	0	0										10
22		MÁQUINA ENROLADORA	9	0	0	0	0										90
Total		1090	288	180	108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019).

O diagrama montado a partir da MC&E mostrou que “operador” e “método” são os efeitos que mais interferem nas causas “tempo de processo” e “qualidade do produto”. (Figura 17).

Figura 17 - Diagrama de Pareto nas causas da matriz de causa e efeito

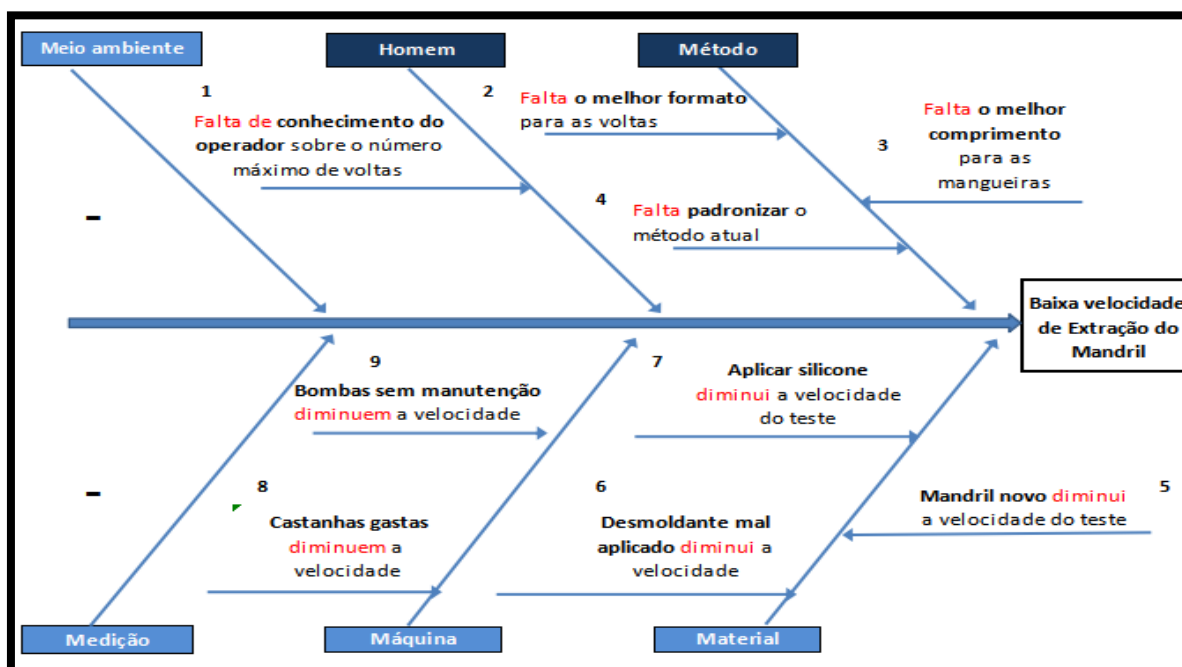


Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019) .

Foi montado um diagrama de causa e efeito para o problema (Figura 18) e nele foi destacado “Homem” e “Método” devido ao apontamento da matriz de causa e efeito.

Após a montagem do diagrama foi aplicado os 5 Porquês com o intuito de se encontrar a causa raiz de cada problema para que se possa atuar nela.

Figura 18 - Diagrama de Ishikawa



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019).

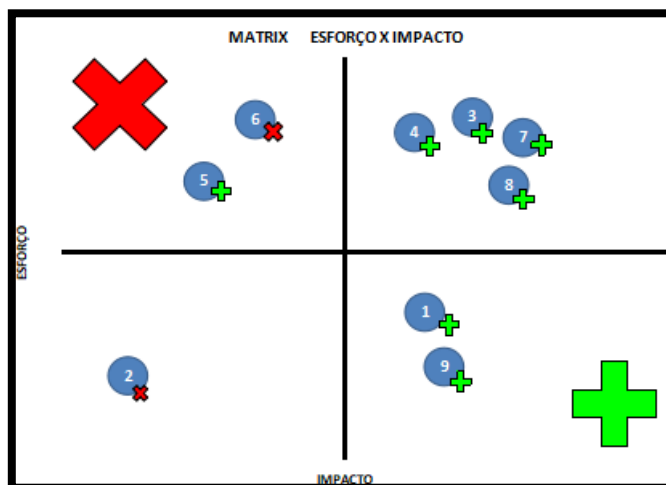
A aplicação dos 5 porquês leva ao plano de ação evidenciado nos retângulos ao lado direito (Figura 19). E o plano de ação é executado seguindo os moldes da matriz de esforço x impacto.

Figura 19 - 5 Porquês aplicado ao diagrama de Ishikawa

1	<p>Descrição do problema: Operador não conhece número de voltas</p> <p>Por que o problema ocorreu? Porque ele não foi provavelmente treinado</p> <p>Por quê?: Não se controlou a presença</p> <p>Por quê?: Porque não houve lista de presença</p> <p>Por quê?: Por deficiência no processo de gestão</p> <p>Por quê?: (A causa raiz da não conformidade): Porque não há um responsável IT.</p>	<p>TREINAR OPERADORES NO MÉTODO OTIMIZADO COM LISTA DE PRESENÇA</p>
2	<p>Descrição do problema: Falta de formato para as voltas</p> <p>Por que o problema ocorreu? Porque não há estudo para o formato</p> <p>Por quê?:</p> <p>Por quê?:</p> <p>Por quê?:</p> <p>Por quê?: (A causa raiz da não conformidade):</p>	<p>ESTUDAR FORMATOS: VARIAR OS FORMATOS, MEDIR VELOCIDADE DE EXTRAÇÃO E NÚMERO DE FALHAS PARA DEFINIR ESTATISTICAMENTE O MELHOR FORMATO</p>
3	<p>Descrição do problema: Falta de comprimento definido para cada bitola</p> <p>Por que o problema ocorreu? Porque a bitola de tamanho maior não foi padronizada</p> <p>Por quê?:</p> <p>Por quê?:</p> <p>Por quê?:</p> <p>Por quê?: (A causa raiz da não conformidade):</p>	<p>CRUZAR INFORMAÇÃO DE VELOCIDADE COM COMPRIMENTO E BITOLA PARA SE OBTER MELHOR COMPRIMENTO PARA CADA BITOLA</p>
4	<p>Descrição do problema: Falta padronizar o método atual</p> <p>Por que o problema ocorreu? Os operadores às vezes invertem a extremidade da</p> <p>Por quê?:</p> <p>Por quê?:</p> <p>Por quê?:</p> <p>Por quê?: (A causa raiz da não conformidade):</p>	<p>PROVAR ESTATISTICAMENTE QUE A INVERSÃO DE EXTREMIDADE É BENÉFICA</p>
5	<p>Descrição do problema: Mandril novo diminui a velocidade do teste</p> <p>Por que o problema ocorreu? Porque mandril novo não tem desgaste</p> <p>Por quê?: Porque ele é extrudado dessa forma</p> <p>Por quê?:</p> <p>Por quê?:</p> <p>Por quê?: (A causa raiz da não conformidade):</p>	<p>MEDIR DIÂMETRO DO MANDRIL E IDENTIFICAR MANDRIL APÓS EXTRAÇÃO PARA PROVAR QUE O MANDRIL NOVO AUMENTA A VELOCIDADE DO TESTE</p>
6	<p>Descrição do problema: Desmoldante mal aplicado diminui a velocidade</p> <p>Por que o problema ocorreu? Porque não controlamos concentração do desmoldante</p> <p>Por quê?: Porque não medimos a concentração do desmoldante</p> <p>Por quê?:</p> <p>Por quê?:</p> <p>Por quê?: (A causa raiz da não conformidade):</p>	<p>MEDIR CONCENTRAÇÃO DE DESMOLDANTE NA SOLUÇÃO INICIAL DE SAÍDA E CRIAR UM CONTROLE PERIÓDICO PARA PROVAR CONCENTRAÇÃO ÓTIMA</p>
7	<p>Descrição do problema: Silicone diminui a velocidade do teste</p> <p>Por que o problema ocorreu? Porque não padronizamos o uso</p> <p>Por quê?: Porque não fizemos testes</p> <p>Por quê?:</p> <p>Por quê?:</p> <p>Por quê?: (A causa raiz da não conformidade):</p>	<p>FAZER TESTES COM APLICAÇÃO DE VOLUME FIXO DE SILICONE PARA PROVAR BENEFÍCIO NA APLICAÇÃO DE SILICONE</p>
8	<p>Descrição do problema: Castanhas diminuem a velocidade do teste</p> <p>Por que o problema ocorreu? Porque a mangueira escapa</p> <p>Por quê?: Porque as castanhas estão desgastadas</p> <p>Por quê?:</p> <p>Por quê?:</p> <p>Por quê?: (A causa raiz da não conformidade):</p>	<p>ESCALAR PESSOA PARA FAZER O GERENCIAMENTO DE CASTANHAS NA CABINE DE TESTE</p>
9	<p>Descrição do problema: Bombas diminuem a velocidade</p> <p>Por que o problema ocorreu? Porque a bomba falhou</p> <p>Por quê?: Porque não foi feita manutenção preventiva</p> <p>Por quê?:</p> <p>Por quê?:</p> <p>Por quê?: (A causa raiz da não conformidade):</p>	<p>FAZER MANUTENÇÃO CORRETIVA DA BOMBA DA CABINE L2 (LUBRIFICAR MANCAIS;TROCA DAS CORRENTES;VERIFICAÇÃO GERAL) PARA QUE ELA ATINJA PELO MENOS 150 [bar] DOS 200 [bar] OPERACIONAIS</p>

Nem todas as ações levantadas são realizadas. Uma matriz de esforço impacto é utilizada (Figura 20) para priorizar as ações a serem realizadas:

Figura 20 - Matriz de esforço impacto



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019).

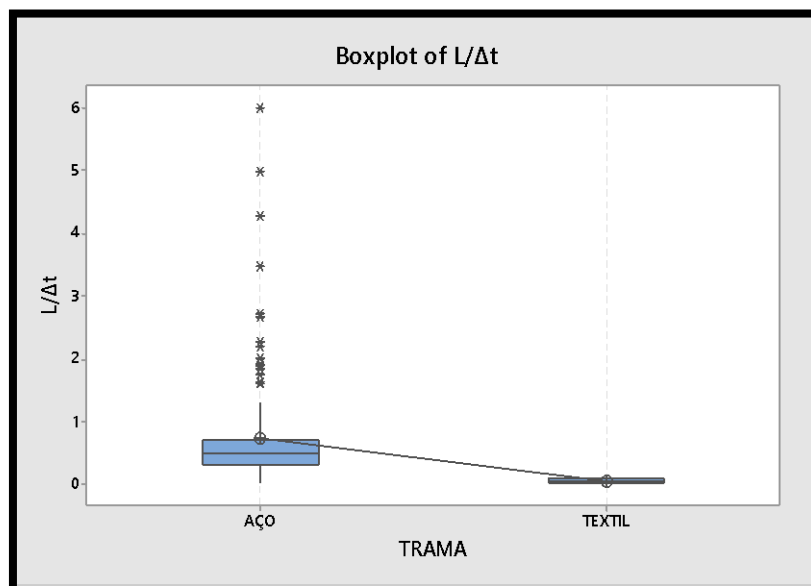
Como dito anteriormente, o mapa do pensamento ajuda a fechar o escopo do problema. Com ele é possível determinar qual a melhor situação para se estudar (Figura 21).

PRODUTIVIDADE	AÇÃO	STATUS
Qual mangueira ?	Mapear	CONTROLADO
Qual bitola ?	Mapear	CONTROLADO
Qual trama ?	Mapear	CONTROLADO
Qual local ?	Mapear	CONTROLADO
Qual operador ?	Mapear	CONTROLADO
Qual tipo de mandril ?	Mapear	CONTROLADO
Qual a folga ?	Mapear	CONTROLADO
Qual comprimento ?	Mapear	CONTROLADO
Quanto tempo ?	Mapear	CONTROLADO
Qual a Vm de extração ?	Responder	V = 0,7690 m/s
Com silicone é melhor?	Responder	Não, sem silicone é melhor
Inverter é melhor ?	Responder	Não, sem inverter é melhor
Quais são as causas especiais boas ?	Responder	1PASSE : $\varnothing \downarrow$; Lpequeno : $\varnothing \uparrow$
Quais são as causas especiais ruins ?	Responder	L grande e mandril novo

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019).

O mapa permitiu descobrir que havia uma necessidade de gerar um controle do processo e apontou quais as mangueiras com extração mais rápida e mais lenta. O escopo foi fechado para mangueiras com trama de aço após a plotagem do diagrama caixa e bigode. (Figura 22).

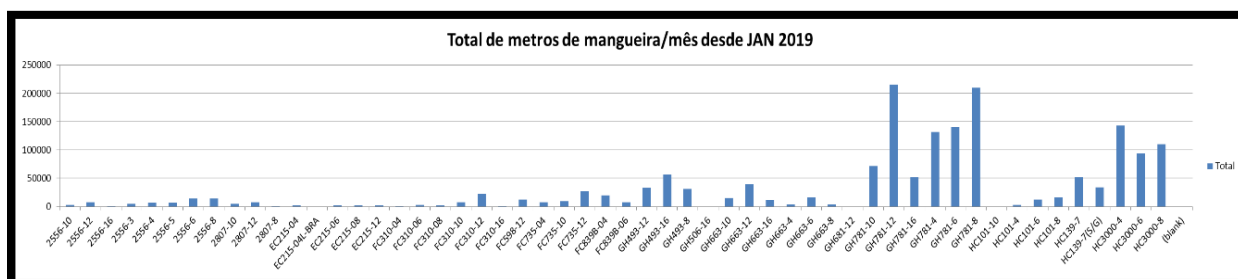
Figura 22 - Boxplot velocidade de extração x tipo de trama



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019).

Além disso foi utilizado o histórico de produção (Figura 23) para apontar as mangueiras mais frequentemente produzidas. Com isso definiu-se que o escopo seria para as mangueiras *GH781-8* e *GH781-12* que representam juntas 33% do volume de produção.

Figura 23 - Volume de produção



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019).

No início do projeto o estudo indicou que para a mangueira GH781-8 o Cpk inicial foi de 0,80 e para GH781-12 foi de 0,54. O limite inferior utilizado foi o Takt Time baseado na demanda planejada daquele mês (Anexo1).

A variável de estudo é a velocidade de extração do mandril e sobre ela é possível construir uma reta de regressão para provar ascensões, quedas ou constâncias entre a etapa inicial e a final. Também é possível analisar a qualidade, dispersão dos dados.

4. COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Devido a indisponibilidade de histórico sobre o processo, é elaborado o mapa do processo e a partir dele é feito um brainstorming com uma equipe multidisciplinar a respeito de todas variáveis possíveis de entrada e de saída do processo. Uma matriz de causa e efeito consegue filtrar juntamente com o diagrama de Pareto as variáveis mais relevantes de entrada que causam maior variação na saída. Os dados são coletados e um estudo inicial de capacidade é feito com o intuito de se retratar a situação inicial. O escopo é fechado com a utilização do mapa do pensamento e dados do histórico de volume de produção.

Então é feita a coleta de dados de forma programada. Um experimento consiste em coletar a velocidade de extração do mandril juntamente com as causas normais e especiais. Mede-se com um cronômetro o intervalo de tempo entre o instante de acionamento da bomba e o instante de separação total do mandril da mangueira e com um medidor digital o comprimento da mangueira. Dessa forma cada experimento fica padronizado, não importando o comprimento da mangueira.

Os dados são analisados utilizando ordenamento crescente de velocidades e a moda entre os grupos mais rápidos e mais lentos.

5. ANÁLISE DA CAUSA RAIZ

A análise da causa raiz é feita com base não só a partir do diagrama de Ishikawa e os 5 porquês, mas também por meio do diagrama de Pareto das causas especiais das amostras. Que apontam para ações a serem tomadas.

Encontrar a causa raiz de um problema não é uma tarefa simples, mas utilizando as ferramentas corretas, é possível descobrir as causas que interferem na variável de interesse. A partir desse ponto, são levantadas e listadas hipóteses.

Essas hipóteses são testadas, fazendo-se as mudanças necessárias a fim de se coletar novos resultados. Os resultados são analisados cuidadosamente e caso o parâmetro de controle não esteja estável, deve-se retornar ao estado anterior ao teste de hipótese e mover para a hipótese seguinte. Caso contrário, no de haver uma melhora, ou seja, diminuição do desvio padrão amostral (maior estabilidade e controle do processo) são finalmente comprovadas as causas raiz do problema.

Muitas vezes um problema tem mais de uma causa raiz e nesse caso, não é possível determinar com precisão qual de fato era a causa raiz, pois o mais prático é corrigir as mais óbvias ao mesmo tempo.

6. PLANO DE AÇÃO

O plano de ação é montado e priorizado com a matriz de esforço impacto.

7. IMPLEMENTAÇÃO DAS AÇÕES

A seguir estão listadas as ações mais relevantes do projeto:

- Adição de pigmentação verde no mandril para poder mapear a sua idade e dizer qual a sua relação com a velocidade de extração (Figura 24);

Figura 24 - Pigmento verde



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019).

- A proibição da aplicação de Silicone durante o processo e a inversão de extremidades ;
- Aplicador automático de desmoldante substituindo aplicação manual para poder garantir uma uniformização do desmoldante entre o mandril e a mangueira (Figura 25);

Figura 25 - Aplicador automático de desmoldante



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019).

- Gerenciamento de ferramental (Figura 26), para prover as condições ideais de teste.

Figura 26 - Antes e depois do gerenciamento do ferramental



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019).

- Manutenção corretiva da bomba do teste (Figura 27).

Figura 27 - Manutenção corretiva da bomba do teste

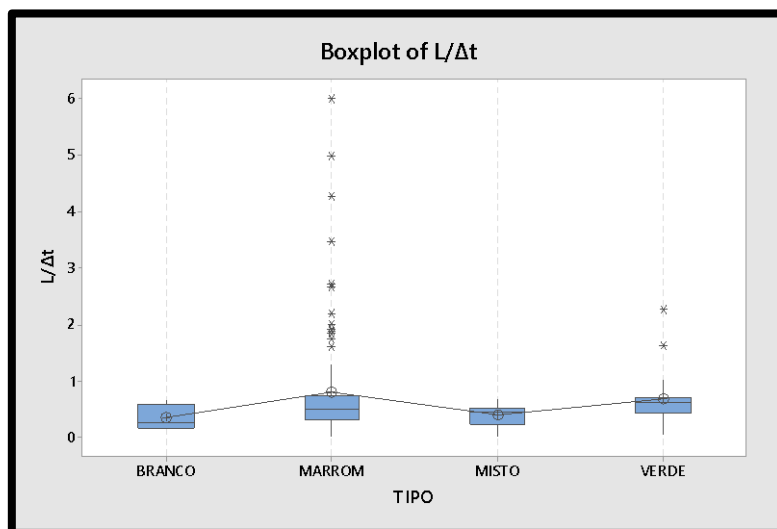


Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019).

8. COLETA E AVALIAÇÃO DE RESULTADOS

Os dados apontam que quanto mais novo o mandril, mais lenta é a sua extração. Os pigmentos seguiram a ordem: marrom, verde, misto e branco. O mandril misto ocorre devido ao processo de solda que serve para reaproveitar o mandril velho. O gráfico caixa e bigode indica que o mandril marrom (o mais velho) é o que tem a maior velocidade de extração (Figura 28).

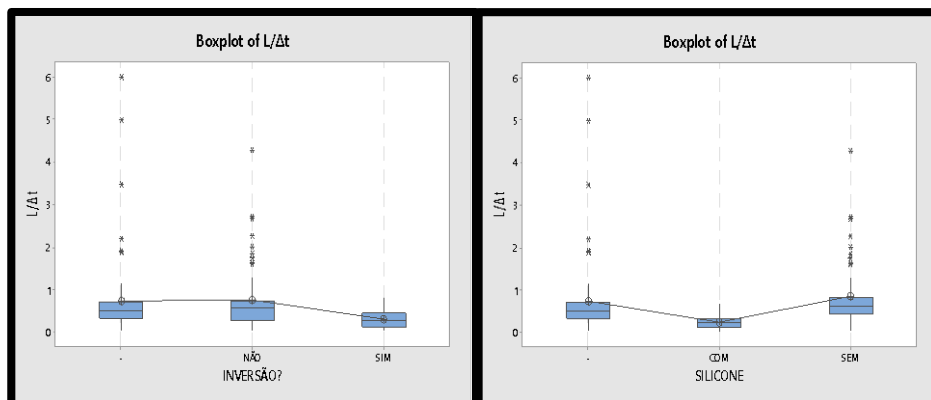
Figura 28 - Resultado: Idade indireta do mandril



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019).

Os dados também apontam que o uso de silicone e a inversão devem ser proibidas pois estatisticamente causam experimentos mais lentos (Figura 29).

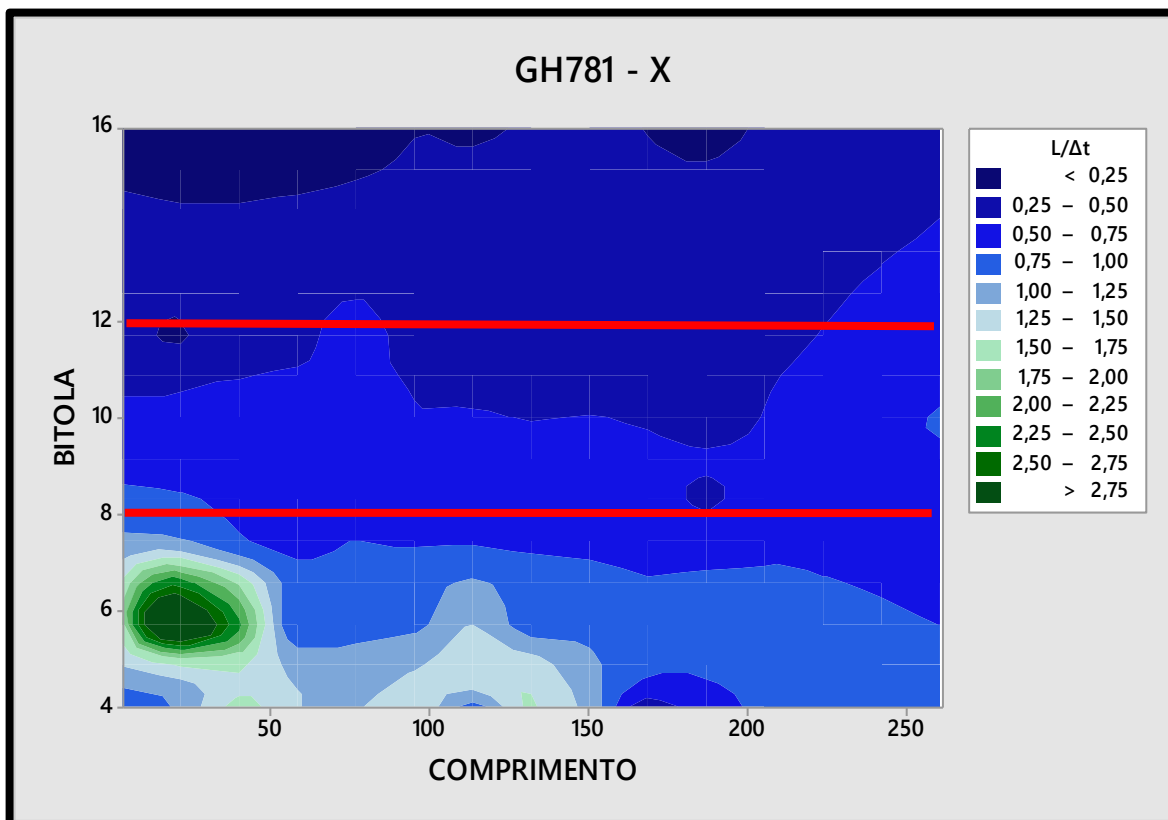
Figura 29 - Resultado: Inversão e aplicação de silicone



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019).

Uma curva de nível foi gerada para a família GH781-X utilizando a velocidade de extração em função da bitola e comprimento de extração (Figura 30) e ela indica que para bitolas 8 a extração é mais rápida abaixo de 50 [m] e para bitolas 12 o comprimento ótimo é em torno de 75 [m] ou acima de 225 [m].

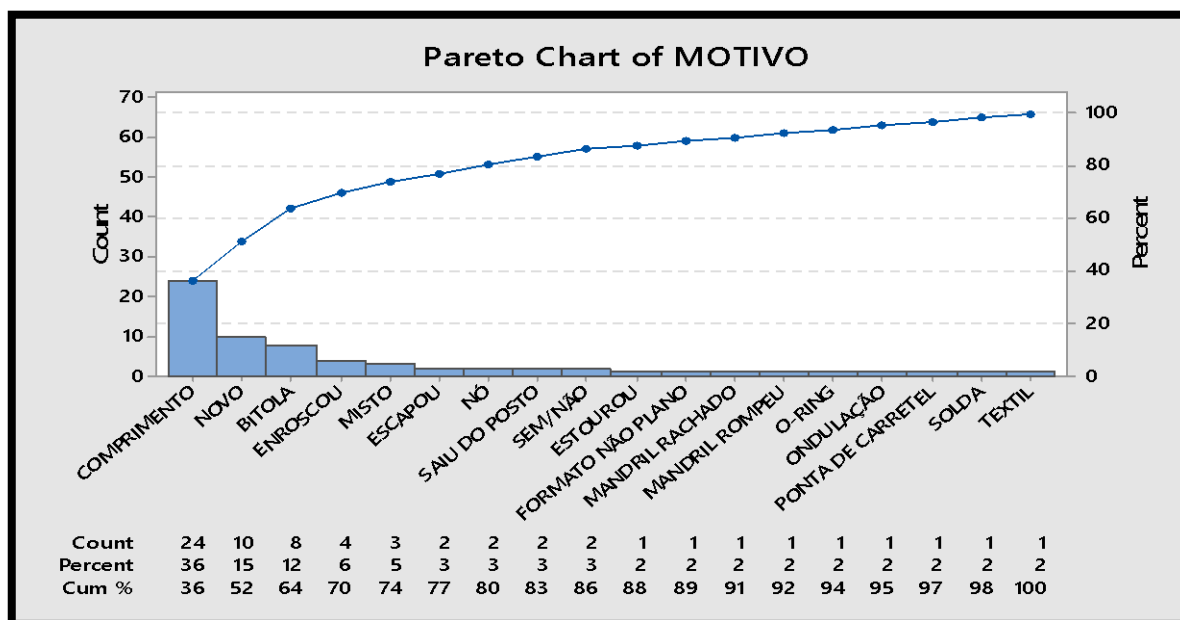
Figura 30 - Resultado : Curva de nível : Velocidade de extração GH781-X



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019).

O diagrama de Pareto montado em cima das causas especiais das amostras (Figura 31) indicou que extração com apenas um passe fornece uma velocidade de extração maior do que a que o operador para o teste para conectar o mandril extraído com o do carretel.

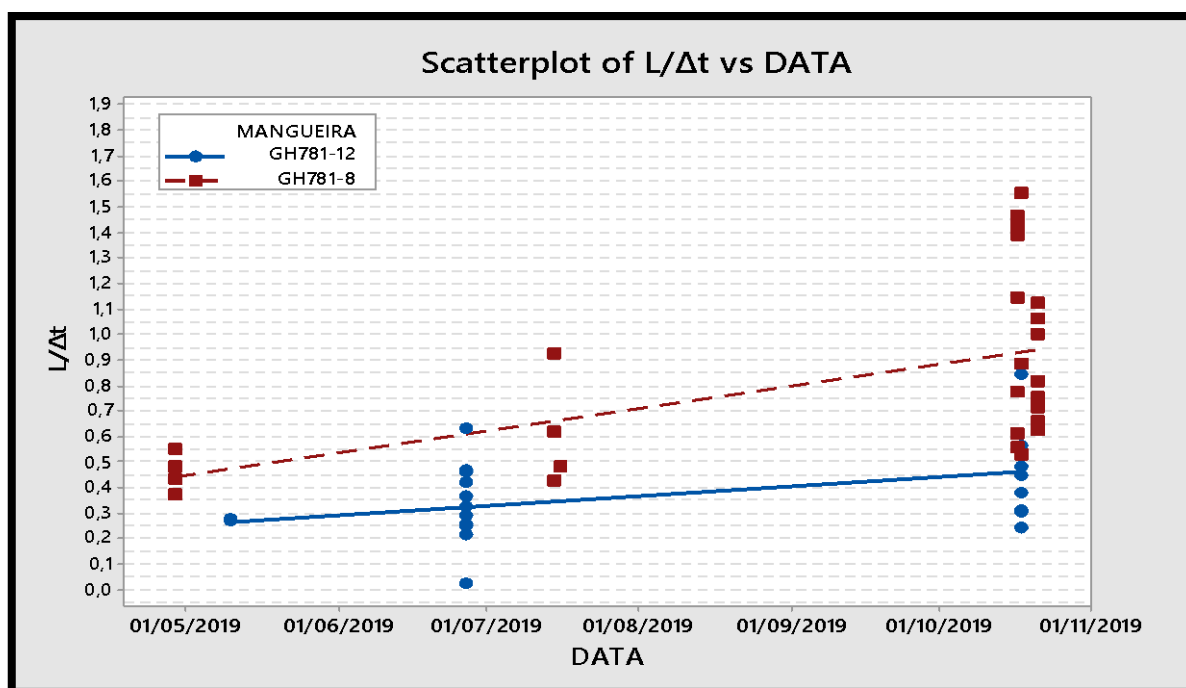
Figura 31 - Resultado: Pareto das causas especiais de cada amostra



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019).

As ações tomadas levaram a um aumento na velocidade de extração conforme evidência o gráfico na Figura 32.

Figura 32 - Resultado: Velocidades de extração da GH781-8 e da GH781-12

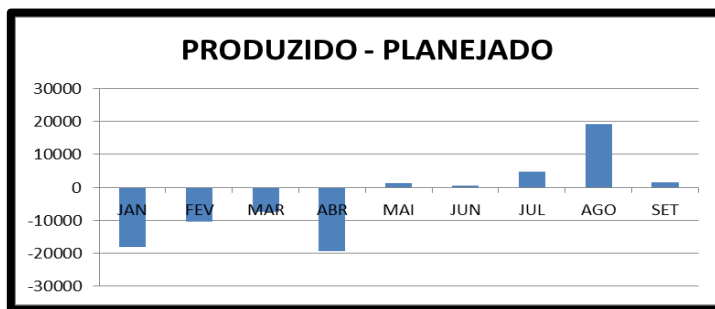


Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019).

O estudo de capacidade no final do projeto indicou que para a mangueira GH781-8 o Cpk final foi de 0,97 e para GH781-12 foi de 0,88. (Anexo 2) O que se traduz em uma melhora de 0,17 e de 0,34 respectivamente.

Além disso, é possível perceber que o processo passou a conseguir produzir mais do que o planejado (Figura 33) pois antes se produzia abaixo do planejado.

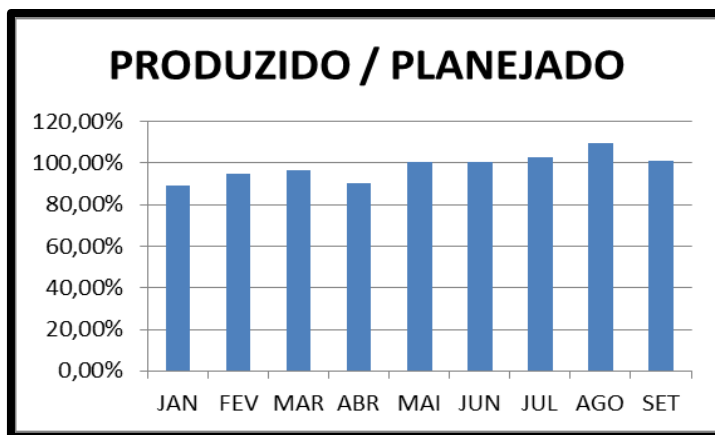
Figura 33 - Resultado: Produzir mais do que o planejado



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019).

E que aumentou a produtividade do processo global (Figura 34) que saiu da média de 89,27% para a média de 101,04%, melhorando 11,77% e superando a meta inicial de 10%.

Figura 34 - Resultado: Produtividade crescente ao longo dos meses



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019).

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral deste trabalho, que é a aplicação da ferramenta Lean Six-Sigma em um problema real, foi atingido por meio da realização bem sucedida de seus objetivos específicos. Considerando os objetivos específicos, tanto foi possível propor uma solução estatística ótima ao problema, quanto delimitar outras direções de estudo as quais fogem do escopo deste trabalho.

A solução estatística ótima foi o plano de ação, o qual apontou para as correções certas durante a aplicação dos ciclos de melhoria contínua, isso se comprova analisando o evidente aumento da velocidade de extração para as mangueiras consideradas no estudo.

As outras direções de estudo que fogem do escopo são em primeiro lugar, o estudo da priorização da produção das mangueiras GH781-6, GH781-4 e HC3000-4 visto que, antes elas ocupavam terceiro, quarto e quinto lugar no volume de saída e agora ocupam primeiro, segundo e terceiro e que a GH781-6 tem a velocidade mais rápida de extração. Em segundo lugar o estudo do aumento da velocidade de extração em mangueiras têxteis que são outra classe de mangueira, mas que tem alguma representatividade no volume de produção.

A principal contribuição desse estudo ao meio científico está no fato de indicar a correta seleção de variável de controle para este tipo de escopo. Isto é, quando falamos de processo de extração, não basta considerarmos apenas o tempo total de extração, mas sim o comprimento total associado, calculando a velocidade média de extração e tomando ela como variável de controle.

Ao meio aplicado a principal contribuição é de que, por se tratar de um projeto de Yellow Belt, pode servir de inspiração para outros projetos à medida que usa curvas de nível para revelar pontos ótimos da variável de interesse.

Este trabalho também foi útil para demonstrar a variável de controle e a forma com que ela deve ser mapeada e controlada no futuro, assim como demonstrou a situação inicial e a situação final do processo. Ele demonstrou que há uma necessidade menor de se controlar e reduzir os refugos inerentes do processo.

Existem algumas limitações de estudo que devem ser reportadas nesta seção, como a dificuldade de se fazer a leitura automatizada do tempo de extração visto que se houvesse um cronômetro junto ao acionador da bomba, haveria confusão ao se ler esse tempo, visto que o teste costuma ser interrompido devido ao movimento da mangueira durante o teste, que muitas vezes enrosca.

Outra limitação está no fato de se confiar no comprimento exato de mangueira extraída, visto que os refugos descartados pelos operadores durante o teste, não são muitas vezes computados.

Como recomendações de estudos futuros, vale destacar pesquisas que possibilitem reduzir refugos gerados no processo de extração e pesquisar melhorias e otimizações nos processos adjacentes ao processo tratado, tanto no setor em questão quanto fora dele, onde estiver o gargalo de produção, a fim de se aumentar a eficiência global da produção para que a cadeia de suprimentos seja mais competitiva e se haja cada vez menos gastos com fretes expressos para suprir demandas de produção.

REFERÊNCIAS

- ARRUDA CONSULT. **Técnica 5 porquês**: aprenda a usar e baixe grátis. 5 abr. 2020. Disponível em: www.arrudaconsult.com.br/2020/04/tecnica-5-porques-baixe_5.html. Acesso em: 1 fev. 2021.
- BENDELL, T.; PENSON, R.; CARR, S. The quality gurus: their approaches described and considered. **Managing Service Quality: An International Journal**, Bingley, v. 5, n. 6, p. 44-48, dez. 2020. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/09604529510104383/full/html>. Acesso em: 2 nov. 2019.
- BLOGDAQUALIDADE. **Mapa do processo**. Paraná, 31 jan. 2013. Disponível em: <https://blogdaqualidade.com.br/mapa-do-processo/>. Acesso em: 1 jan. 2019.
- BREYFOGLE III, F. W. **Managing six sigma**. New York: John Wiley & Sons, 1999. 288 p.
- BUNKLEY, N. Joseph Juran, 103, pioneer in quality control, dies. **The New York Times**, New York, 3 mar. 2008. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2008/03/03/business/03juran.html>. Acesso em: 2 nov. 2019.
- CHAN, L. K.; CHENG, S. W. A New Measure of Process Capability: Cpm. **Journal of Quality Technology**, Winnipeg, Canada, v. 20, n. 3, p. 162-175, 21 fev. 2018. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00224065.1988.11979102>. Acesso em: 2 nov. 2019.
- CREATELY. **Modelos de mapas de conceitos**. Melbourne, Australia, 5 jun. 2020. Disponível em: <https://creately.com/pt/eg/exemplos-mapas-conceitos/>. Acesso em: 1 fev. 2021.
- DAMELIO, R. **The basics of process mapping**. 2. ed. Boca Raton, United States: CRC Press, 2011. 183 p.
- DICIONARIOFINANCEIRO. **Diagrama de Ishikawa**. Porto, Portugal, 5 maio 2017. Disponível em: <https://www.dicionariofinanceiro.com/diagrama-de-ishikawa/>. Acesso em: 1 jan. 2021.
- EVANS, J. R.; LINDSAY, W. M. **An introduction to six sigma a process improvement**. 2. ed. Boston MA: Cengage Learning, 2014. 368 p.
- FREITAS, L.V. **Yellow Belt em Six Sigma**: o que é, diferença entre os Belts e ferramentas. Goiânia, Goiás, 23 ago. 2019. Disponível em: <https://blog.ipog.edu.br/engenharia-e-arquitetura/yellow-belt/#:~:text=Yellow%20Belt%20%E2%80%93%20Conhecimento%20da%20metodologia,%20%20treinamento%20orienta%C3%A7%C3%A3o%20e%20lideran%C3%A7a>. Acesso em: 9 mar. 2021.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2007.

GOGUS, A. Brainstorming and Learning. **Encyclopedia of the Sciences of Learning**, Springer, Boston, MA, p. 484-488, 7 dez. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6>. Acesso em: 2 nov. 2019.

HAGER, P. J.; CORBIN, N. C. **Designing & delivering**: scientific, technical, and managerial presentations. 1. ed. Estados Unidos: Wiley–Blackwell, 1997. 163 p.

ISHIKAWA, Kaoru. **Introduction to quality control**. Dordrecht, Netherlands: Springer Netherlands, 1989. 455 p.

KANE, V. E. Process capability indices. **Journal of Quality Technology**, Livonia, Estados Unidos, v. 18, p. 41-52, 21 fev. 2018.

KONING, H.; VERVER, J. P. S.; HEUVEL, J. Van Den; BISGAARD, S.; DOES, R. J. M. M. Lean six sigma in healthcare. **Journal of Healthc Qual**, v. 28, n. 2, p. 4-11, 2006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16749293/>. Acesso em: 2 nov. 2019.

MANICA, C. R **5 porquês casado com o Ishikawa**. São Paulo, Brasil, 19 fev. 2019. Disponível em: <https://www.telios.eng.br/site/5-porques-casado-com-o-ishikawa/>. Acesso em: 2 nov. 2019.

MENDES, G. **5 desafios Lean Six Sigma**. Campinas, Brasil, 4 fev. 2020. Disponível em: <https://www.fm2s.com.br/5-desafios-lean-six-sigma/>. Acesso em: 9 mar. 2021.

MINAYO, M. C. S. **Ciência, técnica e arte**: o desafio da pesquisa social. Petrópolis: Vozes, 2000.

PAULA, O. M. **Matriz esforço x impacto**: priorize suas ações. São Paulo, Brasil, 22 mar. 2018. Disponível em: <http://excelenciaempauta.com.br/matriz-esforco-x-impacto>. Acesso em: 2 nov. 2019.

PETENATE, M. **Conheça 7 benefícios das ferramentas seis sigma para a sua empresa**. Campinas, Brasil, 19 mar. 2019. Disponível em: <https://www.escolaedti.com.br/conheca-7-beneficios-das-ferramentas-seis-sigma-para-a-sua-empresa>. Acesso em: 9 mar. 2021.

PETENATE, M. **Modelo de melhoria**: 3 questões e ciclo PDSA. Campinas, Brasil, 10 set. 2019. Disponível em: <https://www.escolaedti.com.br/modelo-de-melhoria>. Acesso em: 2 nov. 2019.

ROCKCONTENT. **Conheça a matriz de esforço x impacto e saiba como aplicá-la no dia a dia da sua empresa**. Belo Horizonte, Brasil, 15 out. 2018. Disponível em: <https://rockcontent.com/br/blog/matriz-de-esforco-x-impacto/>. Acesso em: 1 fev. 2021.

RODRIGUES, M. V. **Ações para a qualidade**: GEIQ, gestão integrada para a qualidade: padrão seis sigma, classe mundial. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.

SHOKRI, A. Quantitative analysis of Six Sigma, lean and lean six sigma research publications in last two decades. **International Journal of Quality & Reliability Management**, Bingley,

Inglaterra: Emerald Publishing Limited, 7 dez. 2020. 34, p. 598-625. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJQRM-07-2015-0096/full/html>. Acesso em: 2 nov. 2019.

SIMBER. **Como aplicar um brainstorming na intranet**. Goiânia, Brasil, 30 nov. 2017. Disponível em: <https://www.simber.com.br/erp/blog-351-como-aplicar-um-brainstorming-na-intranet%20>. Acesso em: 1 jan. 2021.

SIXSIGMASTUDYGUIDE. **Cause and effect matrix aka x-y diagram aka correlation matrix**. Clover, USA, 26 jul. 2019. Disponível em: <https://sixsigmastudyguide.com/cause-and-effect-matrix/>. Acesso em: 1 jan. 2021.

SOBIX. **Saiba como utilizar o ciclo DMAIC para melhoria dos processos**. São Paulo, Brasil, 24 out. 2019. Disponível em: <http://blog.sobix.com/ciclo-dmaic/>. Acesso em: 1 nov. 2019.

VAMOS ANALISAR. **Regressão linear**: um dos tipos mais importantes de análise de dados. São Paulo, Brasil, 10 out. 2018. Disponível em: <https://vamosanalisar.wordpress.com/2019/07/17/regressao-linear-um-dos-tipos-mais-importantes-de-analise-de-dados/>. Acesso em: 20 fev. 2021.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2005.

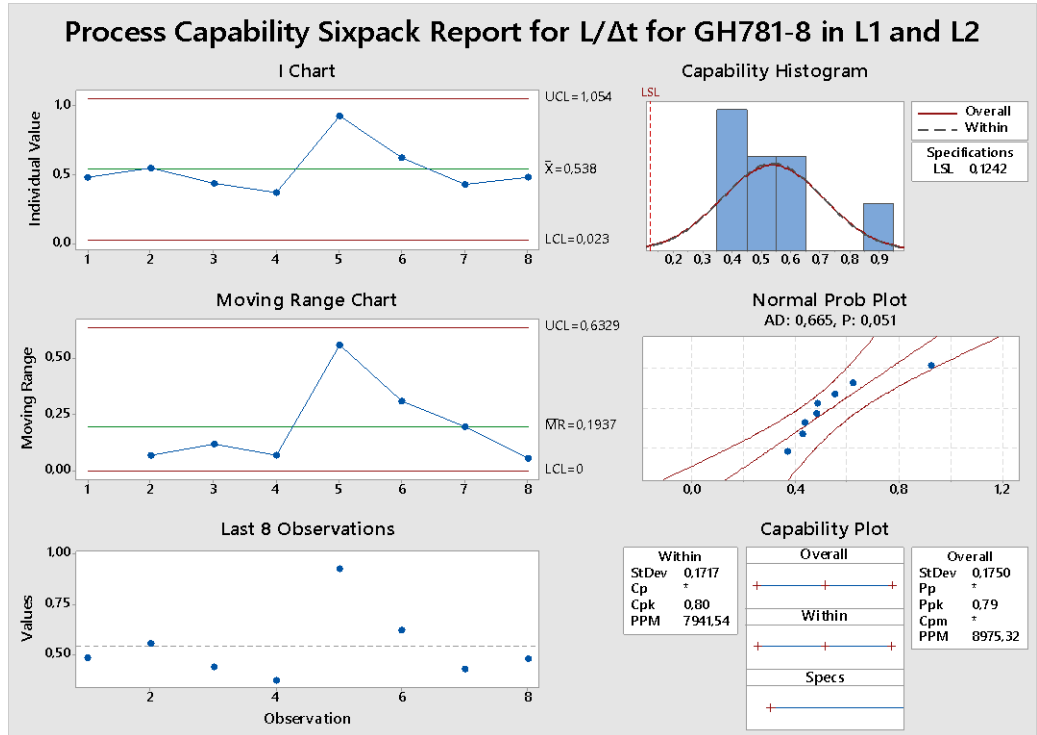
APÊNCICE A - ESTUDO DE CAPABILIDADE ANTES E DEPOIS

L1

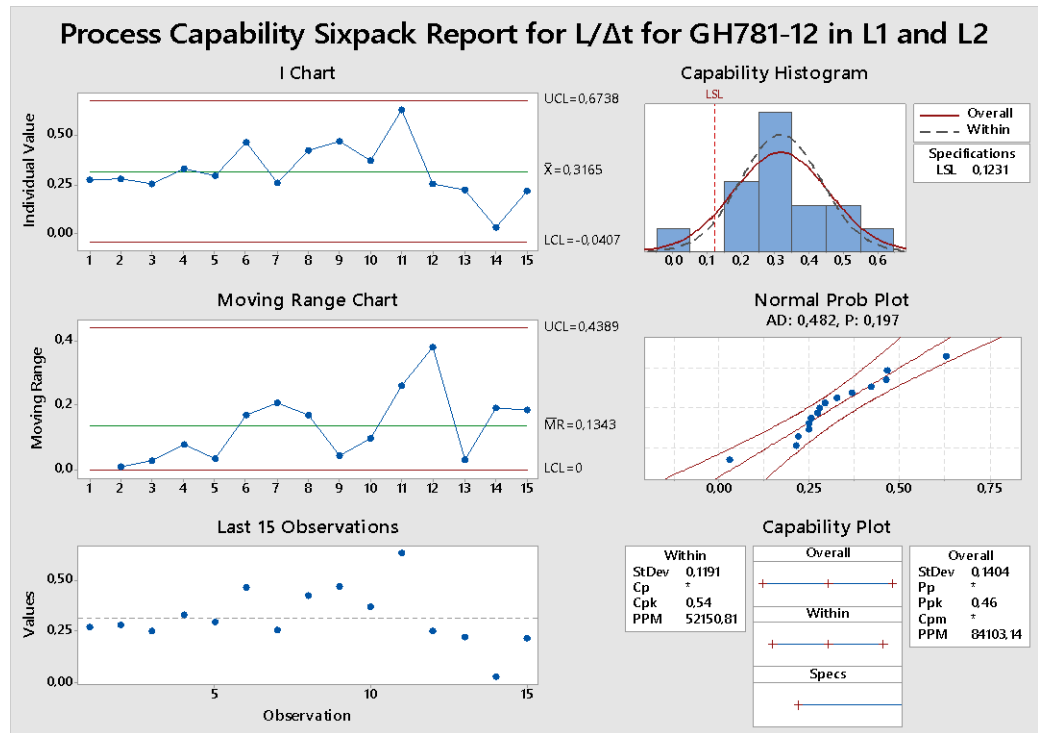
L2

ANTES

GH781-8



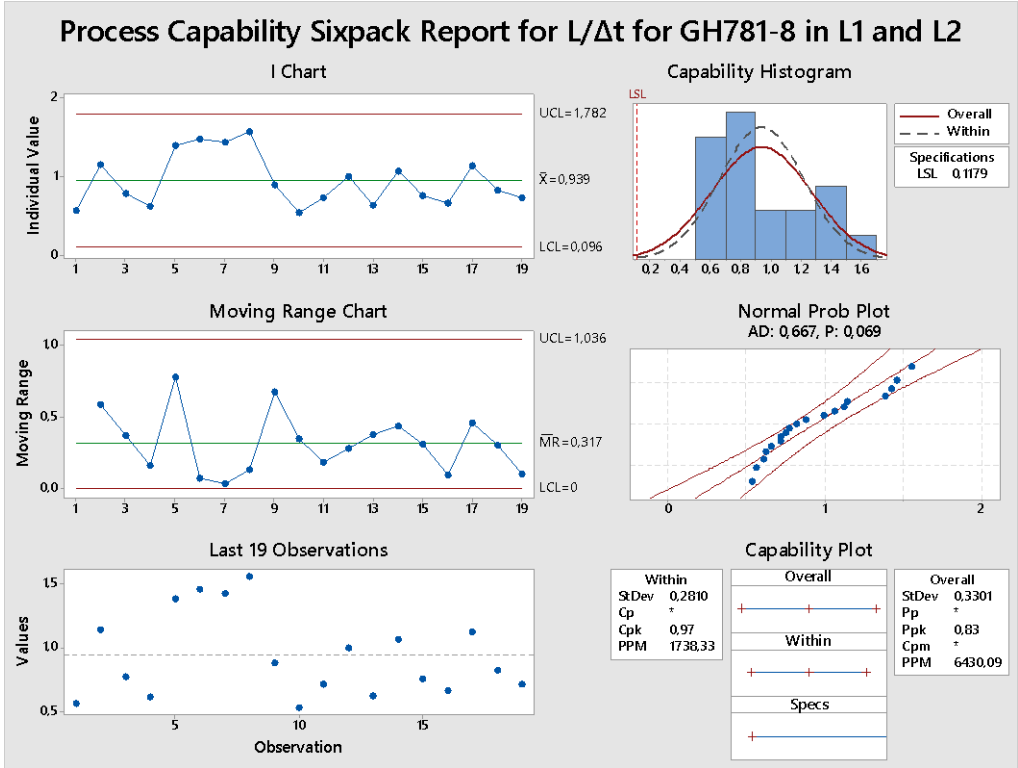
GH781-12



L1 L2

DEPOIS

GH781-8



GH781-12

