

Projeto Lean 6 Sigma com DMAICR para Redução de Perdas de Processo

Lean 6 Sigma Project with DMAICR for Process Loss Reduction

Marcos de Morais Silva* - marcos_morais@hotmail.com

Eder Costa Cassettari* - eccassettari@anhembibr.com

Luis Gustavo Bessa Onofrio* - luis.onofrio@outlook.com

* Universidade Anhembi Morumbi

Article History:

Submitted: 2020 - 05 - 06

Revised: 2020 - 05 - 09

Accepted: 2020- 06 - 15

Resumo: Esse artigo tem como objetivo avaliar a aplicação dos conceitos relacionados ao *Lean Manufacturing* e *6 Sigma* em uma empresa fabricante de latas de aço para produtos químicos. O projeto *Lean 6 Sigma* teve como foco no setor de montagem da empresa, onde as perdas de processo apresentavam um alto custo operacional e consequentemente refletiam no preço de venda dos produtos. O primeiro passo foi entender o quanto as perdas de processo representavam em questão de custos para a empresa e partir desse ponto foi escolhido uma linha de produção e um produto, sendo a linha que possuía as perdas mais elevadas e o produto mais fabricado no período analisado, como base para análise ao longo de todo o projeto. Para tal análise, foram utilizadas ferramentas como *Value Stream Mapping*, SIPOC, CEP, Fluxograma, Ishikawa, Pareto, *Measurement System Analysis*, *Boxplot*, e entre outras suportadas pelo metodologia DMAICR e bem como os conceitos relacionados ao *Lean Manufacturing*, como a redução de desperdícios, *Kaizen* e o 5S. Após a análise foi identificado situações críticas envolvendo o equipamento de corte na linha e bem como controles de processo que não estavam sendo feitos.

Palavras-chave: Lean; 6 Sigma; DMAICR

Abstract: This paper aims to evaluate the application of concepts related to *Lean Manufacturing* and *6 Sigma* in a company that manufactures steel chemical cans. The *Lean 6 Sigma* project focused on the company's assembly sector, where process losses had a high operating cost and consequently reflected in the selling price of the products. The first step was to understand how much the process losses represented in terms of costs for the company and from that point a production line and a product were chosen, being the line that had the highest losses and the most manufactured product in the analyzed period. as a basis for analysis throughout the project. For such analysis, we used tools such as *Value Stream Mapping*, SIPOC, CEP, Flowchart, Ishikawa, Pareto, *Measurement System Analysis*, *Boxplot*, and others supported by the DMAICR methodology and concepts related to *Lean Manufacturing*, such as waste reduction, *Kaizen* and the 5S. After analysis, critical situations were identified involving line cutting equipment as well as process controls that were not being made.

Keywords: Lean; 6 Sigma; DMAICR

1. Introdução

A indústria tem passado por diversas transformações entre o século XIX e XX. Iniciando com produção artesanal, passando pela produção em massa, tendo uma revolução com a *Lean Manufacturing*; ou Manufatura Enxuta, e já foram dados os próximos passos rumo à Indústria 4.0. Ao longo dessa caminhada, a indústria se viu diante de diversas mudanças culturais e estratégicas resultando em uma necessidade de adaptação frente a todas essas novas formas de manufatura, mudanças essas que muitas vezes foram influenciadas por questões políticas inclusive.

Dentre as mudanças mais significativas tem-se o *Lean Manufacturing*. De acordo com Womack, Jones e Ross (1992), o Lean foi influenciado por questões geopolíticas particulares da época logo após a 2ª Guerra Mundial, onde os grandes responsáveis foram Eiji Toyoda e Taiichi Ohno que revolucionaram a produção na *Toyota Motor Company* com o advento da cultura de agregar ao máximo valor ao cliente. Conforme é destacado por Yang e El-Haik (2008), na década de 1980 a *Motorola Inc.* desenvolveu a metodologia *6 Sigma*, a qual representou um avanço importantíssimo na área da Qualidade e que mais tarde foi aperfeiçoada pela *General Electric (GE)*. De acordo com Yang e El-Haik (2008), o *6 Sigma* não se resume a apenas a qualidade de produto, mas sim podendo se estender a todas as operações do negócio.

Logo se percebeu que tanto o *Lean* quanto o *6 Sigma* se complementavam, assim se adotou a metodologia *Lean 6 Sigma*, uma sinergia na qual tem um alto impacto dentro das indústrias devido ao fato de gerar um alto retorno financeiro em curto e médio prazo com o advento de duas consagradas metodologias existentes na atualidade.

É notável que o *Lean 6 Sigma* se tornou uma metodologia robusta que alavanca a competitividade da empresa e com a atual situação da economia no país, metodologias como essa resultam na sobrevivência da empresa no mercado e impulsionando para a liderança do setor inclusive.

Diante disso, o presente artigo se faz do uso das ferramentas envolvendo *Lean 6 Sigma* para a redução de perdas no processo de uma empresa fabricante de latas de aço para produtos químicos localizada em São Paulo para redução de R\$ 223.000,00 em custos relacionados a perdas de processo nas linhas de montagem na fábrica de São Paulo.

2. Revisão bibliográfica

2.1 Lean Manufacturing

O *Lean Manufacturing*, é um termo criado para caracterizar o sistema de produção mundialmente conhecido e que foi criado pelo Japão nos anos 1950. O contexto histórico no qual o Japão passava após a 2ª Guerra Mundial foi fundamental para a criação do ambiente ideal que resultaria no surgimento do *Lean Manufacturing*. De acordo com Corrêa e Corrêa (2012), na época os esforços na indústria se concentravam na reconstrução de um país devastado pela guerra e que foi impulsionado pelas políticas industriais do Ministério de Comércio Exterior e Indústria (MITI). Diante dessa afirmação, é possível observar um dos motivos que fizeram com que o *Lean* surgisse na indústria automotiva japonesa foi a necessidade de adaptação após eventos externos a própria indústria.

De acordo com Womack, Jones e Ross (1992), o sistema é descrito como enxuto devido a sua eficiência em utilizar uma quantidade menor de recursos em uma maneira geral. Ainda de acordo com Womack, Jones e Ross (1992), o termo *Lean* significa além de enxuto; sem gorduras ou mesmo desprovido de supérfluo. Sendo assim, é um sistema de produção mais ágil, mais flexível, inovador e mais adaptativo as mudanças no mercado. A diferença entre o *Lean* e outros sistemas de produção fica mais evidente na comparação no Quadro 1.

Quadro 1 – Comparação entre os sistemas de produção

| | <i>Produção Artesanal</i> | <i>Produção em massa</i> | <i>Produção Enxuta</i> |
|------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------|
| Mão de obra | Alta qualificação | Semi ou não qualificada | Multi-qualificada |
| Maquinário | Uso geral | Especializado | Flexível |
| Volume de produção | Baixo | Alto | Alto |
| Variedade dos produtos | Alta | Baixa | Alta |

Fonte: Adaptado de Womack, Jones e Ross (1992)

De acordo com Ohno (1997), o *Lean Manufacturing* tem como base a absoluta eliminação de desperdícios, *Just-in-Time* e Automação que é a automação com toque humano. A eliminação de desperdício é vista como base absoluta devido ao fato da redução de custo na aplicação do *Lean Manufacturing*.

2.2 Os sete desperdícios

O desperdício pode ser descrito como “qualquer atividade que consome recursos, mas não cria valor para o cliente” (Lean Enterprise Institute, 2016, p.24). Ainda de acordo com o

Lean Enterprise Institute (2016), as atividades que realmente agregam valor ao cliente são bem menores do que as que não agregam e dessa maneira o desafio reside em eliminar o máximo possível dessas atividades tidas como desperdícios. No *Lean* esses desperdícios são classificados em *Muda*, *Mura* e *Muri*, conforme o Quadro 2. A maioria dessas atividades que geram desperdício no processo são descritas como *Muda*.

Quadro 2 – Definição dos 3 Ms

| <i>Muri</i> | <i>Mura</i> | <i>Muda</i> | |
|--|--|--|---|
| | | <i>Tipo 1</i> | <i>Tipo 2</i> |
| É a sobrecarga de operação exigindo um ritmo mais intenso ou acelerado empregando mais esforço por um período maior de tempo | É a falta de regularidade em uma operação, como altos e baixos na programação causados não pela demanda do cliente final, mas pelo sistema de produção, ou ritmo de trabalho irregular em uma operação | É qualquer atividade que não cria valor para o cliente, mas é intrínseco do processo | É qualquer atividade que não cria valor para o cliente e que pode ser eliminado imediatamente |

Fonte: Adaptado de *Lean Enterprise Institute* (2016)

De forma análoga, os três Ms têm uma relação com os sete desperdícios, já que *Muda*; *Mura* e *Muri* resultam de certa forma nos mesmos. É fundamental que seja feita uma analogia entre os três Ms e suas consequências nos sete desperdícios. O Lean Manufacturing tem como base a identificação e eliminação dos 7 desperdícios existentes em uma produção e são descritos no Quadro 3.

Quadro 3 – Os setes desperdícios no *Lean*

| | |
|--------------------------------|--|
| Excesso de produção | Produzir além das necessidades do próximo processo ou cliente. É a pior forma de desperdício, pois contribui para a ocorrência dos outros seis. |
| Tempo de espera | Operadores esperando enquanto as máquinas operam, falhas no equipamento, peças necessárias que não chegam e etc. |
| Transporte | Movimentação desnecessária de produtos ou peças |
| Tempo de processamento | Realizar etapas desnecessárias ou incorretas, geralmente devido a equipamento ou projeto ruim |
| Estoque | Possuir estoques maiores que o mínimo necessário para um sistema puxado controlado precisamente |
| Movimentos | Operadores realizando movimentações desnecessárias, tais como procurar por ferramentas, peças, documentos e etc. |
| Problemas com qualidade | Inspeção, retrabalho e refugo |

Fonte: Adaptado de *Lean Enterprise Institute* (2016)

2.3 O 5S

O 5S pode ser definido como “cinco termos relacionados, começando com a letra S, que descrevem práticas para o ambiente de trabalho, úteis para a gestão visual e para a produção *lean*” (Lean Enterprise Institute, 2016, p.10). O 5S também pode ser definido que “não é somente um evento episódico de limpeza, mas uma nova maneira de conduzir a empresa com ganhos efetivos de produtividade” (Campos, 2014, p.225). Cada letra S representa uma prática diferente, conforme é destacado no Quadro 4, que deve ser adotada na fábrica para que todos os conceitos do *Lean* quanto do 6 *Sigma* surtam efeito.

Quadro 4 – Descrição dos termos que envolvem o 5S

| Termo em japonês | Termo em português | Definição |
|------------------|-------------------------|---|
| <i>Seiri</i> | Senso de Utilização | Separar os itens necessários dos desnecessários |
| <i>Seiton</i> | Senso de Organização | Definir um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar |
| <i>Seiso</i> | Senso de Limpeza | Limpar o local de trabalho |
| <i>Seiketsu</i> | Senso de Padronização | Padronização resultante do bom desempenho dos três primeiros Ss |
| <i>Shitsuke</i> | Senso de Autodisciplina | Disciplina para manter os quatro primeiros Ss |

Fonte: Adaptado do *Lean Enterprise Institute* (2016)

2.4 A cultura do Kaizen

O *kaizen* é definido como “melhoria contínua de um fluxo de valor inteiro ou um processo individual para criar mais valor com menos desperdício” (Lean Enterprise Institute, 2016, p.50). O *kaizen* também é definido como “um termo em japonês para melhoria ou mesmo melhoria de processo através de pequenos passos” (Munro et al., 2007, p.28). O termo *kaizen* também é definido como “uma melhoria gradual e interminável, fazendo pequenas coisas de forma melhor e assim definindo e alcançando padrões cada vez mais altos” (Kubiak; Benbow, 2009, p.336). A cultura do *kaizen* transcende o próprio ambiente profissional no Japão, e se aplica a vida pessoal das pessoas, o que resulta em uma facilidade maior no entendimento e aplicação da metodologia. De acordo com Pyzdek (2003), a cultura do *kaizen* no Japão não se limita apenas a vida profissional, mas a todos os aspectos da vida.

O *kaizen* pode ser dividido em dois grupos, o de sistema e de processo. De acordo com Rother e Shook (2012), o *kaizen* de sistema se concentra no fluxo de materiais e informações, por outro lado o *kaizen* de processo se concentra no fluxo de pessoas e processos. A divisão, conforme é destacado na Figura 4, se dá porque o *kaizen* de sistema é de responsabilidade da alta administração enquanto o de processo se foca na linha de frente da fábrica, composto

pelos colaboradores e supervisores por exemplo. Conforme é destacado por Kubiak e Benbow (2009), o *kaizen* é vantajoso, principalmente, quando:

- ✓ O prazo é limitado e as melhorias precisam ser implementadas logo;
- ✓ Projetos que são claramente definidos;
- ✓ Melhorias são facilmente identificadas, como excesso de desperdício.

2.5 O Value Stream Mapping

Uma das ferramentas mais conhecidas na gestão *Lean* é o *Value Stream Mapping* (VSM) na qual é identificado três tipos de fluxos, o de informação; material e processo, em uma ilustração de fácil entendimento por todos no processo. O VSM pode ser definido como “uma ferramenta que utiliza papel e lápis e o ajuda a enxergar e entender o fluxo de materiais e de informações na medida em que o produto segue o fluxo de valor.” (Rother; Shook, 2012, p.4). O VSM também pode ser definido como “diagrama simples de todas as etapas envolvidas nos fluxos de material e informação, necessárias para atender aos clientes do pedido à entrega.” (Lean Enterprise Institute, 2016, p.50).

O mapa do estado atual “segue o caminho de um produto, do pedido até a entrega, para determinar as condições atuais” (Lean Enterprise Institute, 2016, p.64). O primeiro passo é escolher uma família de produtos visto que o VSM conta com inúmeras informações qualitativas e quantitativas e, assim sendo, o alto número de produtos causaria em sua representação um difícil entendimento sobre o atual estado do processo.

O mapa do estado futuro “desdobra as oportunidades de melhorias identificadas pelo mapa do estado atual, para atingir um nível mais alto de desempenho em algum ponto no futuro” (Lean Enterprise Institute, 2016, p.64). O objetivo do mapa do estado futuro pode ser definido como “destacar as fontes de desperdícios e eliminá-las através da implementação de um fluxo de valor em um ‘estado futuro’ que pode se tornar uma realidade em um curto período de tempo” (Rother; Shook, 2012, p.57). O mapa do estado futuro, é a visão da qual se tem do processo após as ações de melhorias, criando um fluxo contínuo onde for possível ao longo do processo. De acordo com Rother e Shook (2012), a meta principal do mapa do estado futuro é criar um fluxo contínuo onde sejam fabricados os produtos na quantidade e no momento que os clientes precisam.

2.6 A metodologia 6 Sigma

O 6 Sigma é definido como “uma metodologia que provê aos negócios as ferramentas para melhorar a capacidade de seus processos” (Yang; El-Haik, 2008, p.23). De acordo com Yang e El-Haik (2008), seu início remete a década de 80 na *Motorola Inc.* e depois se tornou mundialmente conhecida após o então CEO da *General Eletric*, Jack Welch, tê-la transformado em uma metodologia fundamental para sua visão de negócios na empresa.

O objetivo do 6 Sigma é a redução de variabilidade e aumento do desempenho de um processo. De acordo com Yang e El-Haik (2008), esses pontos resultam em uma redução do número de defeitos e aumento dos ganhos, moral dos colaboradores, qualidade do produto e, conseqüentemente, a excelência dos negócios. De acordo com Yang e El-Haik (2008), o padrão 6 Sigma equivale a 3,4 defeito em um milhão de unidades. Dessa maneira, o 6 Sigma busca alta confiabilidade e baixa variabilidade nos processos e quanto maior o nível Sigma do processo, menor será a taxa de defeitos.

2.7 O método DMAICR

A metodologia 6 Sigma utiliza o método DMAICR para a resolução dos problemas encontrados no projeto, conforme é demonstrado no Quadro 5.

Quadro 5 – Descrição do método DMAICR para projetos 6 sigma

| | |
|------------------|---|
| <i>Define</i> | Definição clara e precisa do problema que será analisado pela equipe |
| <i>Measure</i> | Coleta e validação dos dados que serão usados no projeto |
| <i>Analyze</i> | Análise tanto quantitativa quanto qualitativa dos dados obtidos no <i>Measure</i> |
| <i>Improve</i> | Aplicação das melhorias propostas pela equipe do projeto |
| <i>Control</i> | Garantir que a meta seja mantida a longo prazo |
| <i>Replicate</i> | Replicar as melhorias para outras áreas quando for possível |

Fonte: Adaptado de Mccarty et al. (2004)

De acordo com Munro et al. (2007), diversas ferramentas podem ser usadas ao longo da fase DMAICR para a resolução dos problemas encontrados ao longo do projeto 6 sigma. Em outras palavras, não existe uma regra rígida com relação as ferramentas e métodos utilizados em cada etapa, mas existem algumas sugestões que visam validar com mais robustez o projeto em si, por exemplo a análise do sistema de medição (MSA) antes de realizar uma análise de capacidade utilizando o CEP.

2.8 Ferramentas de mapeamento e análise

A metodologia 6 *Sigma* utiliza diversas ferramentas para mapeamento do processo e análise da causa raiz de um ou mais problemas ao longo das fases do projeto, principalmente na fase *Analyze*. Diante disso, será listado as ferramentas de análise usadas no projeto representadas no Quadro 6.

Quadro 6 – Ferramentas de mapeamento e análise para o projeto

| Ferramenta | Descrição |
|--------------------------------|--|
| Fluxograma | Ferramenta de mapeamento que mostra as entradas, ações e saídas de um processo de uma forma gráfica. |
| Boxplot | Ferramenta de análise de dois ou mais grupos para informar a localização, extensão e forma dos dados. Apresenta os dados com máximo, mínimo, mediana e identifica os <i>outliers</i> . |
| Histograma | Gráfico de análise que mostra a frequência de valores por meios de barras. |
| Pareto | Gráfico de análise que identifica os principais defeitos em função da causa. A ferramenta é baseada na regra do 80/20, onde 80% dos problemas são relacionados com 20% das causas. |
| 5 Why | Método quantitativo de análise onde são feitas perguntas correlacionadas sobre a causa raiz do problema em análise. A resposta da primeira pergunta se torna a segunda pergunta e assim por diante, geralmente até se chegar em cinco respostas. |
| 5W2H | Método quantitativo de análise onde a causa raiz é identificada pela descrição de Quem (<i>Who</i>), O que (<i>What</i>), Onde (<i>Where</i>), Quando (<i>When</i>), Como (<i>How</i>) e Quanto (<i>How Much</i>). |
| Diagrama causa e efeito | Ferramenta quantitativa de análise, também chamada de Diagrama de Ishikawa, onde são identificados como seis causas (Máquina, Material, Mão de Obra, Método, Meio Ambiente e Medição) resultam em um determinado efeito. |
| Matriz causa e efeito | Com os dados do Diagrama de Ishikawa, é feito uma atribuição de valores das causas sob o(s) efeito(s) de forma arbitrária pela equipe do projeto. O resultado é apresentado em um Gráfico de Pareto. |

Fonte: Adaptado de Munro et al. (2007)

2.9 Análise do sistema de medição (MSA) e Controle Estatístico de Processo (CEP)

É de conhecimento geral que o processo de produção apresenta uma certa variação e que algumas vezes essa variação, seja por quaisquer motivos, pode fazer com que seja fabricado produtos fora do especificado pelo cliente. Para monitorar essa variação são feitos diversos testes no processo de produção, seja antes ou mesmo no final da linha de montagem, com o objetivo de identificar essas variações e impedir que processos subsequentes, ou mesmo o cliente final, recebam produtos com alguma não conformidade. Para tal monitoramento, geralmente é utilizado instrumentos de medição.

Contudo, a variação também existe na medição e pode se manifestar em diferentes aspectos. De acordo com Munro *et al.* (2007) as variações na medição se dão devido calibração dos instrumentos, estabilidade, repetibilidade, reprodutibilidade, linearidade e BIAS. Dessa forma, o projeto 6 Sigma precisa garantir, geralmente antes da fase do *Measure*, que o sistema de medição é válido e para tal existe uma ferramenta chamada *Measurement System Analysis* (MSA), ou traduzido como Análise do Sistema de Medição. O objetivo do MSA é definido como “verificar se o sistema de medição produz dados válidos, antes da equipe realizar decisões baseadas nesses dados” (MCCARTY *et al.*, 2004, p.368). Vale ressaltar que o sistema de medição não é apenas composto pelo instrumento de medição, mas por todo um conjunto de itens que o compõe. De acordo com Kubiak e Benbow (2009) os itens chave do sistema de medição são instrumento de medição, operador, procedimento de medição e o ambiente da medição. Os principais itens que compõe o MSA são expostos no Quadro 7.

Quadro 7 – Termos e fórmulas que envolvem o MSA.

| Termo | Descrição | Fórmula |
|--------------------------|--|--|
| Repetibilidade | Varição da medição usando o mesmo operador, método, peça e equipamento | $\sigma_{\varepsilon} = \frac{\bar{R}}{d_2}$ |
| Reprodutibilidade | Varição da medição com diferentes operadores e equipamento, mas com as mesmas peças e método | $\sigma_{\sigma} = \sqrt{\left(5.15 \frac{R_o}{d_2}\right)^2 - \frac{(5.15\sigma_{\varepsilon})^2}{nr}}$ |
| Índice %R&R | Percentual de erro do sistema de medição baseado na Repetibilidade e Reprodutibilidade | $\sigma_{SM}^2 = \sigma_{RPT}^2 + \sigma_{RPD}^2$ |

Fonte: Adaptado de Pyzdek (2003)

A função do CEP é monitorar o processo por meio de gráficos de controle que permitem a visualização quando o processo começa ou mesmo está fora de controle. Outro ponto que vale ser destacado é que processo sob controle do CEP possuem uma variação de 3σ . De acordo com Munro *et al.* (2007), os limites superior e inferior dos gráficos de controle ficam a 3σ da média. De acordo com Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018), o CEP monitora o resultado de diversas amostras ao longo do tempo. O uso do CEP acarreta diversas vantagens e permite a identificação das causas especiais agindo no processo. De acordo com Munro *et al.* (2007), as principais vantagens para o uso do CEP vão desde determinar a capacidade do processo, validar melhorias implementadas e até mesmo melhorar o design de um produto. Para o uso do CEP, são usadas as fórmulas em mencionadas no Quadro 8.

Quadro 8 – Fórmulas e termos usados no CEP

| Termo | Fórmula |
|--|---|
| Média da população | $\bar{X} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_m}{m}$ |
| Amplitude média | $\bar{R} = \frac{\bar{R}_1 + \bar{R}_2 + \dots + \bar{R}_m}{m}$ |
| Limite Superior de Controle (LSC) da média | $LSC = \bar{X} + A_2\bar{R}$ |
| Limite Inferior de Controle (LIC) da média | $LIC = \bar{X} - A_2\bar{R}$ |
| Limite Superior de Controle (LSC) da amplitude | $LSC = D_4\bar{R}$ |
| Limite Inferior de Controle (LIC) da amplitude | $LIC = D_3\bar{R}$ |

Fonte: Adaptado de Munro *et al.* (2007)

2.10 A relação do Lean com o 6 Sigma

O *Lean Manufacturing* tem como foco a redução de desperdícios no processo e geração de valor ao cliente final, enquanto o 6 Sigma tem como foco a redução de variabilidade no processo e que de certa forma também gera valor ao cliente final com a redução de peças não conforme na produção. De acordo com Kubiak e Benbow (2009), o 6 Sigma foca na redução de variabilidade e aprimora o controle do processo enquanto o Lean tem como objetivo a eliminação dos desperdícios, padronização e criação do fluxo no processo. Dessa forma, é possível observar que ambas as metodologias possuem uma sinergia alta e as mesmas se complementam por sempre buscar a geração de valor ao cliente final. Fica nítido que o Lean possui ferramentas mais conceituais enquanto o 6 Sigma opera com ferramentas com viés mais estatístico. Pode-se entender que os projetos que utilizam o Lean

junto com o 6 Sigma possuem um alto impacto na empresa porque as melhorias são propostas com base em conceitos conhecidos, como o *Kaizen* e o *JIT*, e os resultados são obtidos através de ferramentas com fundamento estatístico, como C_p e C_{pk} , que garantem uma validação precisa da análise e resolução dos problemas observados.

De acordo com Mccarty *et al.* (2004), as duas ferramentas possuem vantagens e desvantagens, contudo ambas possuem diferentes perspectivas para a implementação das melhorias. De acordo com Pyzdek (2003), o Lean oferece soluções sem haver a necessidade da presença de um *Black Belt*. De forma análoga Pyzdek (2003) destaca que, existem casos que o *Lean* não funciona devido a variabilidade do processo e outros problemas, sendo que o *6 Sigma* ajuda a identificar uma ou mais possíveis causas raiz. Diante disso, o *Lean 6 Sigma* como ficou conhecido, se tornou uma metodologia que une o melhor de dois mundos e que possui uma alta aplicabilidade na indústria com o uso de ferramentas e conceitos consolidados no mercado. O *Lean 6 Sigma* existe porque “não é uma escolha de Seis *Sigma* ou *Lean*, é Seis *Sigma* e *Lean*.” (Pzydek, 2003, p.723).

3. Método Proposto

O projeto se caracteriza por uma pesquisa aplicada porque o objetivo é gerar experiência com aplicação prática direcionado a solução de um problema característico da empresa em estudo. Do ponto de vista do objetivo, a pesquisa se caracteriza como explicativa devido ao fato de identificar as causas dos problemas por meio da análise dos diversos fatores envolvidos. Tendo em vista que o problema é complexo e exige uma abordagem holística, será adotado um caráter de estudo de caso no que diz respeito aos procedimentos técnicos devido ao fato que o problema descrito no projeto possui diversas causas que ainda são desconhecidas e por esse motivo a pesquisa tem caráter quantitativo e qualitativo no que tange a abordagem do problema visto que as ferramentas e técnicas utilizadas são amplas e se encontram em ambas as abordagens.

O trabalho será realizado na unidade de São Paulo da empresa em questão e o foco será inicialmente em uma das quatro linhas de produção. Como as linhas possuem uma morfologia semelhante, a possibilidade de replicar as melhorias é alta. O trabalho terá o foco em melhorias no chão de fábrica, sendo que a parte gerencial não será tratada devido a questões internas e pelo próprio tempo de desenvolvimento do projeto.

Questões relacionadas a estratégia da empresa e bem como determinados valores relacionados aos produtos e operações não serão tratados por serem dados sigilosos da

empresa. O trabalho buscará um aumento dos ganhos da empresa com a aplicação da metodologia DMAICR, onde será feito o uso de ferramentas ligadas ao Lean Manufacturing e 6 Sigma. Ferramentas essas que são Value Stream Mapping (VSM), SIPOC, CEP, Fluxograma, Ishikawa, Pareto, Measurement System Analysis (MSA), Boxplot e entre outras.

4. Resultados

A empresa em estudo fica localizada na cidade de São Paulo, e fabrica latas de aço para produtos químicos. O foco da empresa consiste, como já foi mencionado anteriormente, na produção de latas de aço para produtos químicos. A empresa possui seis filiais espalhadas pelo Brasil, sendo uma empresa de caráter nacional. É uma empresa antiga no mercado de latas de produtos químicos e que possui ISO 9001:2015, além de possuir o ERP SAP e Sistema MES. A planta de São Paulo possui área de litografia e montagem. O foco do estudo será na área da montagem em São Paulo devido uma maior acessibilidade aos dados.

4.1 Descrição do produto

As latas de produtos químicos são fabricadas em quatro linhas de montagem denominadas como linha de montagem 1, 2, 3 e 4. O produto final é de certa forma simples, contando com uma folha de aço chamada de *blank*, fundo e o domo da lata. Em resumo, o processo de montagem de uma lata pode ser descrito na seguinte ordem:

- a) Cortar folhas litografadas/envernizadas em blanks;
- b) Soldar os *blanks*;
- c) Aplicar verniz na parte interna e/ou externa do tubo soldado;
- d) Os tubos já soldados são pestanhados;
- e) Os tubos pestanhados são recravados com o domo e o fundo;
- f) As latas montadas são testadas no final da linha.

Mais adiante será descrito o processo em detalhes na fase *Define* do projeto. Ao longo do processo são descritos os termos pestana e recravar. A pestana é uma leve deformação que é feita em torno de ambas as extremidades do tubo soldado antes do processo de recravação. A recravação é a conformação do domo ou fundo na região da pestana e que garante principalmente que a lata não possua vazamento nessas regiões. Vale ressaltar que as latas não são envasadas com nenhum tipo de produto nas linhas de montagem. Ao final da linha de montagem, as latas são paletizadas para serem levadas a expedição.

4.2 Fase Define

O foco do projeto 6 Sigma será em torno da redução do percentual de perdas das linhas de montagem de produtos químicos na planta de São Paulo da empresa. O índice de perdas representa um importante indicador para a empresa devido ao processo de montagem da lata. As latas de aerossol que são montadas em São Paulo possuem uma recuperação por retrabalho muito baixa, ou seja, se a lata apresentar algum tipo de problema geralmente é descartada. Além disso, como em quase todos os processos, as perdas de processo aumentam os custos de produção e diminuem os ganhos da empresa. Esse índice de perda é vital para a empresa visto que o ramo de embalagens metálicas de produtos químicos é muito competitivo com diversos concorrentes fabricando os mesmos rótulos de latas para os mesmos clientes. A análise do índice de perda foi realizada nas duas linhas de montagem de apresentam o maior volume de produção, a Linha 3 e a Linha 4, contudo o problema também é observado na Linha 1 e Linha 2 que fabricam produtos para o mesmo mercado de produtos químicos.

Sendo assim, foi feito um levantamento de dados baseados nos apontamentos de produção do ERP SAP relacionando-os ao volume de material abastecido e ao volume produzido de latas nas Linhas 3 e 4, e dessa forma verificou-se que as perdas nas linhas de montagem superavam a meta estipulada pela diretoria da empresa, que é 2%, em quase todos os últimos seis meses no ano de 2018, conforme é demonstrado na Figura 1.

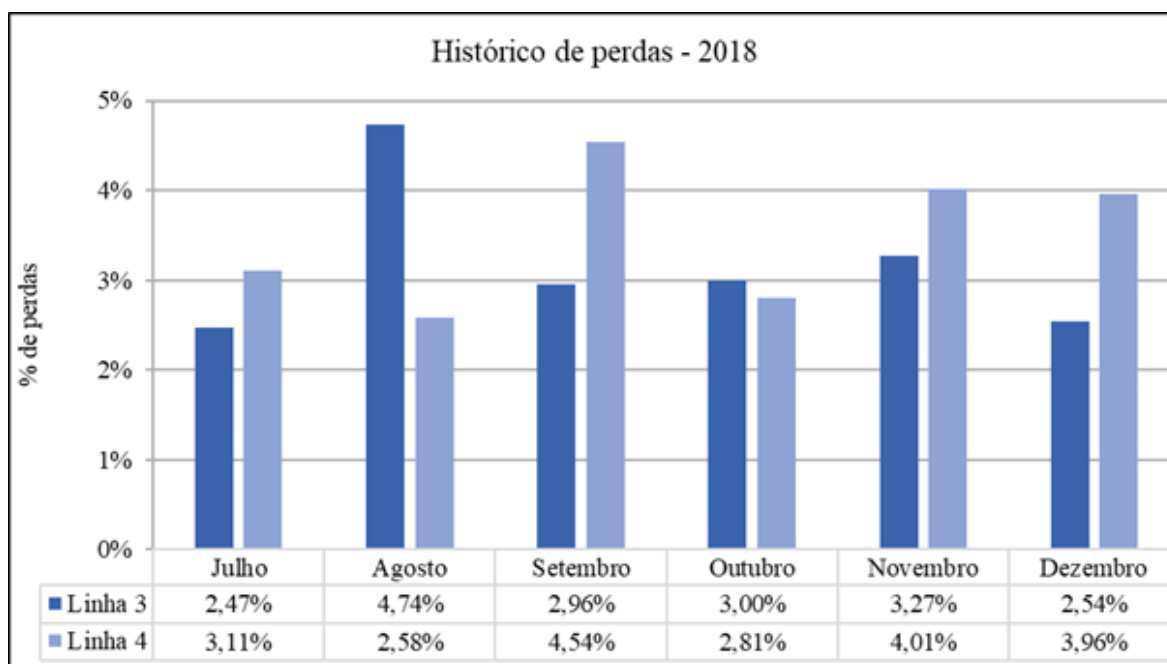


Figura 1 – Histórico de perdas em 2018 na linha 3 e linha 4
Fonte: Autores (2020)

Para se ter uma noção do valor perdido, foi coletado junto com o departamento financeiro o custo de produção por rótulo de cada lata que passou em ambas as linhas durante esse período. Por ser uma informação sigilosa, esses valores não serão divulgados em sua totalidade, contudo foi feita uma média com os custos de cada lata das duas linhas no período analisado e se chegou à quantia de R\$ 0,73/lata para que fosse representado o custo das perdas nesse estudo de caso. Diante do total perdido em ambas as linhas ao longo desse período de seis meses em 2018, obtêm-se o valor de R\$ 744.193,39, aproximadamente, em custos relacionados as perdas. Por motivos internos da empresa relacionados a sua estratégia de mercado, não serão divulgados dados mais cruciais a respeito do volume produzido, contudo a linha que apresenta o maior percentual do volume produzido dos últimos seis meses de 2018 seria o foco desse trabalho e dessa forma a Linha 3, que é responsável por 40,12% do total produzido em 2018 de latas de produtos químicos na fábrica de São Paulo entre as quatro linhas de montagem, será analisada ao longo do trabalho.

Essa linha produz dois tipos de latas de produtos químicos com dimensões diferentes. Ambos os tipos de produtos são os que possuem a maior gama de rótulos que a empresa disponibiliza aos seus clientes. O produto A representa um total de 52,36% da produção no 2º semestre de 2018 e o produto B representa 47,64% no mesmo período na linha de montagem em estudo, sendo assim foi definido que será analisado o produto A na Linha 3. Foi definido que a meta de redução do índice de perda era de 30% na Linha 3. Dito isso, a economia de custos giraria em torno de R\$ 223.258,02 com base no valor aproximado das perdas da Linha 3 no 2º semestre de 2018. Essa economia representa uma importante questão estratégica da empresa para que a mesma possua um preço competitivo no mercado de latas de produtos químicos.

Foi elaborado o VSM, conforme é demonstrado na Figura 2, com base em dados apontados no ERP SAP da empresa do período dos últimos seis meses, inclusive o mesmo para a análise do índice de perdas na Linha 3. O VSM está englobando todas as etapas de produção da lata de produto químico desde do processo de corte até a expedição, sendo que o foco do projeto 6 Sigma está destacado na imagem com dados sobre perdas e retrabalho. Em relação ao VSM, é importante ressaltar alguns pontos importantes do fluxo. Os estoques da litografia e corte estão em unidades de folhas, mas para a representação no VSM foram convertidos para número de latas porque cada folha é igual 20 latas para a montagem. O processo é do tipo empurrado, ou seja, o PCP envia a programação para cada setor e cada máquina individualmente e após a produção existe estoque acumulado entre os setores.

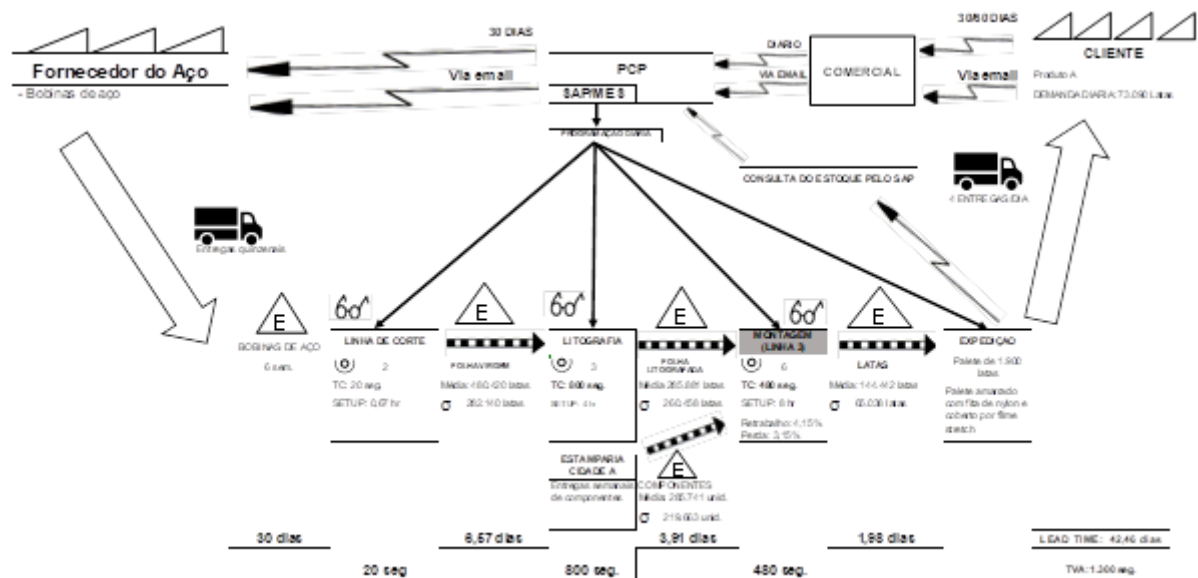


Figura 2 – VSM da empresa em estudo
Fonte: Autores (2020)

Todos os processos possuem algum ajuste chamado de “vá ver”, que é representado por um óculos no VSM, e indica que a supervisão do setor tende a informar ao PCP o material no estoque fixo para confronto com o estoque no SAP e assim o PCP programa a linha para produzir uma quantidade X de latas ou folhas. O desvio padrão de cada estoque é alto porque a produção tem oscilado bastante visto que o 2º semestre de 2018 foi ano eleitoral no Brasil e isso acaba influenciando de certa forma as empresas, e também por conta de mudanças na estratégia da empresa e sua atuação no mercado de latas. Todos esses pontos levaram a produção para altos e baixos ao longo desse período. Os estoques foram calculados com base no volume de produção feito em cada setor para o produto A no 2º semestre de 2018.

Vale ressaltar que o processo do corte atende tanto o produto A quanto o produto B na Linha 3, já que o mesmo produz folhas virgens que serão litografadas em seguida, e somente após a litografia é identificado qual o produto que será montado na linha. Isso justifica o alto número do estoque intermediário da linha de corte, sendo que é impossível separar por produto porque é feito uma transferência de depósito do SAP onde todas as folhas aguardam para serem litografadas. Outro ponto a ser destacado é que a Linha 3 possui seis operadores, porém somente um deles é responsável por ajustar ou mesmo realizar o setup na linha. Os demais operadores são responsáveis por tesoura e aplicação de verniz, abastecimento de máquina, processo de paletização no final da linha e controles de qualidade, como o posto da

inspeção visual da lata acabada e o teste de vazamento. O takt time do processo de montagem, que é o foco do projeto, é obtido através da fórmula:

$$\text{Takt Time} = 75.600/73.090 = 1,03 \text{ segundos}$$

A Linha 3 opera com três turnos, com intervalo para refeição, e opera com velocidade de 7.875 latas/hora, que equivale a três latas por segundo. Essa capacidade é referente a velocidade da soldadora, que trabalha com uma eficiência de aproximadamente 70%. A partir do VSM, foi elaborado o fluxograma da Linha 3, conforme é destacado na Figura 3, de uma maneira mais resumida devido que algumas informações do processo possam vir a ser utilizadas pela concorrência.

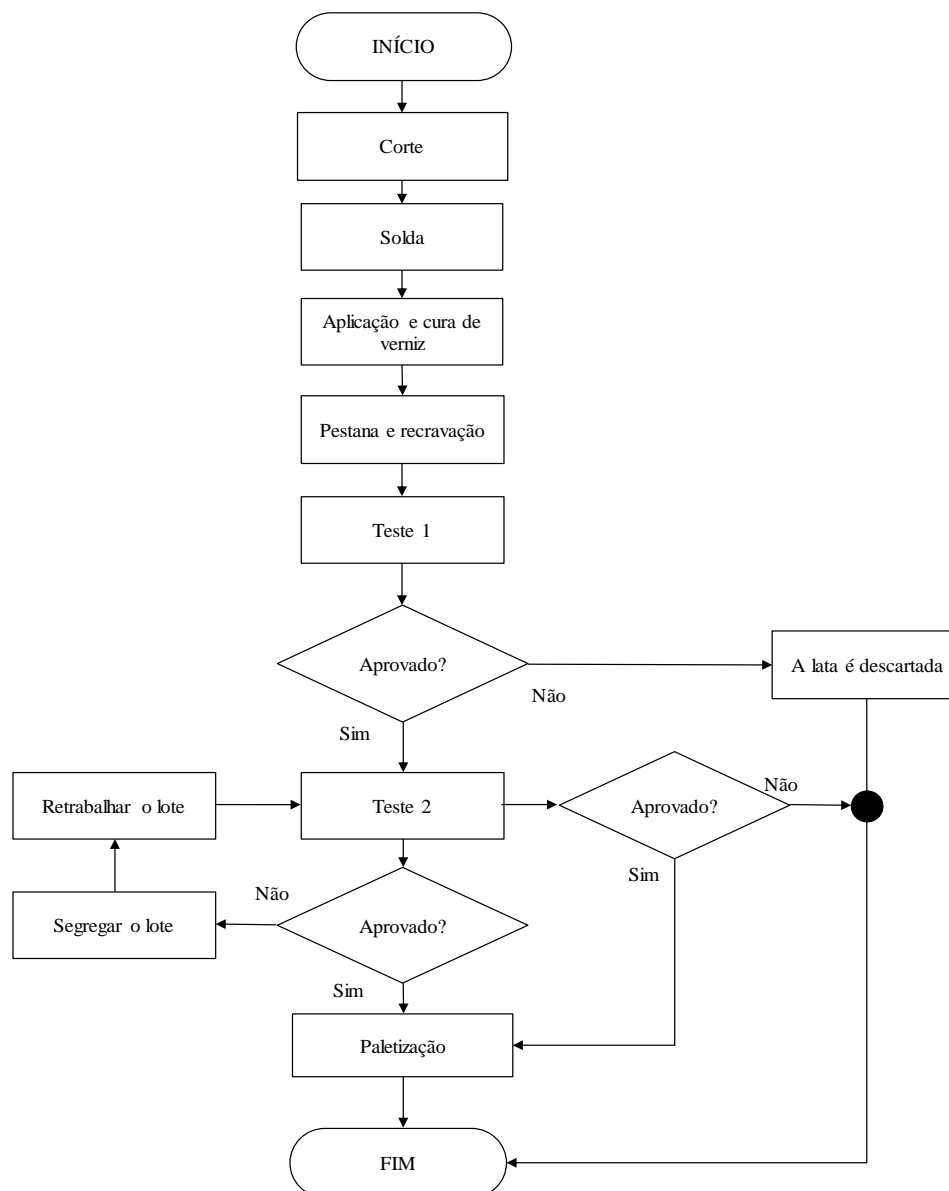


Figura 3 – Fluxograma do processo de montagem da empresa
Fonte: Autores (2020)

4.3 Fase Measure

Foi decidido que para uma análise mais profunda sobre o real motivo do alto índice de perda na Linha 3 deveria ser feita uma coleta de dados em relação aos produtos rejeitados em determinados pontos na Linha 3, pontos esses que são mais críticos. Para essa coleta de dados, foi estipulado um prazo de um mês onde um colaborador, designado exclusivamente para essa função, deveria observar o número de produtos descartados em caixas dispostas nesses pontos críticos de perda. Essa coleta foi feita ao longo dos três turnos no qual a fábrica opera e com o uso de três colaboradores para a tarefa. Após a coleta de um mês de dados, foram elaborados gráficos de Pareto das perdas por equipamento em cada turno. Primeiro será apresentado o gráfico que engloba os dados de todos os turnos, Figura 4, e depois será separado por turno, destacado nas Figuras 5, 6 e 7 respectivamente.

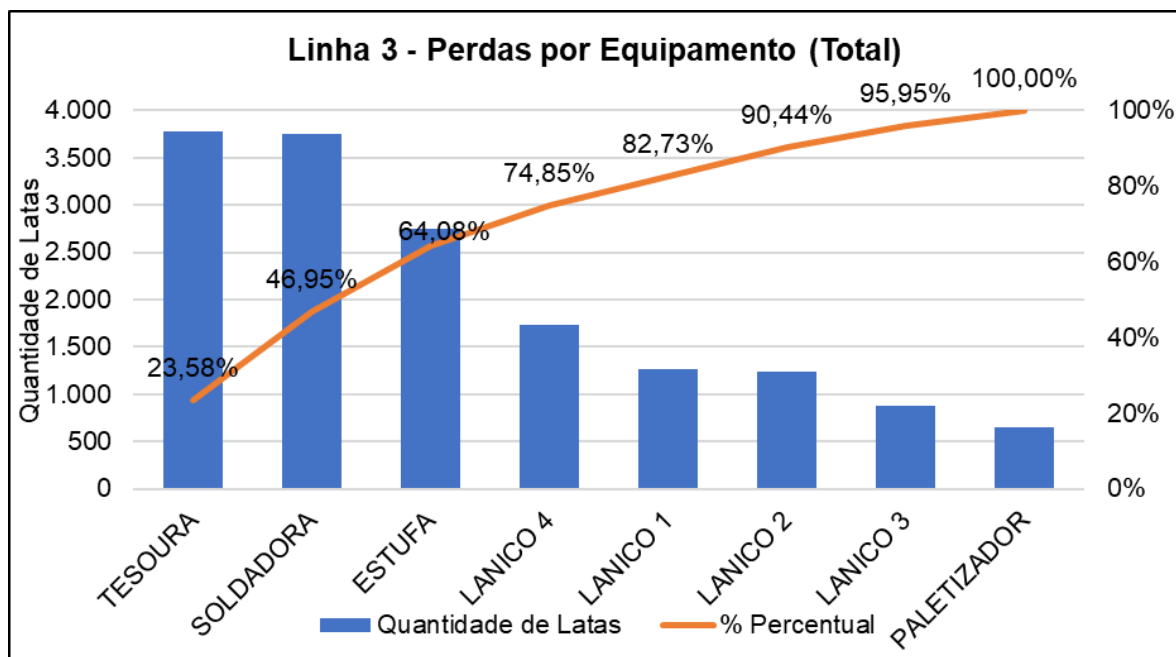


Figura 4 – Perdas de processo por equipamento em todos os turnos

Fonte: Autores (2020)

Os gráficos mostram uma tendência muito forte de perda na tesoura de corte e na soldadora em todos os turnos, o que é preocupante visto que ambos são processos críticos na montagem da lata e esse alto índice de perda em relação aos outros processos pode estar evidenciando algum tipo de problema com qual esteja presente nas máquinas, contudo o mais preocupante é o alto índice de refugo na tesoura de corte visto que o processo produtivo em estudo depende exclusivamente que os blanks estejam dentro das especificações de projeto ou isso resultará em perdas no processo seguintes, como a soldadora. Diante desse dado, é

possível observar uma forte tendência de que algo não está operando conforme o planejado na tesoura de corte. Diante desse fato, foi necessário incluir na análise os principais motivos do retrabalho da Linha 3 no 2º semestre de 2018.

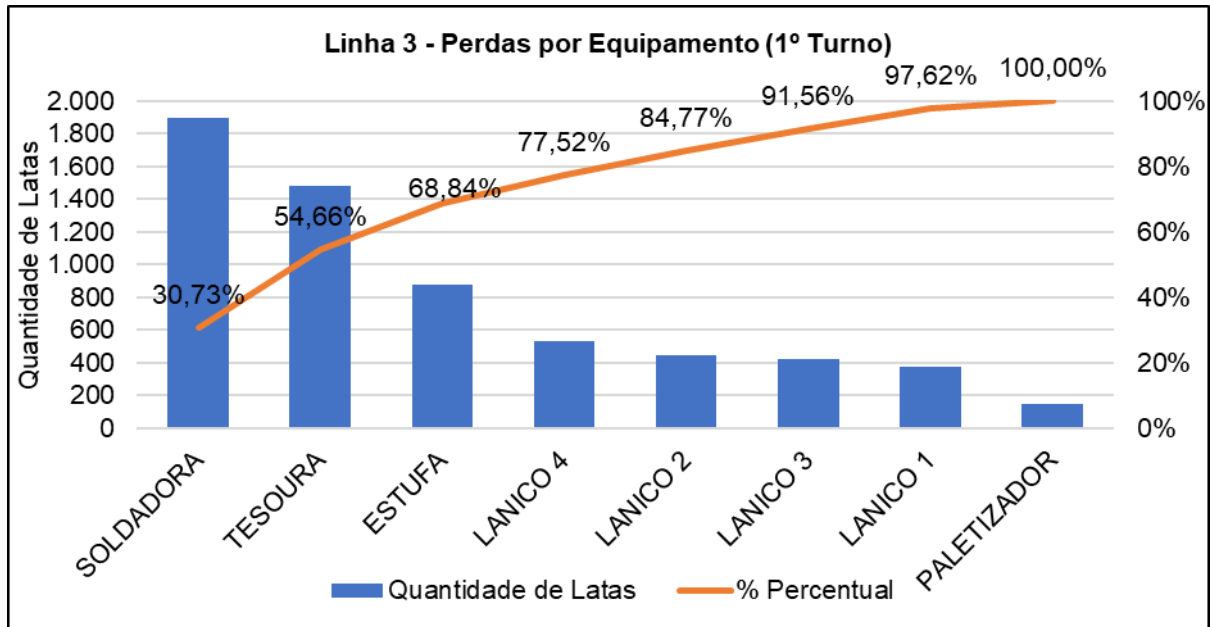


Figura 5 – Perdas de processo por equipamento no 1º turno
 Fonte: Autores (2020)

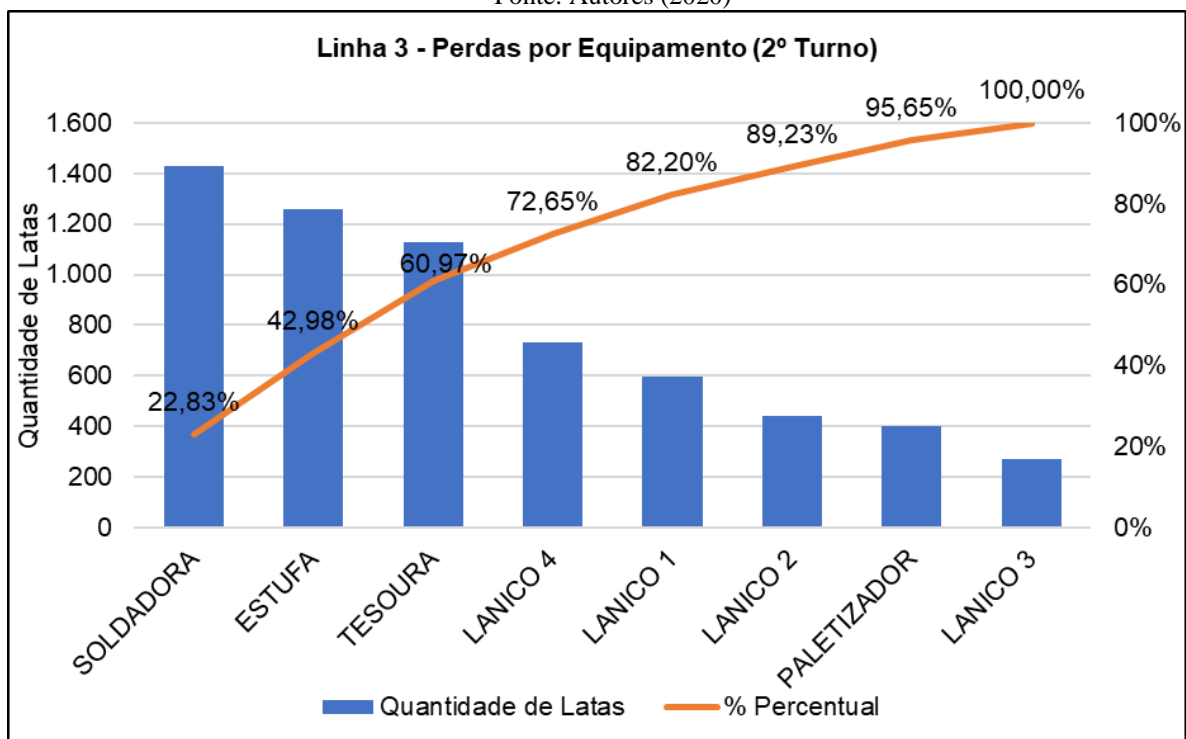


Figura 6 – Perdas de processo por equipamento no 2º turno
 Fonte: Autores (2020)

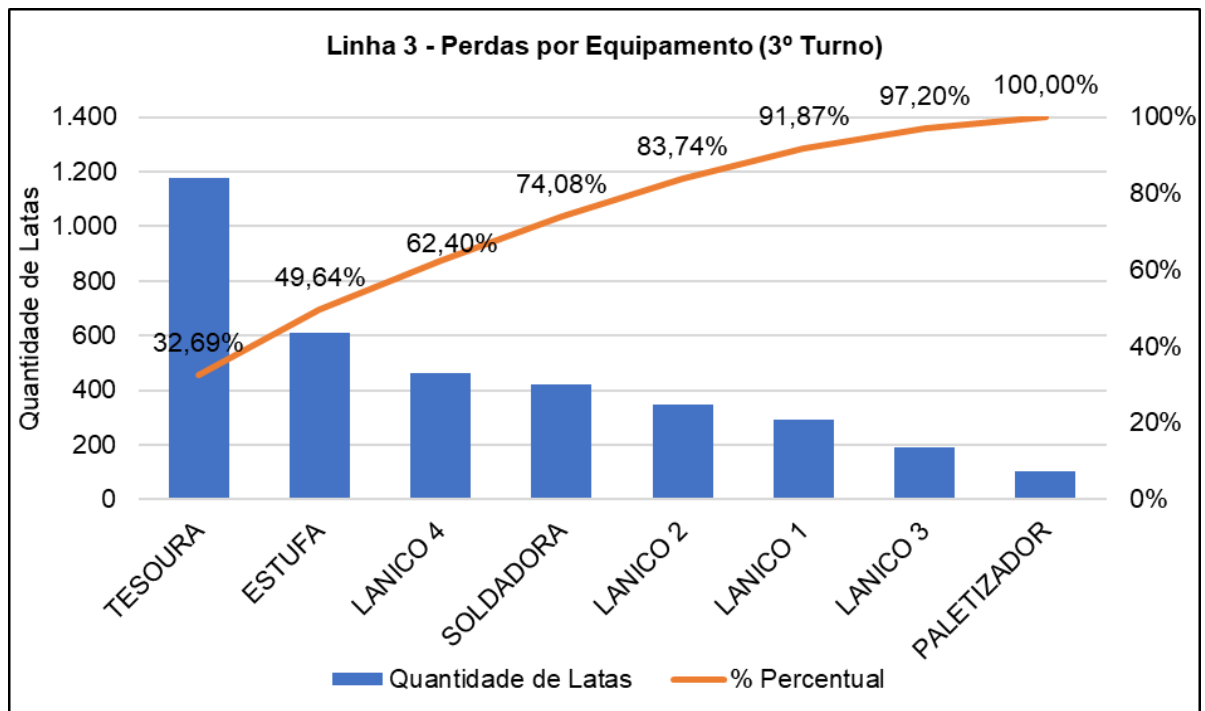


Figura 7 – Perdas de processo por equipamento no 3º turno
Fonte: Autores (2020)

O índice de retrabalho é um dado de muita importância para a análise dos possíveis problemas na Linha 3 que estão acarretando o alto índice de perda observado no período. Por exemplo, altos índices de vazamento nas latas indicam algum problema no corte, solda ou mesmo recravação da lata e, diante disso, no próprio retrabalho podem ser descartadas latas por tipo de problema visto que não possuem nenhum tipo de recuperação.

Para essa análise foi coletado dados do SAP onde existe um registro de quais lotes, rótulo e bem como a quantidade dos produtos que foram segregados em determinado período. Com esses dados, foi feito um acompanhamento diário de quais lotes foram segregados no dia anterior, bem como por qual motivo e qual a linha que o problema aconteceu. Todos esses dados foram armazenados em uma planilha do Microsoft Excel. Esses dados já vinham sendo computados desde o mês de Abril de 2018 e a base de dados da Linha 3 para o produto A foi usada para a elaboração do gráfico na Figura 8.

Na verdade, boa parte dos problemas apresentados na Figura 8 resultam no descarte das latas. É importante salientar que nem todos os produtos segregados são descartados, o termo segregado para o processo em estudo significa que o lote apresentou algum tipo de

problema no qual foi necessário à sua separação em uma área, tanto física quanto em depósito próprio no SAP, para que fosse feita uma vistoria completa do lote em si.

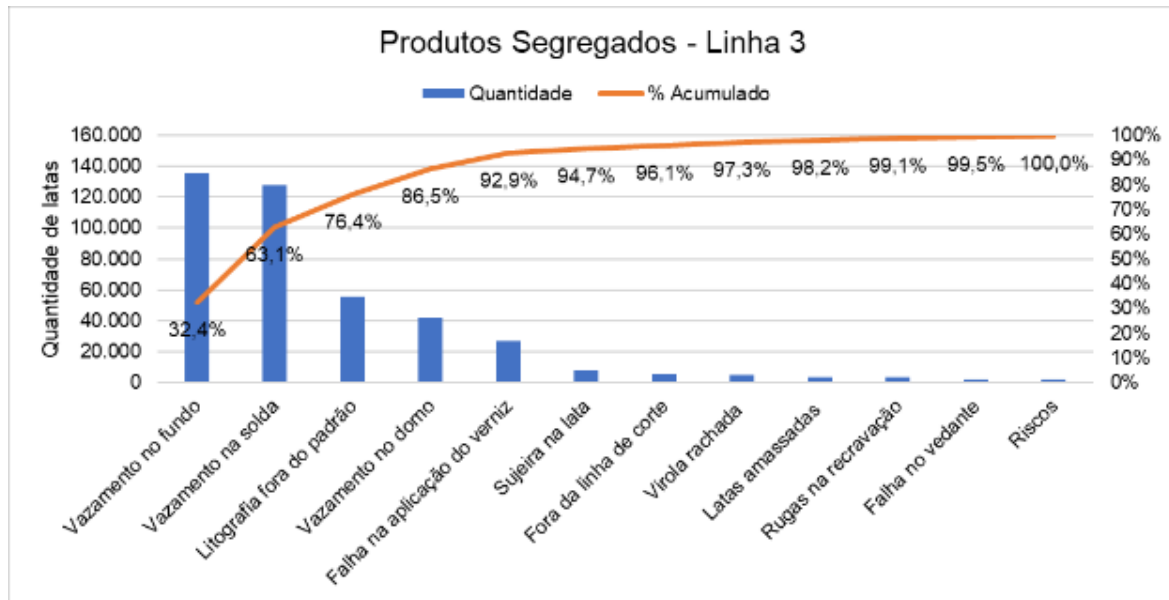


Figura 8 – Causas de retrabalho dos produtos na linha 3 no 2º semestre de 2018

Fonte: Autores (2020)

Ainda em relação a Figura 8, é possível observar que os dois principais problemas que são vazamentos nas latas, sejam na solda ou mesmo no fundo, tem um grande impacto no índice de retrabalho e em relação aos gráficos de perda por equipamento, apresentados anteriormente e que indicavam índices maiores de perda na tesoura de corte e soldadora, contribuem para que o foco do projeto para redução de perda seja voltado à tesoura de corte e soldadora. Por exemplo, o desenvolvimento do *blank* tem uma relação direta com o vazamento na lata porque se trata da largura da folha já cortada, ou seja, caso a largura da folha cortada esteja abaixo do especificado, a mesma pode não resultar em uma solda com qualidade e as chances de vazamento na lata aumentam substancialmente.

Diante do alto número de latas com vazamento, tanto na solda quanto na recravação, a equipe optou por começar a analisar o processo desde o começo, ou seja, planejar uma coleta de dados para a tesoura de corte. A tesoura na Linha 3 realiza um dos processos mais críticos da linha, onde uma chapa litografada é cortada em *blanks*. Quando as medições dos *blanks* seja de altura ou desenvolvimento (largura) estão fora do especificado, as chances de ocorrer algum vazamento na lata aumentam significativamente. Contudo, antes de iniciar a coleta de dados foi necessário realizar o MSA do sistema de medição que viria a ser utilizado, conforme é destacado na Figura 9.

É possível observar uma melhora significativa do sistema de medição, que inclusive está com o %R&R em 9%, e que atende as avaliações seguintes com o uso do CEP, *Boxplot* e entre outras ferramentas de análise que precisem de medições feitas na mesa de medição. Para as demais análises foram usadas amostras dos operadores B ou C, que são do controle de qualidade e tem mais experiência no uso do equipamento de medição, que foi confirmado com o MSA devido o gráfico *R Chart* possuir apenas uma variação entre os operadores A e D. Além disso, os demais gráficos demonstram que existe uma variação entre as peças mais significativa do que entre os operadores.

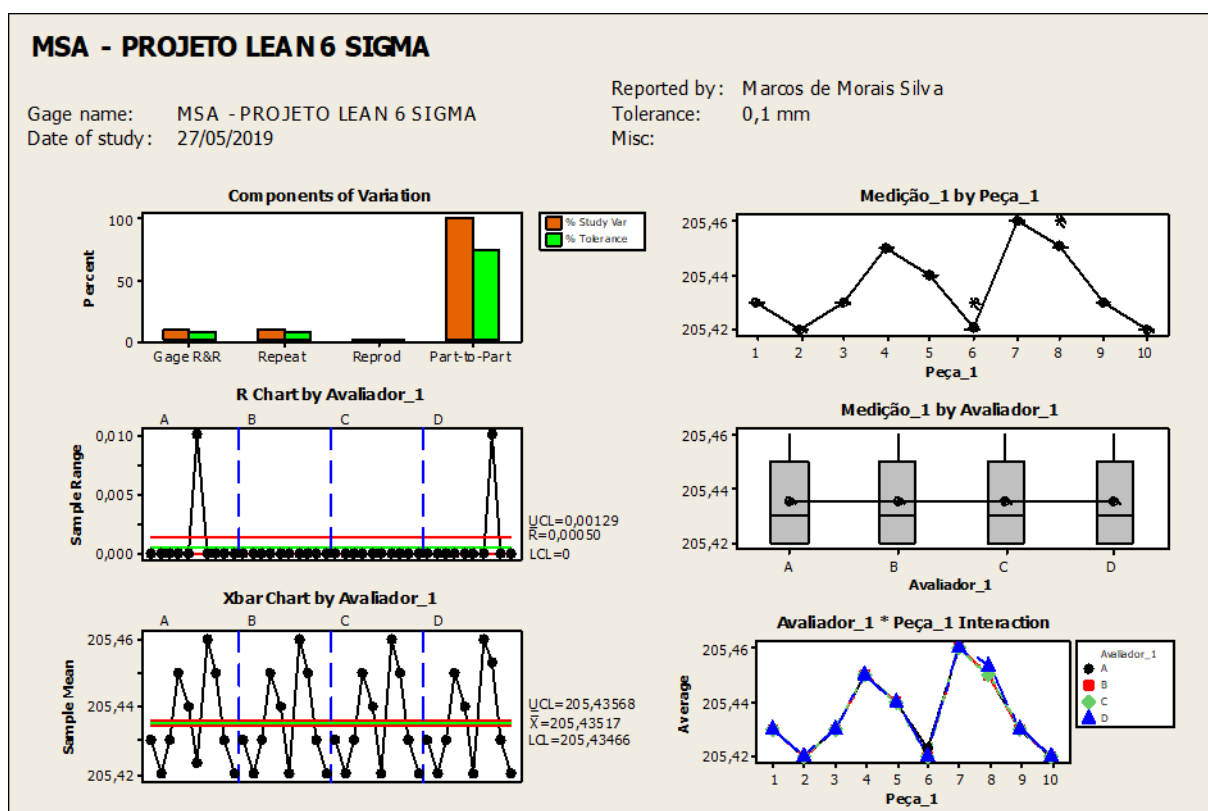


Figura 9 – MSA do sistema de medição utilizado no projeto
Fonte: Autores (2020)

4.4 Fase Analyze

Foi iniciado uma análise por meio da carta de controle, tanto para altura quanto desenvolvimento, para determinar a existência ou não de causas comuns e/ou especiais agindo no processo. Para efeito prático, será tratado apenas uma das gavetas da máquina, onde são quatro no total, e a demonstrada no artigo foi a que estava em pior estado.

Com relação à altura da gaveta 4, referente a Figura 10, observa-se pelo gráfico Xbar que o processo não está sob controle estatístico, aonde todos os pontos acusam anomalias, do

ponto 01 ao 07 e do 09 ao 15, todos estão acima dos limites de controle (superior e inferior) e o ponto 08, indica oito pontos consecutivos tanto para cima, quanto para baixo de um desvio padrão da linha central. Ainda em relação ao ponto 08, nota-se que há uma inversão no processo. Analisando o gráfico R fica evidente que realmente o processo está fora de controle, devido aos pontos 05 e 08 estarem acima do limite superior de controle e também se observa que há altíssima variabilidade no processo, $>0,3\text{mm}$, o que resulta na produção de inúmeros itens defeituosos, pois a variabilidade permitida do processo é de apenas $0,2\text{mm}$.

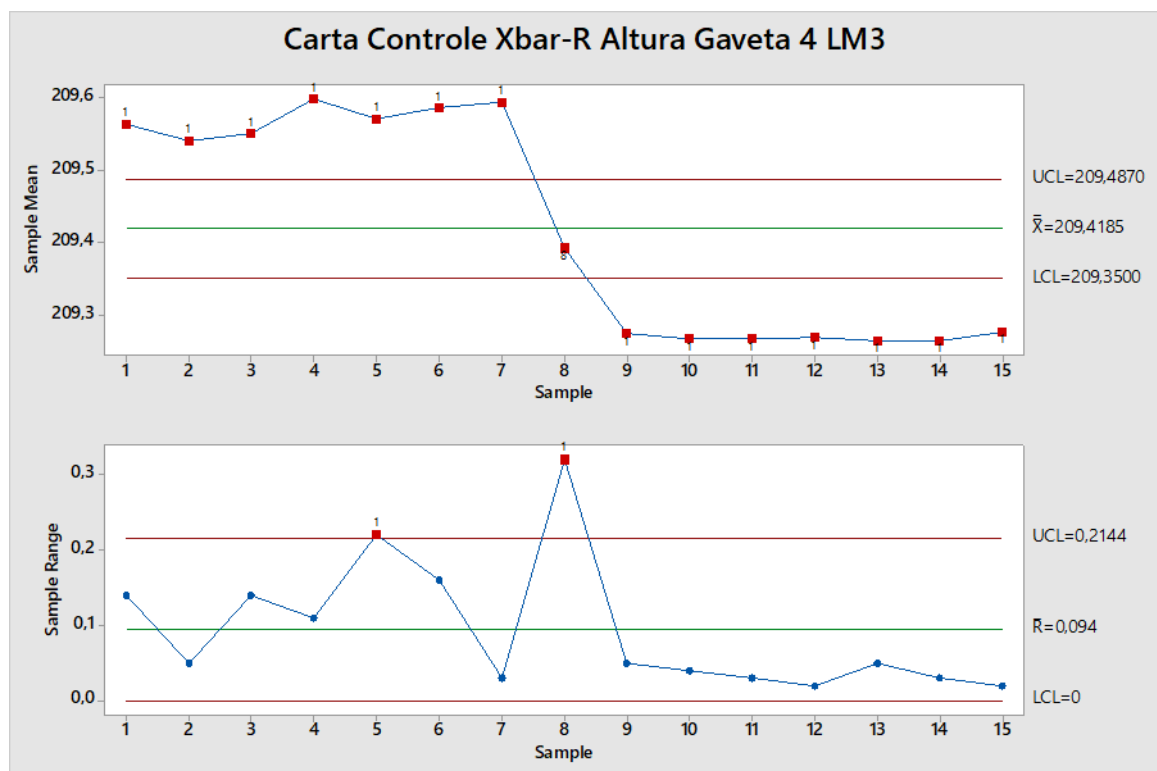


Figura 10 – Carta de controle da gaveta 4 em relação à altura
Fonte: Autores (2020)

Já no desenvolvimento da gaveta 4, representado pela Figura 11, observa-se que o processo também está fora de controlado ao se observar o gráfico Xbar, o qual apresenta um ponto, 01, acima do limite superior de controle e um ponto, 13, que representa mais de quatro pontos consecutivos acima de um desvio padrão para baixo. Já o gráfico R está sobre controle e apresenta uma alta variabilidade, $>0,07\text{mm}$, porém aceitável das amostras.

De acordo com as Figuras 10 e 11, conclui-se que a gaveta 4 da tesoura de corte está fora de controle estatístico, e é a gaveta que apresenta os resultados mais preocupantes. Com base nos dados analisados nas gavetas da tesoura, pode-se concluir que a máquina não apresenta o desempenho esperado e em função disso foi realizado uma intervenção corretiva

para que as medidas estivessem dentro dos limites de especificação. Essa intervenção foi realizada pelos mecânicos presentes na linha e após uma nova coleta de dados, com a devida validação, foi feita uma nova análise da gaveta 4, que apresentou uma considerável melhora.

Na Figura 12 observa-se que a variabilidade dos dados da altura referente a gaveta 4 reduziu drasticamente. A média amostral reduziu de 209,42 mm para 209,30 mm, a qual é a nominal em que o processo foi parametrizado para operar. O desvio padrão, parâmetro que dimensiona a dispersão do processo, reduziu de 0,16 mm para 0,06 mm.

Na Figura 13 observa-se que a variabilidade dos dados da altura referente a gaveta 4 reduziu drasticamente. A média amostral reduziu de 209,42 mm para 209,30 mm, a qual é a nominal em que o processo foi parametrizado para operar. O desvio padrão, parâmetro que dimensiona a dispersão do processo, reduziu de 0,16 mm para 0,06 mm. Também pode-se estimar com 95% de confiança que a média do processo poderá variar de 209,28 mm até 209,31 mm. Tal intervalo está bom para operação, visto que os limites de especificação do processo são, LIE: 209,20 mm e LSE: 209,40 mm. Para melhor visualização do efeito da intervenção na gaveta 4 também foi gerado o gráfico *boxplot*, como representado na Figura 14.

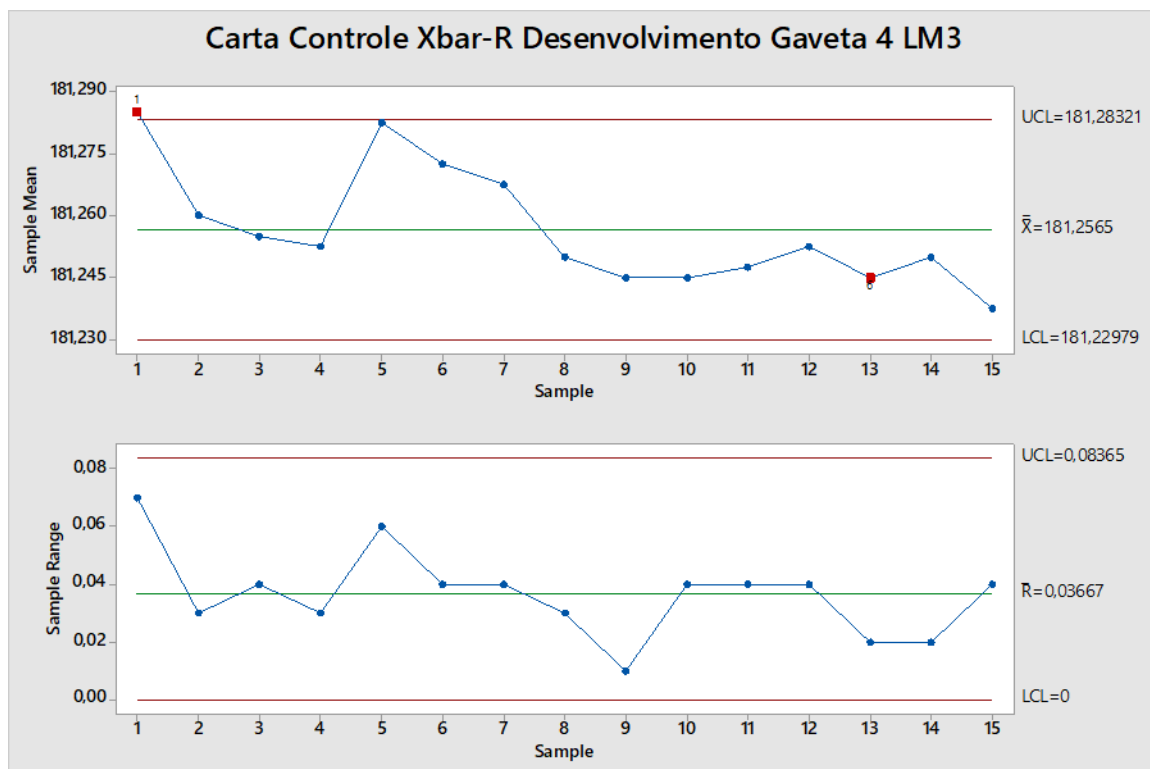


Figura 11 – Carta de controle da gaveta 4 em relação ao desenvolvimento
Fonte: Autores (2020)

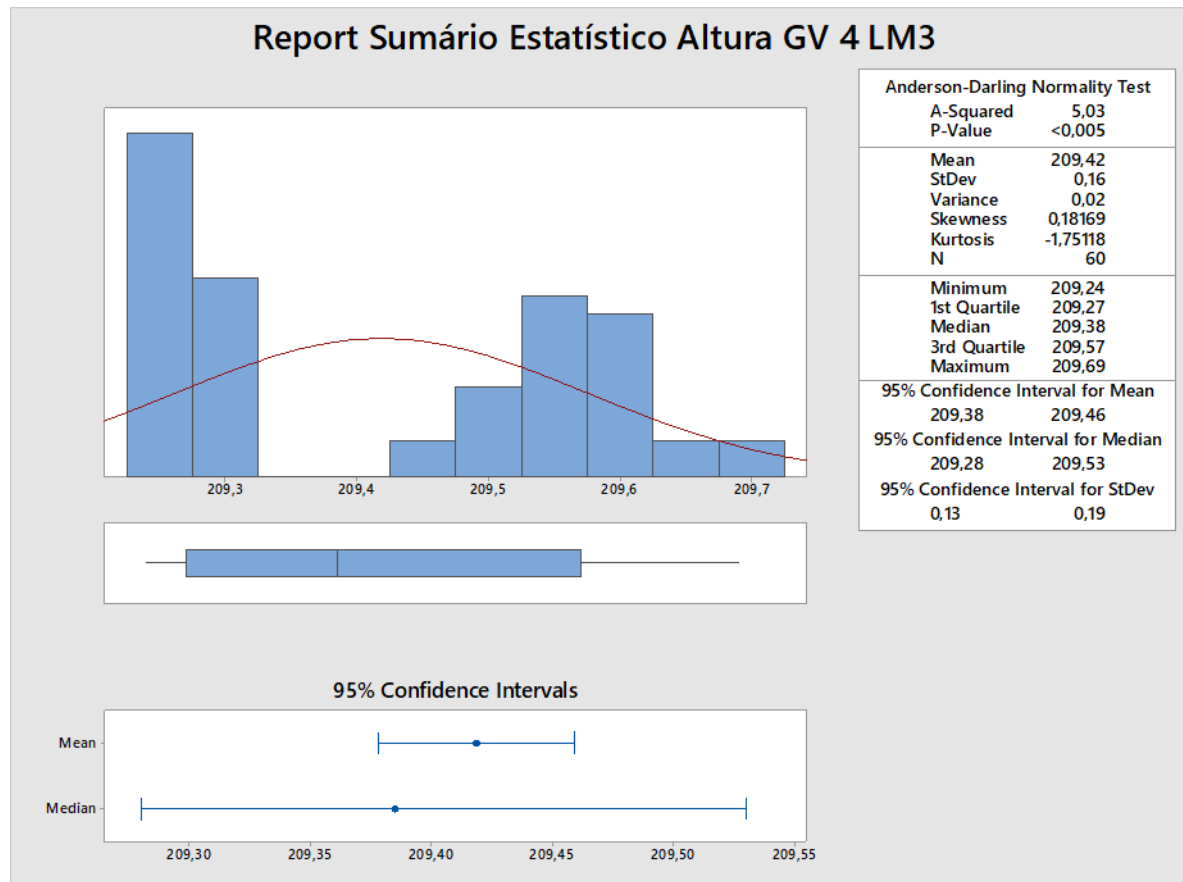


Figura 12 – Sumário estatístico antes da intervenção corretiva
Fonte: Autores (2020)

Após a análise das amostras de *blanks* cortados na tesoura, e equipe se reuniu e levantou pontos que podem influenciar esses comportamentos apresentados no CEP em todas as gavetas. Os pontos levantados foram colocados no diagrama de causa e efeito, apresentado na Figura 15.

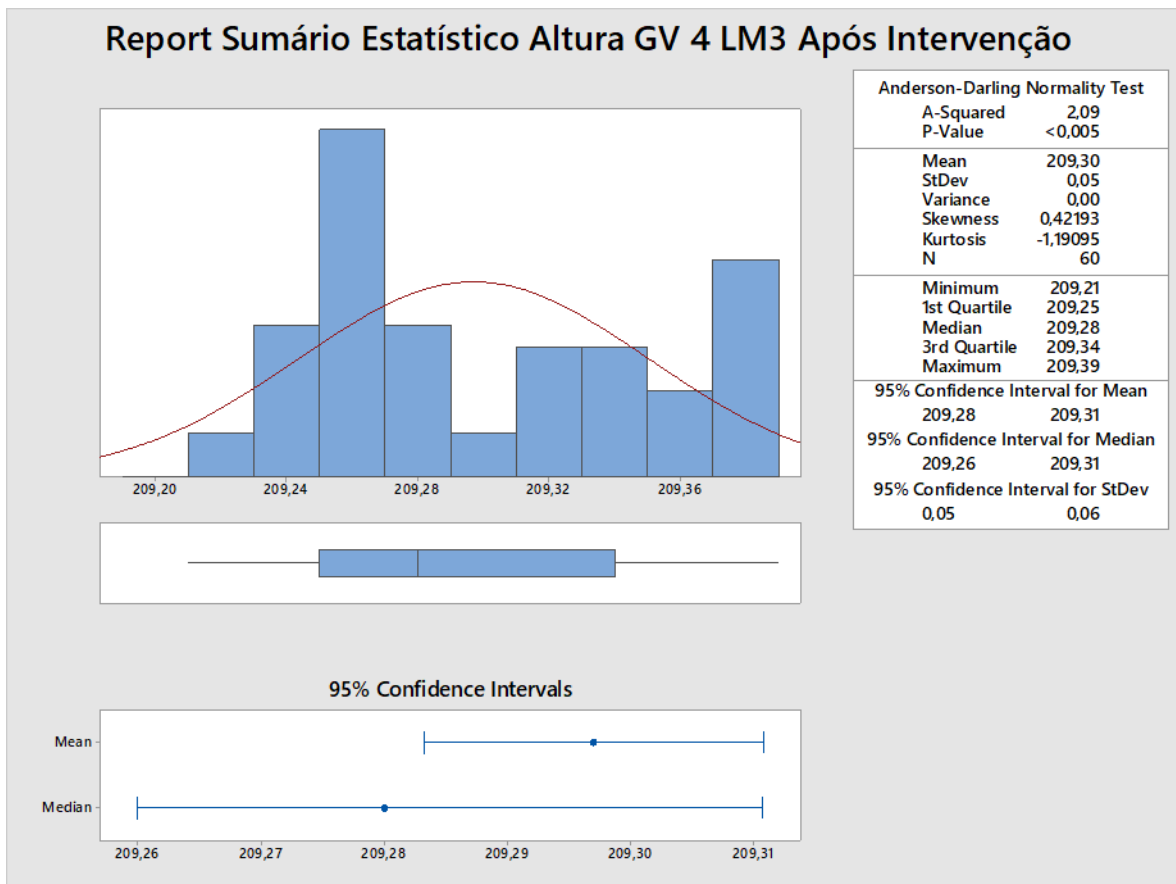


Figura 13 – Sumário estatístico após a intervenção corretiva
 Fonte: Autores (2020)

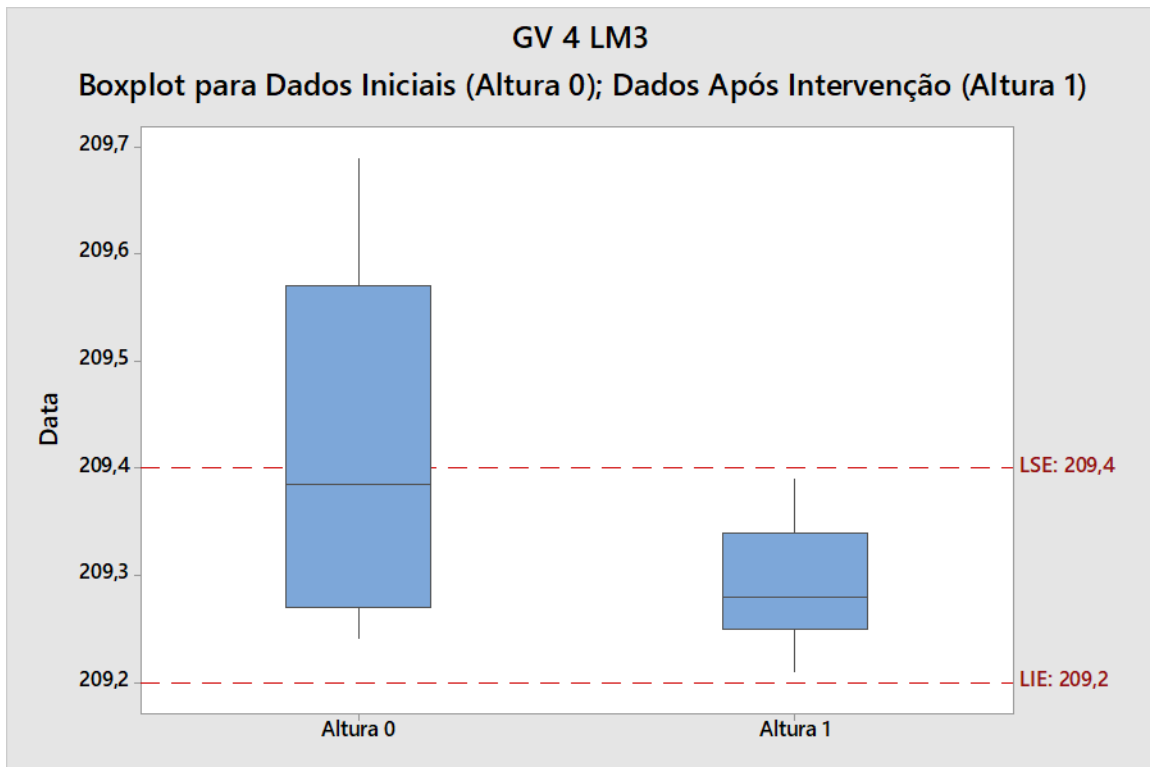


Figura 14 – *Boxplot* comparativo da altura antes (0) e depois (1) da intervenção corretiva
 Fonte: Autores (2020)

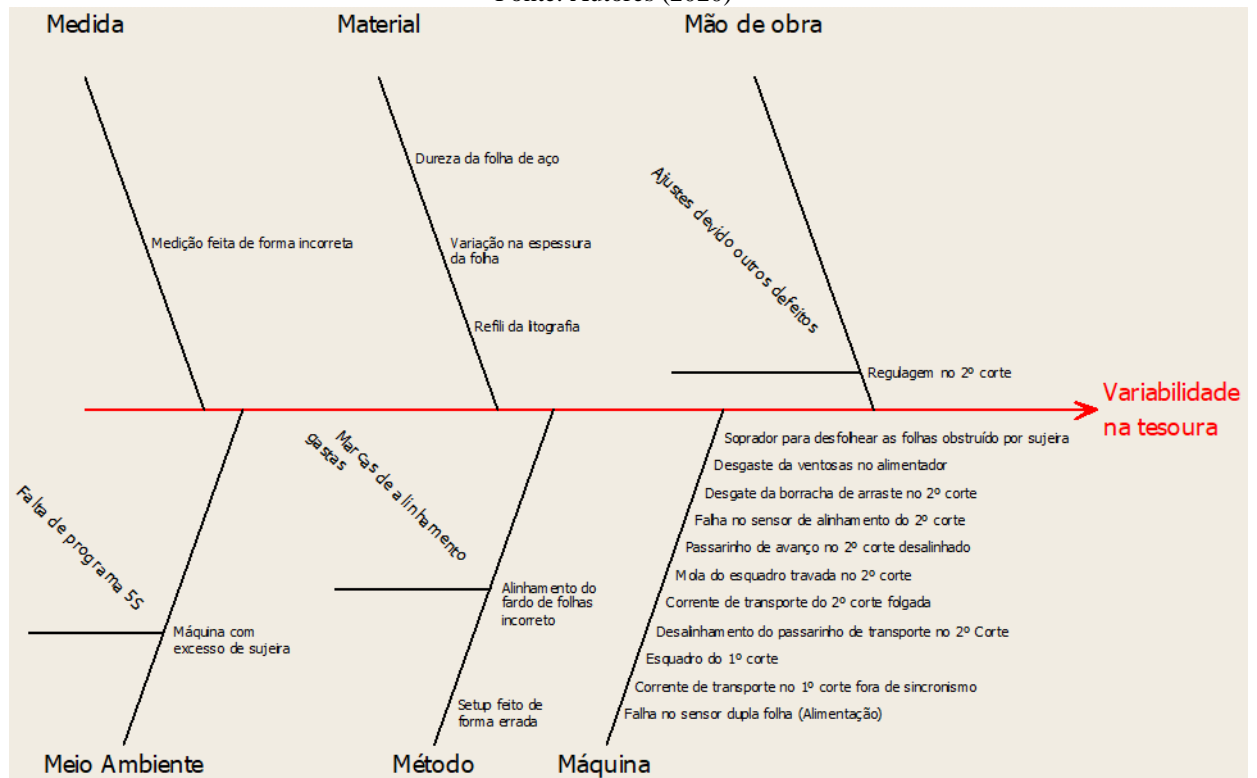


Figura 16 – Diagrama causa e efeito da tesoura
 Fonte: Autores (2020)

Já com o diagrama de causa e efeito pronto, foi feito uma matriz causa e efeito, apresentada na Figura 16, com o objetivo de priorizar o problema que pode estar influenciando de forma mais incisiva o corte na tesoura.

| Entrada (x) | Saída (y) | | | | | TOTAL |
|--|--------------------|--------------------|------------------------|-------------------|--------|-------|
| | Vazamento no fundo | Vazamento na solda | Fora da linha de corte | Vazamento no domo | Riscos | |
| | 9 | 9 | 5 | 9 | 5 | |
| Falha no sensor dupla folha (Alimentação) | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 111 |
| Corrente de transporte no 1º corte fora de sincronismo | 5 | 3 | 5 | 5 | 0 | 142 |
| Esquadro do 1º corte | 9 | 3 | 5 | 9 | 0 | 214 |
| Desalinhamento do passarinho de transporte no 2º Corte | 5 | 3 | 9 | 3 | 0 | 144 |
| Corrente de transporte do 2º corte folgada | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 96 |
| Mola do esquadro travada no 2º corte | 5 | 5 | 3 | 3 | 0 | 132 |
| Passarinho de avanço no 2º corte desalinhado | 9 | 5 | 9 | 9 | 0 | 252 |
| Falha no sensor de alinhamento do 2º corte | 9 | 5 | 3 | 9 | 0 | 222 |
| Desgaste da borracha de arraste no 2º corte | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 | 303 |
| Desgaste da ventosas no alimentador | 3 | 0 | 3 | 0 | 3 | 57 |
| Soprador para desfolhear as folhas obstruído por sujeira | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 30 |
| Regulagem no 2º corte | 9 | 9 | 9 | 9 | 0 | 288 |
| Máquina com excesso de sujeira | 3 | 3 | 0 | 3 | 9 | 126 |
| Ajustes devido outros defeitos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Falha de programa 5S | 5 | 5 | 3 | 5 | 9 | 195 |
| Medição feita de forma incorreta | 5 | 5 | 5 | 5 | 0 | 160 |
| Dureza da folha de aço | 3 | 3 | 0 | 3 | 0 | 81 |
| Variação na espessura da folha | 3 | 3 | 0 | 3 | 0 | 81 |
| Refili da litografia | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Setup feito de forma errada | 9 | 9 | 9 | 9 | 0 | 288 |
| Alinhamento do fardo de folhas incorreto | 3 | 3 | 9 | 3 | 5 | 151 |
| Marcas de alinhamento gastas | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Figura 16 – Matriz causa e efeito da tesoura
 Fonte: Autores (2020)

A partir da matriz causa e efeito é possível determinar a principal causa a partir do gráfico de Pareto, apresentado na Figura 17, onde o desgaste na borracha de arraste no 2º corte e regulagem no 2º corte foram as principais causas apontadas como determinantes para os principais defeitos analisados que geram as perdas na tesoura e consequentemente na linha de montagem.

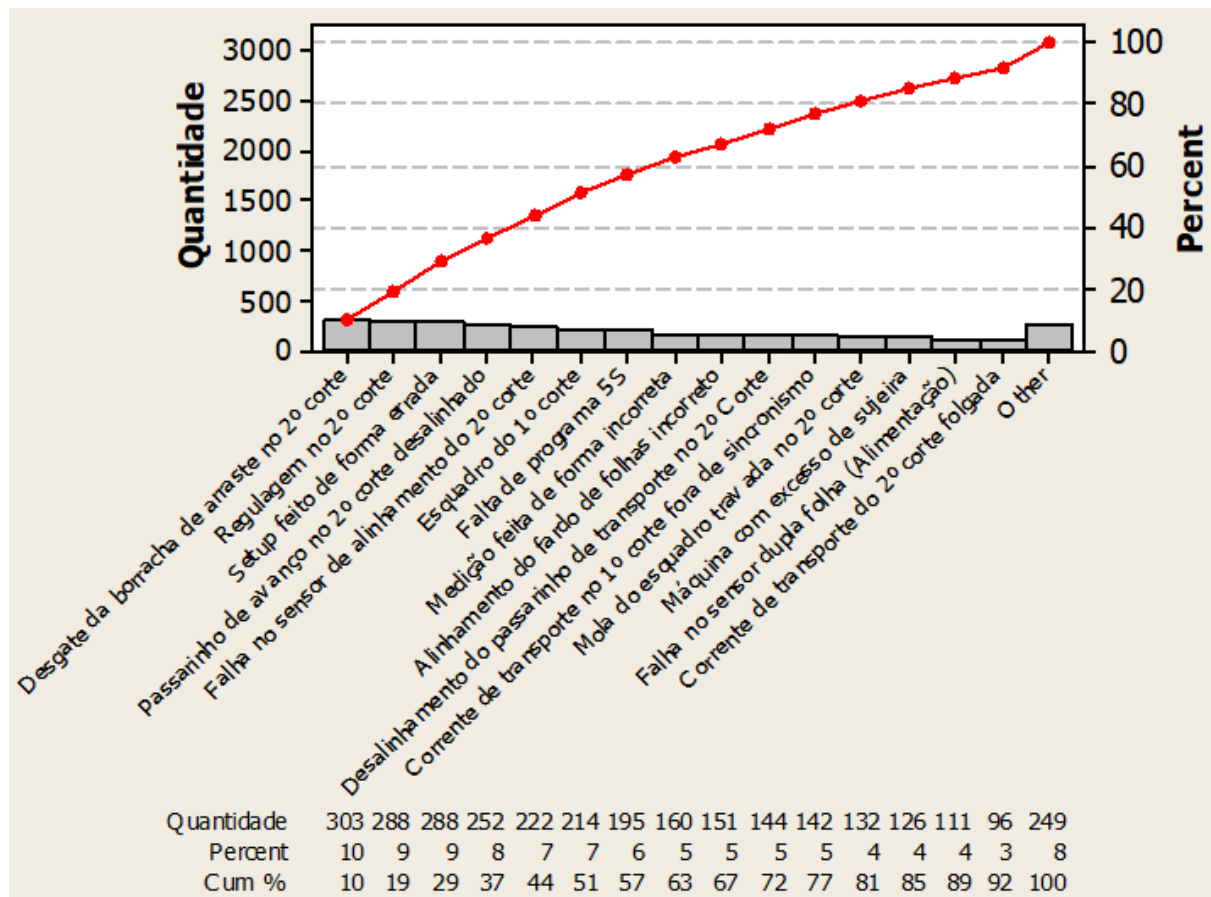


Figura 17 – Gráfico de Pareto sobre os resultados da matriz causa e efeito
Fonte: Autores (2020)

De acordo com o gráfico de Pareto ilustrado na Figura 17, a principal causa apontada pela equipe é um desgaste na borracha de arraste no 2º corte seguido de regulagem no 2º corte da tesoura, ambos totalizando os 20% no Pareto. Tendo sido levantado o problema de desgaste na borracha de arraste, foi feita uma verificação visual na máquina para avaliar os componentes mais críticos e comparar com os pontos levantados e que revelou um problema crítico na tesoura que poderá levar o blanks a uma não conformidade, resultando em vazamento na lata inclusive, que foi o estado da borracha de arraste na gaveta 4, a mesma que apresentou a maior variabilidade nos gráficos de CEP. Conforme é mostrado na Figura 18, a

borracha de arraste no 2º corte apresenta um estado de desgaste acentuado e que prejudica o 2º corte da tesoura, que é a altura do *blank*.



Figura 18 – Borracha de arraste da tesoura na linha 3
Fonte: Autores (2020)

A borracha de arraste é responsável por garantir uma maior estabilidade no corte da folha, ou seja, a folha entra no processo do 2º corte com um risco bem menor de ficar abaloada no momento em que é feito o corte da altura nos blanks, sendo que a folha tem uma espessura nominal de 0,19 mm. Um desgaste da peça resulta na folha passando pelo 2º corte sem a estabilidade necessária para que a folha tenha um corte adequado com o que é exigido no desenho inicial do projeto, sendo que o desenho permite uma tolerância de 0,2 mm na altura e dessa forma qualquer tipo de comportamento fora do normal que a tesoura apresente pode influenciar de maneira negativa na altura.

Em relação a regulagem no 2º corte, a equipe utilizou uma abordagem com os 5 porquês para conseguir encontrar uma causa mais clara do real problema. Na figura 19 é apresentado o resultado dessa abordagem.

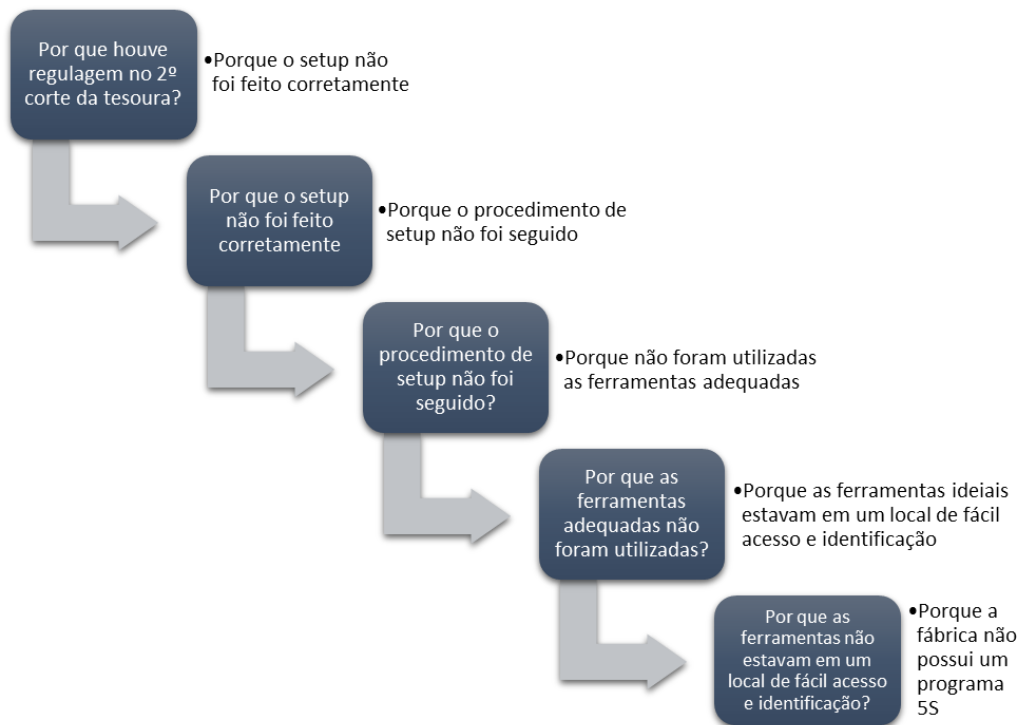


Figura 19 – Abordagem dos 5 Why a respeito da regulação do 2º corte na tesoura
Fonte: Autores (2020)

A falta de 5S é evidenciada pela Figura 20, onde é demonstrado o estado em que se encontra a bancada que os mecânicos usam na Linha 3 para guardar ferramentas, manuais de máquinas ou mesmo peças mais simples, como parafusos e arruelas por exemplo.



Figura 20 – Bancada de trabalho dos mecânicos na linha 3
Fonte: Autores (2020)

4.4 Fase Improve

A fase Improve é o momento em que são feitas as melhorias para que projeto possa atingir a meta de redução em 30% do volume de perdas nas linhas de montagem.

Conforme é destacado por autores e pelo próprio Lean Enterprise Institute, com a criação de um mapa do estado atual, se faz necessário criar um mapa do estado futuro. O mapa do estado futuro indica os pontos onde as mudanças surtiram efeito e em como o fluxo de material, informação e processo deve ficar com as melhorias implementadas, ou seja, é o direcionamento da equipe para o sucesso do projeto.

No caso do projeto Lean 6 Sigma em questão e que inclusive está descrito no Project Charter, existe uma barreira de implementação de melhorias em outros setores, seja por conta de distância ou mesmo de diferentes gerentes atuando nessas áreas e por conta disso, o escopo do projeto se limita a área da montagem. Diante desse fato, a melhoria para atingir o estado futuro será uma redução em 30% do índice de perda, índice esse que reduziria de 3,15% para 2,13% com base no volume produzido do 2º semestre de 2018 visto que de uma forma geral o volume de produção se mantém em uma quantidade que é previsível pelo PCP da empresa. Essa redução do índice de perda é demonstrada na Figura 21 onde é apresentado o estado futuro do projeto Lean 6 Sigma.

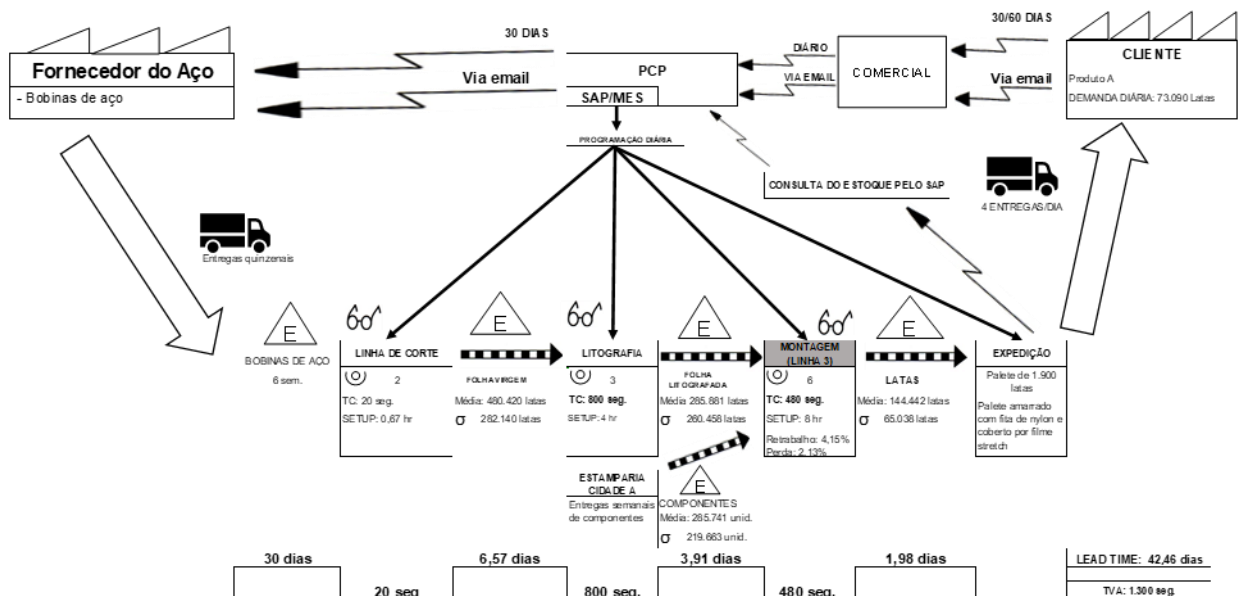


Figura 21 – VSM do estado futuro da empresa

Fonte: Autores (2020)

Como foi demonstrado na fase *Analyze*, o programa 5S se faz necessário ter sua implementação iniciada com certa urgência. Contudo, é uma decisão que precisa ser *top-*

down, ou seja, vir da alta gerência para o chão de fábrica para que seja implementado em sua totalidade. Assim como é proposto no *Kaizen*, as melhorias precisam ser pequenas, mas constantes e dessa forma a implementação do 5S precisa ser nos seguintes passos:

- ✓ *Seiri*: Separar o que é necessário, ferramenta e peças, para utilização dos colaboradores na Linha 3 e descartar ou realocar os itens que não se enquadram no senso de utilização;
- ✓ *Seiton*: Definir um local adequado, e bem como identificá-lo, para cada item que foi separado no *Seiri*;
- ✓ *Seiso*: Limpar as áreas da Linha 3 para manter os dois Ss anteriores.

Esses três Ss são a base para iniciar o programa, e também são facilmente alcançados em um curto ou médio prazo. Contudo, os dois últimos Ss, que são o de padronização e autodisciplina, tendem a demandar um longo prazo para serem bem implementados. Não é uma tarefa simples e envolve a mudança de cultura e mentalidade dos colaboradores envolvidos no processo, isso em uma empresa que trabalha da mesma forma há mais de 70 anos, e sem o apoio da alta gerência o programa 5S irá encontrar muitas dificuldades logo no primeiro S. Vale ressaltar que o 5S não é apenas uma metodologia ou mesmo uma ferramenta de gestão, mas representa uma mudança cultural e a própria empresa poderá se apropriar de tal metodologia para moldar sua cultura em si.

A fim de trabalhar em uma melhoria contínua do local de trabalho com base no 5S, além dos 3 Ss citados anteriormente, são necessárias apresentações sobre o tema e a demonstração prática dos benefícios da metodologia para os colaboradores de todos os níveis na empresa. Apenas uma ação em conjunto irá resultar na implementação satisfatório do programa 5S. Portanto, na Figura 22 é apresentado um plano de ação para o início da implementação do programa 5S na Linha 3.

O ponto positivo do plano de ação é que todas as ações possuem um custo zero, teoricamente, porque todas as ações necessárias para começar a implementação do 5S requerem matérias que não têm necessidade de compra visto que podem ser aproveitados do refugo de outros processos, como os paletes que são descartados após determinado tempo de uso ou mesmo o material emborrachado para cobrir a bancada dos mecânicos que é proveniente das máquinas no setor da litografia e são descartados após o uso. Como exemplo, pode-se citar o quadro com as ferramentas para limpeza do setor, onde os materiais que são

necessários já existem na fábrica, e são identificados por cor e nome no local próximo as linhas de montagem

| Id | DATA | PROBLEMA (WHAT) | RESPONSÁVEL (WHO) | PRAZO (WHEN) | LOCAL (WHERE) | CAUSA DO PROBLEMA (WHY) | CONTRAMEDIDA (HOW) | CUSTO (HOWMUCH) | Status |
|----|------------|---|-------------------|--------------|-----------------------|--|---|---|--------------|
| 1 | 28/08/2019 | EPI's sobre a tesoura | Adriano | 22/11/2019 | Tesoura | Operadores não tem onde deixar os EPI's visto que o armário fica distante da linha | Abrir ordem de serviço para a construção de uma caixa próximo a tesoura para que os mesmos possam guardar os EPI's | Custo zero porque a madeira para construção da caixa virá de paletes que são chegam no limite de uso e que estão prestes a serem descartados | Não iniciada |
| 2 | 28/08/2019 | Desorganização na linha | Adriano | 22/11/2019 | Linha 3 | Materiais e peças que não estão sendo utilizadas e são armazenadas na linha | Devolver peças e materiais que não estejam sendo utilizados para o almoxarifado do setor | Custo zero porque é um movimento interno | Não iniciada |
| 3 | 28/08/2019 | Bancada suja e desorganizada | Aroldo | 22/11/2019 | Bancada dos mecânicos | Ferramentas em cima da bancada e muita sujeira de vazim no furo da bancada | Solicitar aos mecânicos a troca do emborrachamento da bancada e orientar os mesmos a manterem a bancada sempre limpa e organizada | Custo zero por material emborrachamento da bancada é proveniente do setr de litografia, sendo caracterizado como rebugo da impressora. Sendo assim, é um material que é aproveitado em outro setor ao invés de ser descartado | Não iniciada |
| 4 | 28/08/2019 | Tesoura suja e desorganizada | Aroldo | 22/11/2019 | Tesoura | Cantoneiras plásticas e pedaços de fita de aço jogados em cima da tesoura | Realizar treinamento com os operadores da tesoura quanto a limpeza e organização do setor | Custo zero porque na equipe do projeto existem dois integrantes que podem realizar o treinamento sobre 5S aos colaboradores | Não iniciada |
| 5 | 28/08/2019 | Excesso de sujeira por toda a Linha 3, seja no chão ou nas máquinas | Marcos | 22/11/2019 | Linha 3 | Não existem itens de limpeza próximos aos operadores na Linha 3 | Solicitar a criação de um quadro com itens de limpeza previamente identificados e instalá-lo próximo aos operadores | Custo zero porque a madeira para construção do quadro virá de paletes que são chegam no limite de uso e que estão prestes a serem descartados e a tinta poderá ser usada de um estoque que é mantido para serviços gerais | Não iniciada |
| 6 | 28/08/2019 | Falta de conhecimento do programa 5S | Aroldo | 22/11/2019 | Linha 3 | Falta de cumprimento do programa | Realizar treinamento falando do programa de 5S e fazer apresentação nos 2 turnos | Custo zero porque na equipe do projeto existem dois integrantes que podem realizar o treinamento sobre 5S aos colaboradores | Não iniciada |

Figura 22 – Plano de ação para implementação do 5S na linha 3
Fonte: Autores (2020)

4.5 Fase Control

A fase *Control* do projeto *Lean 6 Sigma* representa quais serão as ferramentas e metodologias utilizadas para garantir que a meta alcançada na fase *Improve* seja mantida a longo prazo. Por conta do produto e o processo ser parecido nas demais linhas de montagem para produtos químicos, a fase *Control* e *Improve* será utilizada para replicar as melhorias e os controles obtidos nessas duas etapas do processo, constituindo assim a fase *Replicate* do projeto *Lean 6 Sigma*. Para tal, a equipe do projeto tomou as seguintes decisões:

- ✓ Monitoramento do corte nos blanks;
- ✓ Monitoramento de indicadores com dashboard;
- ✓ MSA semestral com os mecânicos;
- ✓ Auditoria 5S.

Com o objetivo de melhorar o controle por parte do corte na tesoura, foi elaborado um controle das medições por meio de uma auditoria diária. Esse controle será feito por gaveta e divulgado aos supervisores por meio de uma planilha no *Excel*, que é apresentada na Figura 23, onde será possível visualizar o dia atual com as medições por gaveta da tesoura, e bem como a linha que foi produzida.

Na planilha é apresentado informações pertinentes como tipo de produto, dia da auditoria, linha, número da gaveta e unidade das medições. Em seguida, é apresentado os gráficos de controle tanto para altura quanto desenvolvimento, feito no *Excel* para facilitar o envio via *email* e por conta do mecanismo da planilha visto que é possível visualizar os dados dos dias anteriores para consulta.

A planilha contém os valores dos limites de especificação, que junto com os limites de controle dá uma visão a respeito da variabilidade em cada gaveta da tesoura de corte, além de contar com a variabilidade da amostra de cada gaveta. Diariamente, um colaborador capacitado e treinado irá coletar 10 amostras de cada gaveta e inserir os dados em uma planilha do *Excel* que se encontra na rede comum da empresa. A planilha foi elaborada totalmente pelos autores do trabalho.

AUDITORIA NO CORTE DAS TESOURAS

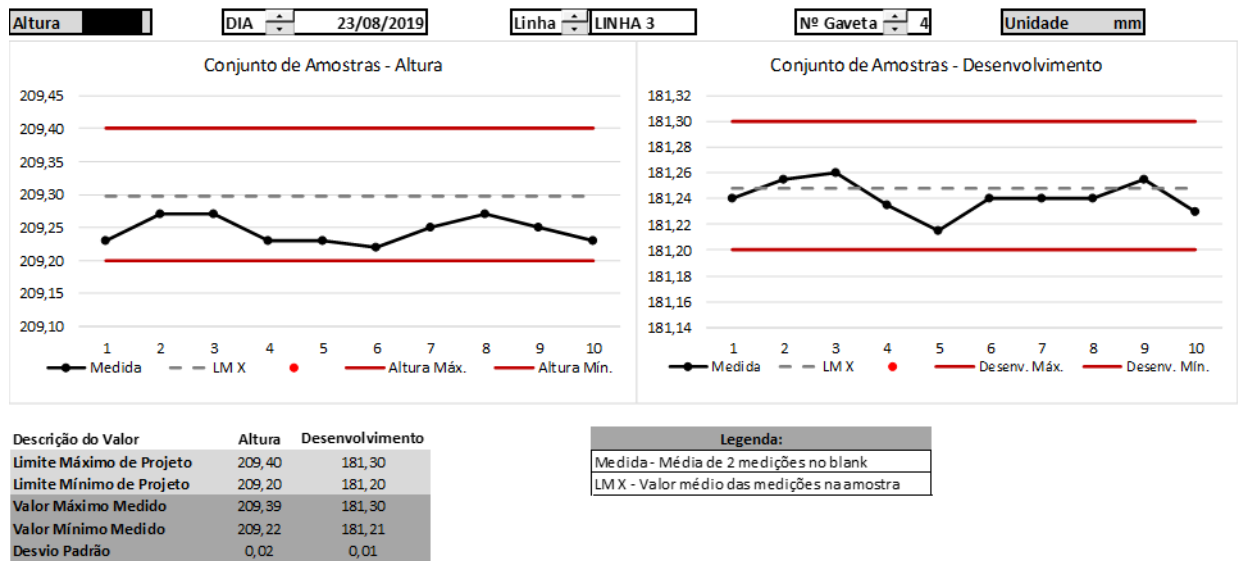


Figura 23 – Planilha Excel para controle das medições da tesoura com CEP
 Fonte: Autores (2020)

Indicadores são um termômetro importante para a gestão de produção em uma fábrica, e pensando nisso foi elaborado por parte dos autores um dashboard para acompanhamento dos indicadores de produção, como índice de perda e retrabalho, sendo que este é demonstrado na Figura 24.

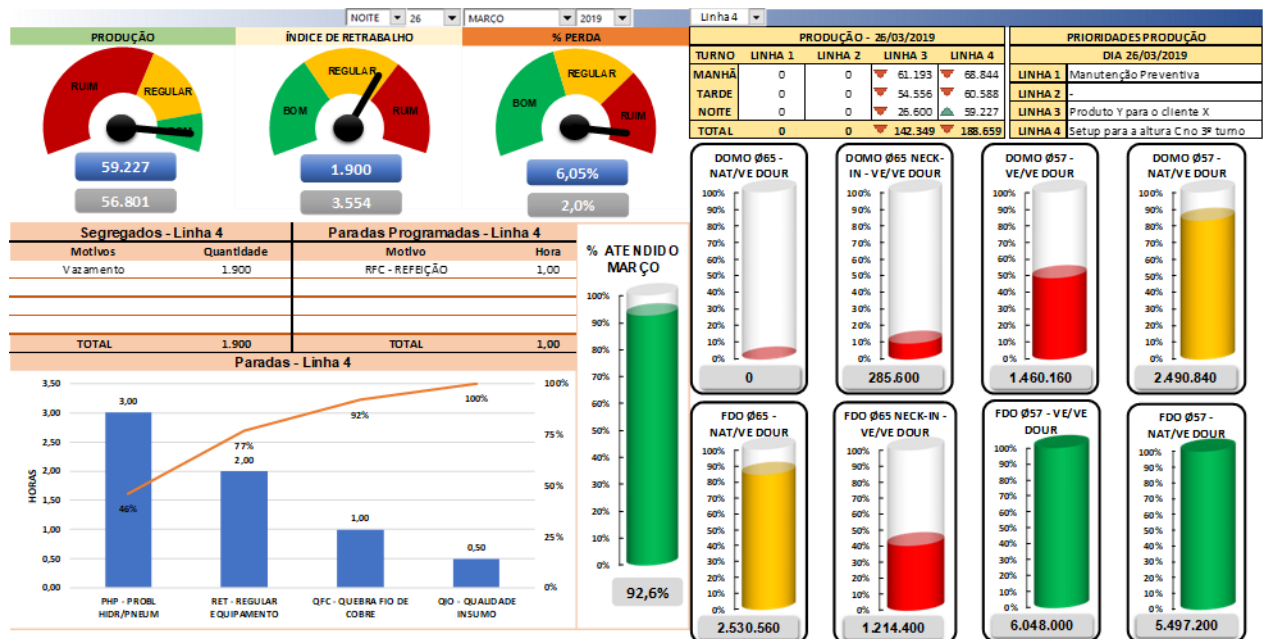


Figura 24 – Dashboard para acompanhamento dos indicadores de produção
 Fonte: Autores (2020)

O *dashboard* foi desenvolvido totalmente no *Excel* e permite a escolha por turno, data e linha de produção. Os gráficos de velocímetro representam, da esquerda para a direita, o volume de produção, volume de retrabalho e índice de perda e todos esses gráficos são comparados uma meta estipulada pela coordenação da fábrica. Logo abaixo têm-se duas tabelas indicando os motivos do retrabalho e sua quantidade, bem como as paradas programadas como o setup por exemplo. Vale ressaltar que as paradas programadas são descontadas da meta do gráfico de produção na parte superior do dashboard.

Ainda é possível observar a parada da linha que não foram programadas e que ocorreram no período escolhido, onde são identificadas por meio de um gráfico de Pareto. O dashboard permite a visualização da produção em comparação com a meta de todas as linhas e por turno do dia escolhido em uma pequena tabela na parte superior, onde as setas verdes indicam que a linha bateu a meta e no caso contrário aparece uma seta vermelha. Ao lado dessa tabela, é possível observar a prioridade de cada dia por linha, como um rótulo de lata específico ou mesmo manutenção programada. No centro do dashboard fica visível um gráfico com o percentual atendido do que foi programado pelo PCP para a linha escolhida. Por último, é possível observar diversos gráficos que mostram a relação dos estoques de componentes, domos e fundos principais disponíveis para as linhas de produção, gráficos esses que variam de dia para dia. Tanto os gráficos do percentual atendido do programado para o mês quanto os gráficos que indicam os volumes de componentes mudam de cor conforme vão chegando próximo do valor zero, sendo que as barras começam na cor verde, depois passa para amarelo e por último chega na cor vermelha.

Com o objetivo de garantir a eficiência do sistema de medição nas tesouras de corte, deve ser estabelecido uma auditoria do sistema de medição utilizando o MSA. Para tal, a equipe chegou à conclusão que se deve usar a ficha que está no apêndice A deste trabalho, e que foi utilizada para a validação do sistema de medição da tesoura de corte na Linha 3. Esse estudo deve ser feito com uma frequência semestral com os mecânicos das linhas de montagem, não apenas da Linha 3, visto que o procedimento para medição dos blanks da tesoura é o mesmo para todas as linhas e produtos da linha de químicos. Em caso de não conformidade, deve-se utilizar de técnicas como diagrama causa e efeito, matriz causa e efeito, gráfico de Pareto e entre outras para identificar os pontos de melhoria e manter o sistema estável e confiável. A validação do sistema de medição pelo MSA garante que a variação nas medidas será a menor possível e contribuindo para identificar com mais

agilidade a causa raiz do problema. Para o sucesso na implementação do 5S, será necessária auditoria constantes na Linha 2 para garantir que o programa está sendo seguido. No primeiro momento, as auditorias devem ser diárias e a frequência tende a diminuir com a eficácia, comprovada pela auditoria, com o tempo. Os dados sobre as auditorias serão guardados para futuras análises por parte da equipe do projeto afim de replicar para as outras linhas de produção. Um exemplo de modelo para as fichas de auditoria é destacado na Figura 25.













| AUDITORIA AMBIENTE 5S | | | | |
|--|--|---|---|---|
| Auditor: | Linha: | Turno: | Data: ___/___/___ | |
| UTILIZAÇÃO | | SIM | NEUTRO | NÃO |
| 1º Existe material desnecessário/sem uso na área sobre bancadas, pallets, motores etc? | | | | |
| 2º Os materiais necessários para o trabalho estão nas quantidades certas? | | | | |
| 3º Existe algum equipamento/material sem finalidade necessitando ser descartado? | | | | |
| 4º Os funcionários sempre procuram descartar supérfluos para não haver acúmulo? | | | | |
| 5º Existe material desnecessário/sem uso fora da área? | | | | |
| 6º Os funcionários da área conhecem o significado deste senso? | | | | |
| 7º Os funcionários se reúnem para discutir os problemas de implantação/melhoria? | | | | |
| RESULTADO | |  () |  () |  () |
| ORDENAÇÃO | | SIM | NEUTRO | NÃO |
| 1º Os estoques são mínimos possíveis? | | | | |
| 2º Os objetos do setor são identificados? | | | | |
| 3º As identificações são conhecidas de todos (padronizadas)? | | | | |
| 4º A iluminação do setor é adequada? | | | | |
| 5º Práticas de empilhamento adequadas? | | | | |
| 6º O local está demarcado e desobstruído? | | | | |
| 7º Existe controle visual? | | | | |
| RESULTADO | |  () |  () |  () |
| LIMPEZA | | SIM | NEUTRO | NÃO |
| 1º Ferramentas/utensílios estão limpos? | | | | |
| 2º Materiais/objetos jogados no chão? | | | | |
| 3º Existem procedimentos de limpeza/descarte? | | | | |
| 4º As passagens estão desimpedidas? | | | | |
| 5º Os funcionários da área conhecem o significado deste senso? | | | | |
| 6º As lixeiras estão cheias, precisando de descarte dos lixos? | | | | |
| 7º Existe equipe de limpeza na area limpeza de máquinas? | | | | |
| RESULTADO | |  () |  () |  () |
|  | Até 5 Amarelos e Nenhum Vermelho. (Geral) | | | |
|  | Acima de 5 Amarelos e Nenhum Vermelho. (Geral) | | | |
|  | Apenas um Vermelho. (Geral) | | | |

Figura 25 – Exemplo de ficha para auditoria do 5S no chão de fábrica
Fonte: Autores (2020)

4.6 Fase Replicate

Todas as melhorias sugeridas na fase *Improve* e as ações destacadas na fase *Control* podem ser aproveitadas nas demais linhas de montagem em função das mesmas possuírem uma morfologia semelhante. As maiores diferenças entre as linhas de montagem são os fabricantes dos equipamentos, porém o processo de fabricação é o mesmo e além disso, como foi destacado com relação as borrachas de arraste na Linha 4, os problemas se repetem entre as linhas de montagem.

5. Conclusão

Ao final do projeto pode-se concluir dois pontos pertinentes relacionados a elaboração de projeto Lean 6 Sigma. O primeiro deles é a forma como a metodologia 6 Sigma, com o uso do DMAIC, é eficiente ao resolver problemas, sejam eles de baixa ou alta complexidade, sendo que é uma metodologia que preza pelo planejamento. São três fases dedicadas a definição, medição e análise do problema antes mesmo de implementar a melhoria propriamente dita, dessa forma fica evidente o quão bem um projeto se sai quando o seu planejamento é feito de forma correta e precisa, não apenas se referenciando a projetos Lean 6 Sigma. O planejamento é a alma dos projetos Lean 6 Sigma.

A filosofia Lean usada em sinergia com o 6 Sigma coloca a empresa em outro patamar no mercado, sendo inclusive um fator estratégico da empresa em função do quão bem o Lean e o 6 Sigma conseguem extrair o máximo de eficiência da operação, reduzindo custos e aumentando a qualidade dos produtos.

Outro ponto que vale destaque é a influência do fator humano em projeto como esse, que mesmo com análises robustas ainda depende da colaboração das pessoas para que os objetivos do projeto sejam atingidos. Dessa forma, o envolvimento da alta gerência com prazo e metas bem definidos é fundamental para o andamento e conclusão do projeto, caso contrário a resistência das pessoas em relação a novas abordagens, ferramentas e metodologias inviabiliza qualquer tipo de melhoria.

Dito isso, a conclusão que se chega é a de que problemas que afetem a posição da empresa no mercado, aumentem os custos de operação, aumentem a insatisfação do cliente e gerem desperdícios; seja de material e até mesmo tempo; devem ser analisados e solucionados o mais breve possível porque dependendo do mercado pode não ter tempo hábil o suficiente para uma reação a médio ou longo prazo resultando em uma situação insustentável no futuro.

REFERÊNCIAS

- Campos, V.F. *TQC - Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)*. 9. ed. Nova Lima: Falconi Editora, 2014.
- Corrêa, H.L., & Corrêa, C.A. *Administração de Produção e Operações: Manufatura e Serviços: Uma Abordagem Estratégica*. 3. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2012.
- Kubiak, T.M., & Benbow, D. W. *The Certified Six Sigma Blackbelt Handbook*. 2. ed. Wiscosin: ASQ Quality Press, 2009.
- Lean Enterprise Institute. *Léxico Lean: Glossário Ilustrado para Praticantes do Pensamento Lean*. 5. ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2016.
- Mccarty, T. et al. *The Six-Sigma Blackbelt Handbook*. New York: Mcgraw-hill, 2004.
- Munro, R.A. et al. *The Certified Six Sigma Greenbelt Handbook*. Wiscosin: ASQ Quality Press, 2007.
- Ohno, T. *O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala*. Porto Alegre: Editora Bookman, 1997.
- Pyzdek, T. *The Six-Sigma Handbook*. New York: Mcgraw-hill, 2003.
- Rother, M., & Shook, J. *Aprendendo a Enxergar*. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2012.
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. *Administração da Produção*. 8. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2018.
- Womack, J.P., Jones, Daniel T., & Ross, D. *A Máquina que Mudou o Mundo*. 13. ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1992.
- Yang, K., & El-Haik, B. *Projeto para Seis Sigma: Um Roteiro para o Desenvolvimento do Produto*. São Paulo: Educator, 2008. Tradução: Engº MSc J.G. Buchaim, Engº PhD Pedro R. Bueno e Engº Candido Fraga.