

Melhorias no Processo de Prensagem de Rolamento de Eixo



Sidnei Odair Filipak
Unifacear Centro Universitário

RESUMO

Na empresa DANF 3 temos um processo que realiza a prensagem de um rolamento no semi eixo em uma operação denominada com OP.130, neste processo temos um alto índice de rejeição por duas possíveis falhas, força de prensagem e distância de prensagem maior que o especificado para este processo. Este é um problema crônico de nossa empresa, pois acaba gerando um alto custo de refugos e tempo elevado de parada de linha, devido aos rejeitos. Para chegarmos a uma solução destes problemas, foi realizado um estudo de caso utilizamos a ferramenta DMAIC - Medir, Analisar, Melhorar e Controlar (original do inglês: Define, Measure, Analyze, Improve e Control) ferramenta que utiliza a metodologia 6 Sigmas. O objetivo deste estudo de caso é chegar a uma solução do problema da linha de montagem da empresa DANF 3 fazendo com que a mesma obtenha um saving esperado de aproximadamente R\$ 50.000,00 sobre o SCRAP e as possíveis paradas de linha, que ocorrem nesta operação de montagem.

Palavras chave: DMAIC, 6 SIGMAS, SAVING, REFUGO.

ABSTRACT

In the company DANF 3 we have a process that presses a bearing on the semi-shaft in an operation called OP.130, in this process we have a high rejection rate due to two possible failures, pressing force and pressing distance greater than specified for this process. This is a chronic problem for our company, as it ends up generating a high cost of refuse and high line downtime, due to the rules. To reach a solution to these problems, a case study was carried out using the DMAIC tool - Measure, Analyze, Improve and Control (original of English: Define, Measure, Analyze, Improve and Control) tool that uses the 6 Sigmas methodology. The objective of this case study is to arrive at a solution to the problem of the assembly line of the company DANF 3 making it obtain an expected saving of approximately R\$ 50,000.00 over SCRAP and possible line stops, which occur in this assembly operation.

Key Words: DMAIC, 6 SIGMAS, SAVING, SCRAP.

1. INTRODUÇÃO

Projetos Seis Sigma estão estritamente próximos à estratégia gerencial das organizações, que têm como objetivo aumentar, de modo drástico, sua lucratividade por meio da melhoria da qualidade de produtos e processos, do aumento da satisfação dos clientes e, também, dos consumidores (Werkema, 2012).

A metodologia 6 Sigma vem sendo amplamente utilizada e difundida nas indústrias, devido à complexidade das ferramentas que nela consistem.

O estudo que será apresentado trata-se de um processo muito específico na qual não é possível comparar com as práticas de mercado. Internamente, não há processos idênticos, porém, existem outros processos com relativa semelhanças na qual não há esse histórico de reprovações.

O cliente final não tem percepção sobre o problema, visto que trata-se de um processo de sub-montagem interna do eixo produzido.

O cliente interno está insatisfeito com o período de duração do problema, na qual nenhuma solução efetiva foi dada para eliminar a causa raiz do problema.

2. DESENVOLVIMENTO

No mercado desafiador de hoje, as organizações estão constantemente procurando meios para alcançar maior qualidade e produtividade. Isso pode ser alcançado se houver concentração de esforços para reduzir vários defeitos que causam a rejeição ou retrabalho no processo. Esta é a estratégia para conduzir uma organização à eficácia no mercado competitivo. O principal objetivo neste projeto é descrito a seguir.

Por meio da análise dos quatro principais indicadores internos da organização: segurança; entrega; refugo; qualidade, identificou-se que, na célula de produção 130, destacava-se o indicador de rejeitos.

Devido aos impactos negativos de seus indicadores, a OP.130 foi selecionada para estudo e verificou-se que era necessário o desenvolvimento de projeto Seis Sigma com o objetivo primário de melhoria no indicador refugo; porém, ao realizar esse projeto, alguns objetivos secundários serão alcançados com o primário, como por exemplo, melhoria da qualidade do processo e controle de registros.

Neste trabalho, o método DMAIC foi estudado em profundidade abrangendo as cinco fases da metodologia Seis Sigma, ou seja, Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar (original do inglês: Define, Measure, Analyze, Improve e Control) conforme os próximos passos mostrados, a seguir, com o intuito de aumentar o nível da qualidade.

O primeiro passo é definir o problema, a operação 130B é uma operação de sub montagem dos componentes Rolamento, Conjunto Sleeve-Encoder e Snap Ring, na qual os mesmos são prensados/fixados no semi eixo. O rolamento tem a função de mancalizar

o semi eixo durante o processo de transferência de torque do cardan. O conjunto Sleeve-Encoder tem a função de reter o rolamento no seu local e fazer a leitura de sinais do sistema ABS do veículo. O Snap ring é uma trava de segurança para casos na qual a interferência de prensagem for pequena e houver risco de desmontagem do conjunto.

Foram utilizados 2 estudos estatísticos para validar os dados históricos existentes, sendo a linearidade para validação da distância de prensa e o teste de hipóteses 2 sample t para validação da força de prensagem.

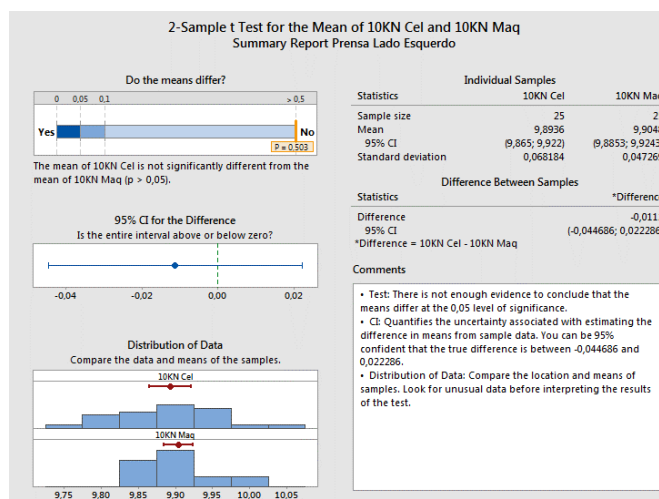
Com o objetivo de validar se a força de prensagem é confiável, realizou-se a ligação de uma célula de carga padrão calibrada em paralelo com a máquina utilizada no processo.

Foram executados 25 ciclos de prensagem sobre a célula de carga calibrada, na qual coletamos os valores de força tanto para célula de carga, quanto para máquina do processo. Esse procedimento foi realizado utilizando 3 escalas diferentes de força, representando assim toda faixa de utilização do equipamento.

Os dados obtidos para força de prensagem lidam na máquina e na célula de carga calibrada foram comparados em termos de média e desvio padrão utilizando o teste de hipóteses 2 sample t.

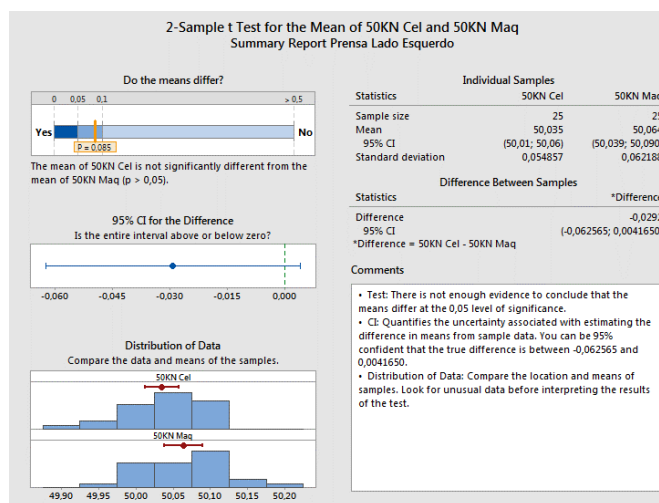
TESTE DE HIPÓTESE 2-Sample T para comparação das médias de leitura entre a célula de carga calibrada e a máquina do processo em 3 escalas de medição - 10KN, 50KN e 90KN como mostra na Figura 1, 2 e 3.

Figura 1



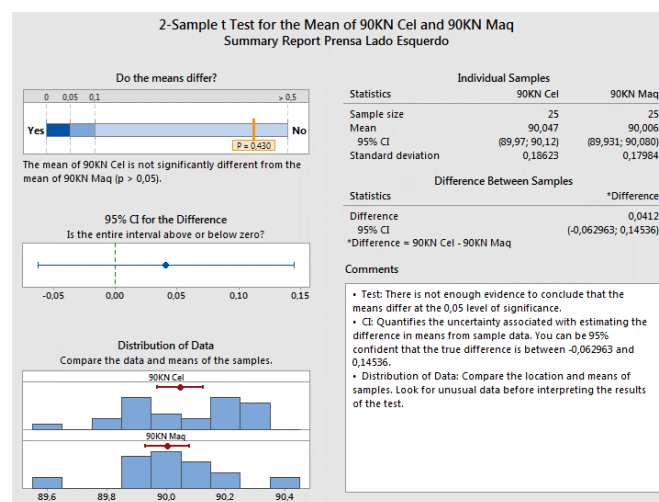
Fonte: Autoria própria

Figura 2



Fonte: Autoria própria

Figura 3



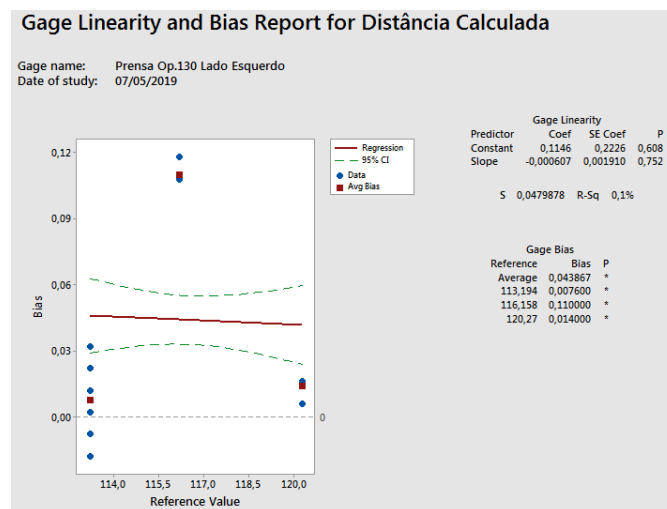
Fonte: Autoria própria

O teste utilizado indica que não há evidência para concluir que as médias de leitura diferem com um nível de significância de 95%, ou seja, pode-se assumir que os valores de força de prensagem indicados pela máquina do processo são confiáveis. As análises gráficas indicam que a diferença entre as médias com valor ZERO está contida dentro do intervalo de confiança de 95%, fortalecendo a hipótese de igualdade entre as médias.

Com o objetivo de validar a confiabilidade dos dados de distância de prensagem, realizou-se a construção de 3 blocos padrão, na qual foram obtidas suas respectivas medidas com a utilização de uma CMM Zeiss certificada. Esses blocos foram utilizados para realização de um estudo de linearidade de modo a entender se há ou não vício de

leitura da máquina ao longo de toda escala utilizada no processo como mostra na Figura 4.

Figura 4

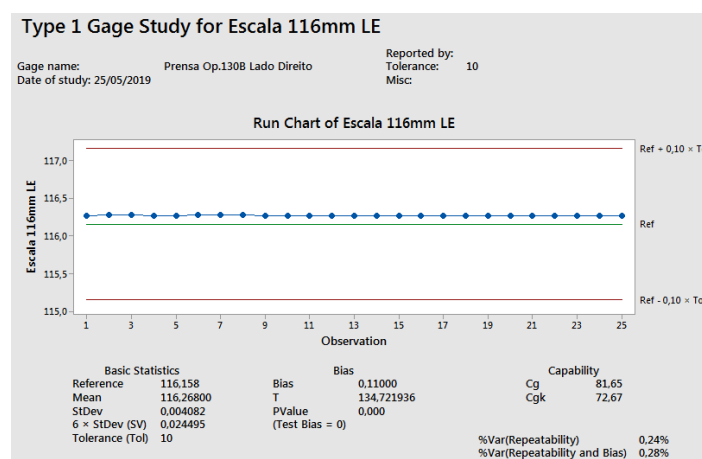


Fonte: Autoria própria

A linha de referência $\text{vício}=0$ não está contida nos intervalos de confiança do estudo, portanto, pode-se concluir que há vício no sistema de medição. Também pode-se observar que o vício é varável, ou seja, o sistema inicia-se com um vício pequeno em relação ao padrão de 113mm, aumenta significativamente no padrão de 116mm e posteriormente reduz no padrão de 120mm.

Com o objetivo de avaliar o quanto o vício apresentado no estudo de linearidade é impactante para o processo, realizou-se um estudo capacidade do sistema de medição na escala com maior vício (116mm), conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5

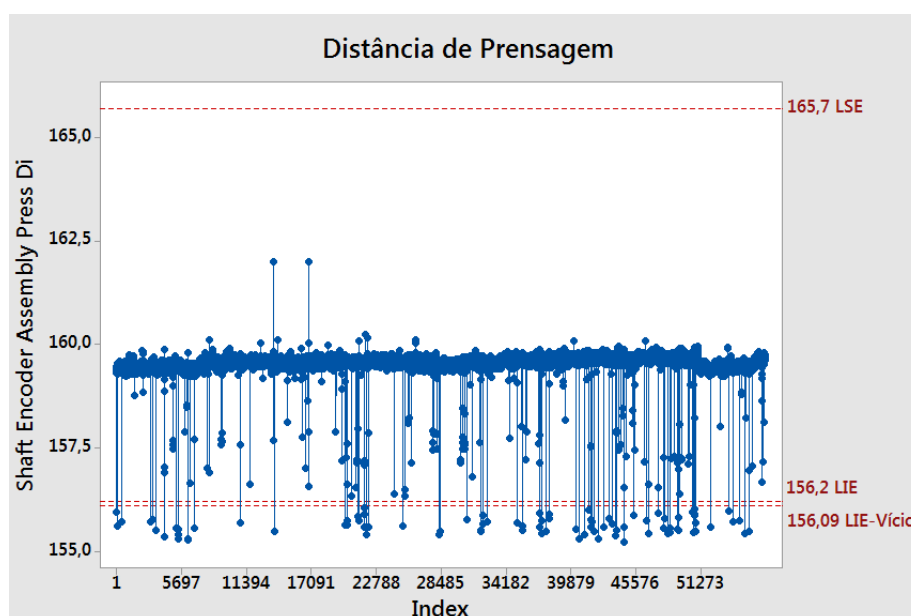


Fonte: Autoria própria

A variação de repetibilidade do sistema de medição é extremamente baixa, com 0,24% de erro e capacidade CGK=72,67 sendo considerado um sistema extremamente capaz.

Por fim, realizou-se a análise dos dados de distância de prensagem comparando as especificações reais do processo com a condição de vício encontrada demonstrada na Figura 6.

Figura 6

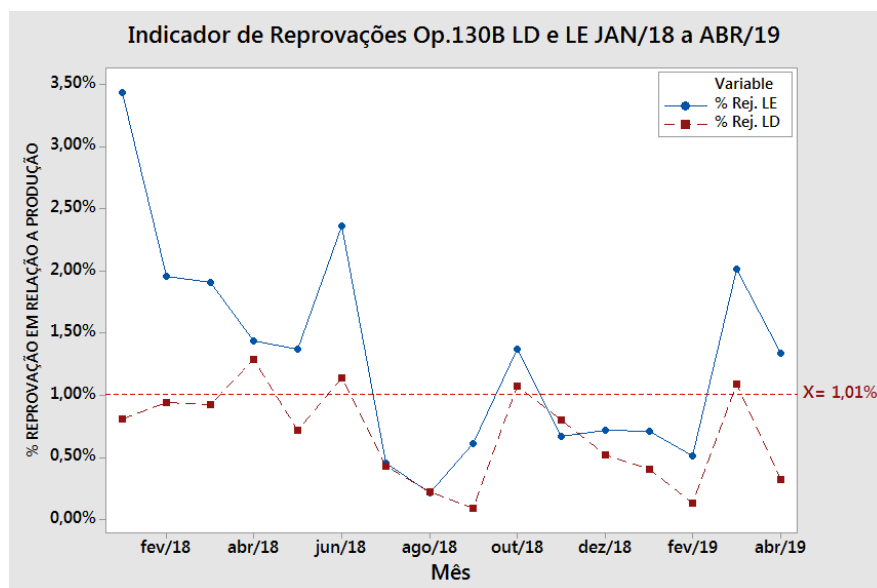


Fonte: Autoria própria

Observa-se que a existência do vício não mudaria o cenário de reprovações por distância de prensagem, reforçando que o mesmo pode ser considerado desprezível para o projeto.

Percentual de rejeitos mensal tem variado bastante ao longo dos meses do ano, apresentando rejeição de 3,43% em Jan/19 lado esquerdo e 0,09% em Set/19 lado direito, enquanto a média dos últimos 16 meses encontra-se com 1,01% de rejeição em relação ao total produzido demonstrado na Figura 7.

Figura 7



Fonte: Autoria própria

Percentual de rejeitos mensal tem variado bastante ao longo dos meses do ano, apresentando rejeição de 3,43% em Jan/18 lado esquerdo e 0,09% em Abr/19 lado direito, enquanto a média dos últimos 16 meses encontra-se com 1,01% de rejeição em relação ao total produzido.

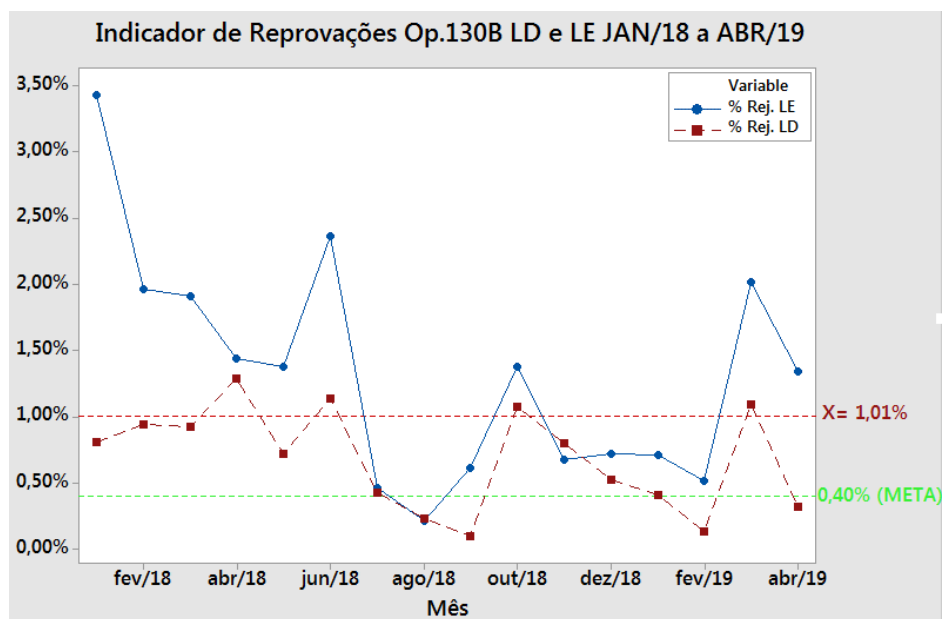
Observa-se que na maior parte dos meses o maior número de rejeitos está presente no lado esquerdo da operação.

A meta do projeto é reduzir a média de rejeitos mensal de 1,01% para 0,40% em relação ao total produzido na operação até 20/10/2020.

Observa-se que é necessário reduzir a média atual de rejeições em 60% para o atingimento da meta de 0,40% da companhia.

Observa-se também que essa meta é atingível, visto que durante alguns meses do ano o valor de rejeição ficou abaixo da meta proposta como mostra na figura 8.

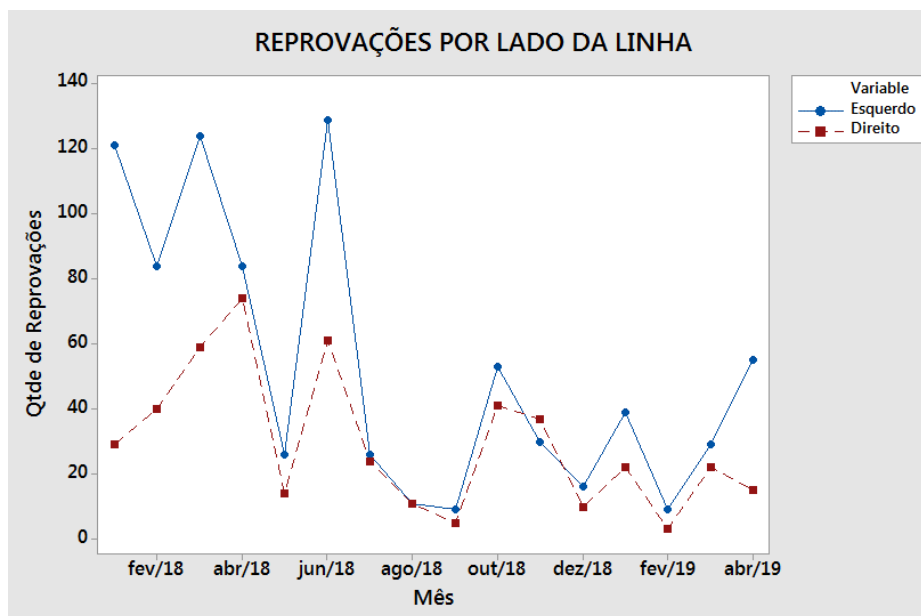
Figura 8



Fonte: Autoria própria

Medir (Measure): A fim de mensurar os dados, é preciso, antes, analisá-los para identificar o problema. Observa-se que, em praticamente todos os meses dos últimos 16 períodos, o número de rejeições do lado esquerdo é superior ao número de rejeições do lado direito. A somatória geral de rejeições desse período resulta em 851 rejeitos lado esquerdo e 472 rejeitos lado direito (Praticamente 50% de diferença entre os lados) como mostra a figura 9.

Figura 9



Fonte: Autoria própria

Dessa forma, o lado esquerdo da linha torna-se um problema prioritário a ser estudado.

Analisar (Analyze): Com o intuito de identificar as principais causas dos problemas, o time do projeto se reuniu, considerando a experiência de trabalho de cada um, com a finalidade de identificar os potenciais motivos das falhas, foram levantadas 5 causas potenciais para o problema através de um brainstorming realizado com o time do projeto, utilizando o conhecimento da Engenharia de Processo, Manufatura e Qualidade. Utilizou-se o mapa de processo como guia para o direcionamento das causas potenciais e a ferramenta 5PQ's foi utilizada para definirmos a causa raiz de cada problema.

O time entende que a diferença de reprovações entre o lado direito e esquerdo está atrelada a quantidade de óleo aplicada não ser padronizada, gerando mais reprovações de um lado do que do outro.

Aplicação de óleo sem controle de quantidade: Processo atual é realizado com a aplicação de óleo com pincel no diâmetro de prensagem do sleeve, sendo que não existe padrão de quantidade e forma de aplicação.

Alta interferência de prensagem entre axle shaft e sleeve: Combinações de interferências máximas ($\varnothing$ axle shaft na máxima e $\varnothing$ sleeve na Mínima + rugosidade de ambos) excedem a capacidade de prensagem da prensa, gerando reprovações por força alta de prensagem (Processo atual é realizado com aplicação de óleo em função do histórico de reprovações por força alta, quando realizado a operação sem óleo).

Baixa interferência de prensagem entre axle shaft e sleeve: Combinações de interferências mínimas ($\varnothing$ axle shaft na mínima e $\varnothing$ sleeve na máxima + rugosidade de ambos) atrelado a necessidade de aplicação de óleo do processo, geram reprovações por força baixa de prensagem.

Axle Shaft contaminado com graxa do rolamento montado na operação anterior: Durante a passagem do rolamento pelo axle shaft, o mesmo passa pelo diâmetro de prensagem do Sleeve, podendo deixar graxa no mesmo. Isso impacta na redução do atrito e força de prensagem.

Axle Shaft contaminado com óleo de usinagem: Concentração da lavadora do axle shaft baixa gera baixa eficiência de lavagem da peça, deixando a mesma contaminada com óleo de usinagem, reduzindo o atrito de prensagem e gerando reprovações por força baixa.

Foram priorizadas 2 causas potenciais para comprovação quantitativa.

1. Aplicação de óleo sem controle de quantidade;
2. Alta interferência de prensagem entre axle shaft e sleeve;

Essas causas foram priorizadas utilizando os critérios de priorização de matriz e a pontuação foi dada com o conhecimento e histórico do grupo de trabalho.

As duas causas priorizadas foram quantitativamente comprovadas através de estudos de teste de hipóteses 2 sample t e regressão linear múltipla.

Incapacidade do processo de prensagem em absorver as condições de interferência dimensional máxima requeridas no desenho do produto: Quando temos uma combinação de axle shaft com diâmetro na máxima e sleeve com diâmetro na mínima (em certas condições de rugosidade), a força de prensagem resultante é superior ao limite máximo de prensagem da máquina.

Ausência de padronização com relação a método e quantidade de óleo aplicado na prensagem dos componentes: Em função da ausência de capacidade do equipamento de prensagem para certas condições dimensionais, a produção trabalha com a aplicação de óleo no axle shaft, visando reduzir o atrito/força de prensagem e evitar a reprovação de peças por força alta de prensagem, porém, essa aplicação de óleo não é padronizada e quando realizada em excesso gera um efeito colateral de reprovação por força baixa de prensagem.

Melhorara (Improve): Implementar soluções para as causas dos problemas prioritários.

Realizou-se um brainstorming com o time do projeto para levantar possíveis ações para as causas apontadas no analyze. Foram levantadas 5 possíveis soluções que serão priorizadas conforme critérios a serem estabelecidos na matriz de priorização. Indicar quantas soluções foram priorizadas em relação às causas fundamentais, mencionando o critério de priorização adotado. Avaliar os riscos associados à implantação de cada solução, determinando os meios de minimizar a probabilidade de sua ocorrência e/ou seu impacto no processo.

Controlar (Control): Garantir a manutenção dos resultados no longo prazo.

As metas específicas foram alcançadas utilizando as ferramentas que foram descritas anteriormente. Conforme apresentado no desenvolvimento, após a implementação das ações, conseguiu-se obter um ótimo resultado na redução da falha do processo de prensagem do Sleeve.

3. CONCLUSÃO

Com todas as ações implementadas, obtivemos uma diminuição ou até mesmo a eliminação das falhas ocasionadas por força alta ou baixa na prensagem do Axle Shaft na operação 130 da linha de Montagem, com isso tivemos uma grande redução do SCRAP da montagem desta operação e consequentemente um aumento de OEE.

Os resultados foram alcançados devido a dedicação do time e da correta utilização da metodologia 6 Sigma utilizando a ferramenta DMAIC para fluxo de planejamento e ações do projeto.

Após o acompanhamento do processo em todo ano de 2020, obtivemos um SAVING de R\$ 61.247,61, aonde R\$ 50.279,68 foram ganhos financeiros com refugo de componentes, R\$ 571,26 foram ganhos financeiros com redução de reprocessamento, R\$ 4.284,42 foram ganhos financeiros com redução de TearDout de peças e R\$ 6.112,15 foram ganhos financeiros com a eliminação da aplicação de óleo.

4. REFERÊNCIAS

Aboelmaged, M. G. (2010). Six Sigma quality: a structured review and implications for future research. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27(1), 268-317.

Leaphart, C. L., Gonwa, T. A., Mai, M. L., Predengarst, M. B., Wadei, H. M., Tepas III, J. J., & Taner, C. B. (2012). Formal quality improvement curriculum and DMAIC method results in interdisciplinary collaboration and process improvement in renal transplant patients. *Journal of Surgical Research*, 3(7), 7-13.

Jirasukprasert, P., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V, & Lim, M. K. (2014). A Six Sigma and DMAIC application for the reduction of defects in a rubber gloves manufacturing process. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5 (1),2-21.

Werkema, C. (2012). *Criando a cultura Lean Six Sigma*. Rio de Janeiro: Elsevier.