

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MARCELO MARQUES YUI

**APLICAÇÃO DO CICLO DMAIC EM UM PROCESSO DE LAMINAÇÃO DE
EMBALAGENS FLEXÍVEIS**

LONDRINA

2021

MARCELO MARQUES YUI

**APPLICATION OF THE DMAIC CYCLE IN A LAMINATION PROCESS FOR
FLEXIBLE PACKING**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Produção da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Dr. Marco Antônio Ferreira.

LONDRINA

2021

MARCELO MARQUES YUI

**APLICAÇÃO DO CICLO DMAIC EM UM PROCESSO DE LAMINAÇÃO DE
EMBALAGENS FLEXÍVEIS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia de
Produção da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 01 de dezembro de 2021

Prof. Dr. Marco Antônio Ferreira
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Rafael Sene de Lima
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Reginaldo Fidelis
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

RESUMO

A melhoria contínua é um fator impactante nas indústrias para que possam permanecer competitivas no mercado. Assim, existe a necessidade do estudo e conhecimento de determinado processo é algo primordial, dessa forma torna-se possível a aplicação de ferramentas da qualidade para promover uma constante melhoria. Com base nisso, este trabalho propôs e demonstra a aplicação de um estudo visando reduzir a quantidade de não conformidades relacionadas a falha na laminação, utilizando como referência a gramatura de adesivo. A metodologia adotada foi o DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implementar, Controlar), sendo uma importante parte da iniciativa Seis Sigma e tendo como base suas premissas, foram utilizadas diversas ferramentas, como SIPOC (Fornecedor, Entrada, Processo, Saída, Cliente), análise de Pareto, carta de controle, análise de capacidade, diagrama de causa e efeito e cinco por quês. A sua aplicação trouxe a possibilidade de identificar as causas raízes, propor e executar os planos de ação e obtendo melhora do processo. Por fim, pode-se inferir que há indícios de melhoria, essa demonstrada por testes preliminares de capacidade.

Palavras-Chaves: DMAIC. Seis Sigma. Controle Estatístico de Processo. Embalagens Flexíveis.

ABSTRACT

Continuous improvement is an impacting factor in industries so that they can remain competitive in the market. Thus, there is a need for study and knowledge of a certain process is something essential, thus it becomes possible to apply quality tools to promote constant improvement. Based on this, this work proposed and demonstrated the application of a study to simplify the amount of non-conformities related to lamination failure, taking as reference the label weight. The methodology adopted for DMAIC (Define, Measure, Analyze, Implement, Control), being an important part of the Six Sigma initiative and based on its premises, several tools were used, such as SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer), Pareto analysis, control chart, capability analysis, cause and effect diagram and five whys. Its application brought the possibility of identifying root causes, proposing and executing action plans and improving the process. Finally, it can be inferred that there are signs of improvement, as demonstrated by preliminary capacity tests.

Keywords: DMAIC. Six Sigma. Statistical Process Control. Flexible Packing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Conjunto de laminação.....	24
Figura 2 – Diagrama de Pareto.....	26
Figura 3 – Carta de Controle Histórico.....	28
Figura 4 – Gráfico de Normalidade.....	29
Figura 5 – Gráfico de Transformação.....	29
Figura 6 – Teste de Capacidade.....	30
Figura 7 – Diagrama de Causa e Efeito.....	31
Figura 8 – Cinco Por Quês.....	32
Figura 9 – Ações Cinco Por uês.....	34
Figura 10 – Carta de Controle Atual.....	36
Figura 11 – Capacidade do Processo Atual.....	37

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 – SIPOC.....	25
-----------------------	----

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Nível Sigma	15
------------------------------	----

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1.	Seis Sigma	14
2.2.	DMAIC (<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i>)	15
2.2.1.	<i>Define</i> (Definir)	15
2.2.2.	<i>Measure</i> (Medir)	16
2.2.3.	<i>Analyse</i> (Analisar)	16
2.2.4.	<i>Improve</i> (Melhorar)	16
2.2.5.	<i>Control</i> (Controlar)	17
2.4.	Controle Estatístico do Processo (CEP)	17
2.5.	Gráfico X-MR	17
3.	METODOLOGIA	20
4.	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA E ANÁLISE DOS RESULTADOS	22
4.1.	Caracterização da empresa	22
4.2.	Caracterização do processo	23
4.3.	Resultados	25
4.3.1.	Definir	25
4.3.2.	Medir	25
4.3.3.	Analisar	30
4.3.4.	Melhorar	33
4.3.5.	Controlar	35
5.	CONCLUSÃO	38
	REFERENCIAS	39
	APENDICE A - Cinco Por Quês	12
	APENDICE B - Ações Cinco Por quês	13

1. INTRODUÇÃO

A cada ano que se passa após a revolução industrial, aumenta a necessidade de empresas sustentarem os padrões impostos em questão de consumo e bem-estar. Isso se deve à competitividade do mercado, onde é necessário se apoiar na melhoria contínua para adquirir a excelência em qualidade e produtividade. Dessa forma as empresas começaram a desenvolver métodos de melhoria para se manterem competitivas (NASCIMENTO, *et al.*, 2013).

Uma das ferramentas criadas para realizar um estudo para a melhoria contínua foi o seis sigma, que se originou entre o final da década de 80 e início da década de 90 com a Motorola. Ao passar por um momento de entrada de novos concorrentes no mercado que produziam itens de melhor qualidade e menor custo, ela precisou se tornar capaz de enfrentar sua concorrência (WERKEMA, 2004).

Para se manter competitiva no mercado, a Motorola buscou em reduzir os defeitos de seus produtos eletrônicos dentro do período de garantia, buscando maior confiabilidade de seu produto e redução das perdas. E após seu resultado, diversas empresas adotaram a metodologia, sendo a umas delas General Eletric em 1996 (THEVNIN, 2004).

Um dos casos de maior impacto ocorreu na General Electric, após 3 anos da aplicação da ferramenta a empresa teve um grande aumento em seu lucro operacional, conquistando um título de uma das maiores corporações dos Estados Unidos, registrando uma economia de mais de 1,5 bilhões de dólares (BAÑUELAS; ANTONY, 2002).

A metodologia Seis Sigma permite realizar uma medição de um processo, quantificando de forma simples a eficiência do processo, e de acordo com essas medições é possível realizar estudos para ganho de qualidade visando atingir o nível sigma 6, onde o processo apresentaria 99,9997% de rendimento, ou seja, 3,4 defeitos por milhão de oportunidades.

No setor de laminação de fabricação de embalagens flexíveis, um dos fatores encontrados é a perda de material durante o processo, sejam perdas inerentes ou não conformidade do produto, a adequação desse setor a metodologia seis sigma poderia

reduzir as perdas inerentes ao processo e a redução das não conformidades. Ainda como consequência da aplicação pode haver o aumento da produtividade, pois as paradas de máquina não programadas, fazem com que haja a indisponibilidade da máquina afetando a máquina e em alguns casos todo o setor.

No caso de um setor de laminação de fabricação de embalagens flexíveis é possível reduzir as não conformidades no processo produtivo e obter um aumento de eficiência na produção. Assim este trabalho tem por objetivo: realizar a aplicação da metodologia do Ciclo DMAIC para a determinação das causas raízes para não conformidades referentes a falha de laminação, levantar e aplicar as soluções propostas.

O presente trabalho propôs e demonstra aplicação de um estudo visando reduzir a quantidade de não conformidades relacionadas a falha na laminação, utilizando como referência a gramatura de adesivo. Dessa forma as atividades a serem realizadas serão: Levantamento dos padrões exigidos referente a cada defeito, identificação das causas raízes das não conformidades, aplicação da ferramenta de gestão da qualidade matriz verificação de oportunidades de defeitos, e Cálculo do nível sigma de uma máquina de laminação em relação as atividades

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Seis Sigma

A metodologia Seis Sigma utiliza de forma contínua, ferramentas da qualidade, para uma busca incessante na redução de variações no processo, de forma a eliminar os defeitos, e moldar o processo, para que seja realizado igualmente a todo momento (YANG, *et al.*, 2003).

A implementação desta metodologia deve ser realizada de maneira estruturada, visando um aumento de qualidade através da melhoria contínua, sendo necessário garantir a importância de todas as partes do processo produtivo, sendo ele um bem ou serviço (Pfeifer *et al.*, 2001). Pelo fato da busca pela qualidade, eficiência e garantia de funcionalidade para o cliente, a metodologia promove também um ganho no lucro operacional (ANTONY; BAÑUELAS, 2001).

O termo Sigma (σ) advém do alfabeto grego, é representado de forma estatística e métrica a variação que um processo possui, ou seja, o desvio padrão. O algarismo 6 indica o nível máximo da escala, sendo que a variação do processo produtivo em questão de defeitos seria de 3,4 a cada milhão produzido o que seria um índice de 99,9997% de produtos conformes. Dessa forma, é comprovado que o sistema possui grande consistência em sua gestão de qualidade (PARK, 2003). Como indica a Tabela 1.

Tabela 1 – Nível Sigma

Sigma	Defeitos por Milhão (DPMO)	Rendimento (%)
6	3,4	99,9997
5	233	99,997
4	6 210	99,0
3	66 807	93,3
2,5	158 655	84,1
2	308 538	69,1
1,5	500 000	50,0
1,4	539 828	46,0
1,3	579 260	42,1
1,2	617 911	38,2
1,1	655 422	34,5
1	691 462	30,9
0,5	841 345	15,9

Fonte: Park, 2003

2.2. DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*)

De acordo com Antony *et al.* (2007) o Ciclo DMAIC surgiu como uma metodologia do Seis Sigma, a qual foi criada pela Motorola nos anos 80 com intuito de reduzir as chances de produtos não conformes.

Com a diminuição das não conformidades a empresa ganha em tempo, mão de obra e redução de custo, pois não será necessário parar a máquina para identificação do problema ou para revisão de estoque.

Segundo Werkema (2002) a metodologia DMAIC é dividido em 5 fases, sendo elas, Define (Definir), Measure (Medir), Analyse (Analisar), Improve (Melhorar) e Control (Controlar).

2.2.1. Define (Definir)

Nesta fase o objetivo é definir o foco do projeto, estabelecendo qual problema deverá ser sanado. É preciso levar em consideração os benefícios da melhoria em questão de qualidade ou financeira para dar continuidade ao projeto (CARPINETTI, 2016).

Esse será o ponto de partida do projeto, onde tudo será baseado na produção do escopo e a viabilidade. O mapa de raciocínio pode auxiliar nesta fase pelo fato de definir o escopo do projeto. Onde será realizado a descrição do problema e estabelecer uma meta para o final do projeto.

2.2.2. Measure (Medir)

A segunda fase propõe mensurar o desempenho do processo, onde é realizado a coleta de dados, possibilitando o entendimento, as primeiras ideias de causa do problema e identificação dos pontos críticos e oportunidades de melhoria (WERKEMA, 2002)

As melhores oportunidades de melhoria podem ser visualizadas com a utilização do Diagrama de Pareto, de forma que seja entendido a situação atual e a capacidade do processo.

2.2.3. Analyse (Analisar)

Conforme MONTGOMERY (2009), o objetivo desta etapa é usar os dados da etapa anterior para começar a determinar as relações de causa e efeito no processo e compreender as diferentes fontes de variabilidade.

Neste ponto é determinado as causas das falhas e das variações do processo, identificando assim, o que é a causa e efeito. Obtendo mais de uma causa é necessário um estudo de qual possui maior impacto para que o projeto possua maior assertividade.

2.2.4. Improve (Melhorar)

A fase de melhorar, é utilizada para o levantamento das ideias que levarão a solução do problema proposto e a implantação dos planos de ações (CLETO; QUINTEIRO, 2011).

Para isso a utilização da ferramenta 5W2H será útil de forma que será feito um levantamento de o que fazer e como fazer, facilitando o caminhar do projeto.

Conforme Candeloro (2008) a ferramenta é utilizada para situações onde requer um plano de ação, para definir todos requisitos necessários para a implementação e que seja de fácil condução. Onde o significado do 5W2H é What (o que), Who (quem), Where (onde), When (quando), Why (por quê), How (como) e How Much (quanto custa).

Após a definição de todos os requisitos, é possível realizar as ações de forma clara, onde todas as possíveis dúvidas estarão respondidas e descritas.

2.2.5. Control (Controlar)

Os objetivos da etapa de controle, são concluir todo trabalho restante no projeto e entregar o processo aprimorado, juntamente com um plano de controle do processo e outros procedimentos necessários para garantir o êxito do projeto. (MONTGOMERY, 2009)

2.4. Controle Estatístico do Processo (CEP)

De acordo com Longo (1996) o CEP foi desenvolvido, na década de 20, por Shewhart, estatístico norte-americano, que questionava a qualidade e a variabilidade nos processos de manufatura de bens e serviços.

O CEP pode ser descrito conforme aponta Alencar *et al.* (2004) como um monitoramento online utilizando um conjunto de ferramentas que constata a variabilidade do processo no decorrer do tempo por meio de uma coleta de dados contínua. Montgomery (2004) explica que o CEP detém um poderoso agrupamento de ferramentas que ajudam a melhorar a capacidade e estabilidade do processo reduzindo a variabilidade deste.

Mais recentemente Oliveira *et al.* (2018) interpreta que Shewart (1926) queria utilizar métodos estatísticos com uso de gráficos, aceitando causas aleatórias, para tornar os processos previsíveis e estáveis.

2.5. Gráfico X-MR

As cartas de controle, criadas por Schewhart em 1920, servem para dar uma noção visual de como está a variabilidade de um processo, mostrando se este está fora ou sob controle estatístico. Lins (1993) aponta que, por meio destas, é possível verificar a aleatoriedade comum e um possível desvio sistemático como uma causa especial.

É possível utilizar alguns conjuntos de gráficos como por exemplo o gráfico x-barra junto ao gráfico R. Porém devido o processo estudado ser em bateladas, será utilizado o gráfico X-MR, que analisa a amplitude móvel entre cada amostra, pois nesse caso a variabilidade do processo está entre bateladas fazendo com que amostras de uma mesma batelada tenha uma amplitude muito pequena.

A equação 1 representa o MR relacionando cada batelada. Temos na equação 2 a representação da média, enquanto a equação 3 representa o desvio padrão. Por fim, a equação 4 é o MR médio.

$$MR_i = \max\{x_i - x_{i-1}\} - \min\{x_i - x_{i-1}\} \quad (1)$$

$$\hat{\mu} = \bar{x} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i \quad (2)$$

$$\hat{\sigma}_0 = S_D = \frac{\overline{MR}}{d_2} \quad (3)$$

Onde,

$$\overline{MR} = \frac{1}{m-1} \sum_{i=2}^m MR_i \quad (4)$$

Para gerar os limites de controle do gráfico de medidas individuais temos a equação 5, referente ao limite de controle superior, equação 6 representando o limite médio e por fim a equação 7 representando o limite de controle inferior.

$$LSC_x = \hat{\mu} + 3\hat{\sigma} \quad (5)$$

$$LM_x = \hat{\mu} \quad (6)$$

$$LIC_x = \hat{\mu} - 3\hat{\sigma} \quad (7)$$

Com o que diz respeito aos limites de controle para gráfico de amplitude móvel temos as equações 8, 9 e 10, representando respectivamente o limite superior, médio e inferior.

$$LSC_{MR} = \overline{MR} + 3d_3\hat{\sigma} \quad (8)$$

$$LM_{MR} = \overline{MR} \quad (9)$$

$$LIC_{MR} = \overline{MR} - 3d_3\hat{\sigma} \quad (10)$$

3. METODOLOGIA

DMAIC é uma abordagem de consistência orientada por dados que é usada para aprimorar processos. É uma parte importante da iniciativa Seis Sigma, mas geralmente pode ser introduzido como um procedimento de garantia de qualidade autônomo ou como parte de outra melhoria ou conhecimento do processo. O Ciclo DMAIC estabelece desafios, atividades de desenvolvimento e perspectivas de melhoria, prioridades do projeto e expectativas do consumidor (interno e externo). Medição da eficiência da operação. Analisa o mecanismo de identificação das causas raízes da variabilidade, não conformidades (defeitos). Melhorando a eficiência do processo, com o intuito de analisar as causas raízes e promovendo melhorias. Controle do aumento da eficiência do processo e desempenho futuro do processo.

A abordagem DMAIC foi aplicada com a utilização de diversas ferramentas determinadas mais apropriada para cada fase do ciclo. Na fase de definição, o termo de abertura do projeto foi feito para o trabalho e todos os detalhes desde o final da aquisição até o final do cliente foram avaliados através do diagrama SIPOC.

O estudo foi realizado em uma máquina de laminação que realiza a junção de até 3 substratos, possuindo em sua composição principal, três desenroladeiras, uma enroladeira, duas colunas de aplicação de adesivo, duas colunas de laminação e duas estufas.

Um dos principais fatores que influenciam na falha de laminação é a gramatura de adesivo, caso não esteja entre os limites, pode causar bolhas e baixa força de delaminação.

Foram realizadas análises de 949 ordens de produção baseados nos testes de gramatura de adesivo, onde era feita análise de 50% das bobinas produzidas, com uma média de testes de 4 bobinas por ordem de produção. Também realizado o acompanhamento desde o processo de pré-setup até o final de produção de forma a realizar um levantamento de oportunidades para a realização da metodologia e possíveis ganhos em qualidade.

O gráfico de Pareto da fase de medição foi feito para identificar os defeitos causados por falha de laminação com impacto no cliente externo (reclamação de cliente), utilizando ferramentas de medição após a produção para verificar a repetibilidade e reprodutibilidade do processo para que uma revisão potencial fosse

realizada. O controle estatístico do processo (CEP) foi realizado no controle do processo. Na fase de análise, foi analisada a Análise de Causa Raiz do sistema, por meio do 4M que definiu o problema exato para a variação do processo. O teste de hipóteses foi feito e analisado a interferência que causava no processo. Na fase de melhoria, a abordagem *quick* kaizen foi realizada junto com o 5W2H, de forma a facilitar o entendimento de todas as atividades necessárias para a realização do plano de ação que se concluiu com suas execuções em máquina. O software utilizado para realizar o trabalho de pesquisa é o Minitab.

4. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Caracterização da empresa

A empresa em questão atua no ramo de embalagens flexíveis e rígidas. Busca sempre capitalizar as preferências mutáveis de seus consumidores, um cenário em evolução de bens de consumo e varejo e a crescente necessidade de desenvolver embalagens que protejam melhor os produtos, bem como o meio ambiente. A companhia já desenvolveu diversos produtos recicláveis e/ou reutilizáveis e promete entregar uma linha completa até o ano de 2025.

Atualmente é líder global no desenvolvimento e produção de embalagens que são destinadas para alimentos, bebidas, produtos farmacêuticos, médicos, domésticos, uso pessoal, copos descartáveis, caixas de papelão especiais, entre outros bens de consumo.

A empresa conta com mais de 250 plantas em mais de 40 países, 48 mil funcionários e uma receita anual de US\$ 13,4 bilhões (R\$ 51,68 bilhões) em 2018. Desse valor, a empresa dos EUA respondeu por US\$ 4,08 bilhões (R\$ 15,74 bilhões) e 15,7 mil trabalhadores. A planta de Londrina onde o estudo é realizado é a maior da América Latina, contendo mais de mil funcionários. Sendo a especialidade da planta de Londrina a produção de embalagens flexíveis, com uma produção de aproximadamente 1.750,00 toneladas ao mês.

4.2 Caracterização do processo

A empresa em questão realiza diversas etapas desde o recebimento de matéria prima até o produto acabado. O processo se dá início pela extrusão, onde é consumido o granulado e posteriormente é transformado em bobinas de PE. Em uma segunda etapa, é realizado a produção das tintas e adesivos que serão utilizados durante os processos. Na sequência é realizado a impressão, podendo ser em uma máquina flexográfica ou de rotogravura, que os seus produtos irão abastecer as laminadoras para que o produto esteja completo referente suas estruturas, logo o material é encaminhado para o setor de corte e solda, e por fim o material é enviado para a formatação, onde fica pronto para o envase dos produtos do cliente.

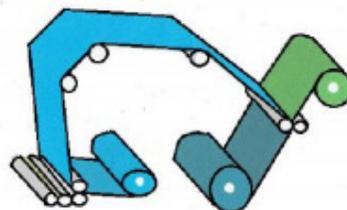
Para Mazzucco (2019), a laminação ocorre quando a um objetivo de “unir” materiais a fim de “somar” suas propriedades, resultando em um material com diferentes características, podendo conter a capacidade de selagem, barreira contra luz, resistência, entre outros.

Neste caso, o processo de laminação consiste na junção de três substratos flexíveis, composto por um filme plástico constituído por polietileno tereftalato impresso, mais conhecido como PET impresso, PET metalizado e um filme de polietileno, conhecido também como PE.

O início se dá com a saída do pet impresso da desenroladeira, passando pela primeira coluna de adesivo, onde o rolo dosador realiza a dosagem de adesivo e repassa para o cilindro aplicador que por sua vez transfere para o *sleeve* que por fim transmite o adesivo para o PET impresso. Após a aplicação do adesivo, o filme segue para a estufa 1 e posteriormente se encontra com o PET metalizado na coluna de laminação 1, onde os dois substratos serão unidos

A Figura 1 ilustra este processo na medida que o filme azul claro representa o PET impresso, que sai da desenroladeira 1, entrando em contato com um rolo prensa e o *sleeve* que contém o adesivo que foi transferido do rolo dosador, e posteriormente para o rolo aplicador. Após a aplicação o filme passa pela estufa e é unido na coluna de laminação 1, com o filme verde que sai da desenroladeira 2, se tornando assim um novo filme com novas características.

Figura 1 – Conjunto de laminação



Fonte: Huanaco Choquehuanca, 2014.

O Componente laminado de PET impresso e metalizado segue para mais uma coluna de aplicação de adesivo, onde desta vez é aplicado no metalizado, realizando a mesma passagem de estufa antes da realização da segunda laminação com o filme PE. Até que o produto chegue na enroladeira para a geração das bobinas com o produto.

4.3 Resultados

4.3.5 Definir

O objetivo do processo de definir é identificar o problema de falha de laminação e explicar a complexidade do projeto. O termo de abertura do projeto foi feito para manter o trabalho no caminho certo e evitar desvios e retrabalho.

O fluxo do processo para o produto foi dado no Quadro 1, diagrama SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer) que foi desenvolvido para orientar os fabricantes, consumidores, as matérias-primas necessárias e a sequência de processos envolvidos na produção.

Quadro 1 – SIPOC

SIPOC				
Suppliers	Inputs	Process	Outputs	Customers
Quem fornece a entrada do processo?	Quais entradas são necessárias?	Quais são as principais etapas do processo?	Quais são os resultados do processo?	Quem recebe?
Setor de impressão	Bobinas de impressas	Setup	Bobinas laminadas	Setor de corte
Setor de preparação de serviços	Bobinas de PET Metalizado	Medição da viscosidade do adesivo		Empresa ABC
Fabrica de tintas	Bobinas de PE	Gramatura do adesivo		
	Adesivo	Trocas de bobinas		
	Sleeve	Inspeção		
	Mangueira de adesivo			

Fonte: Próprio Autor

4.3.2. Medir

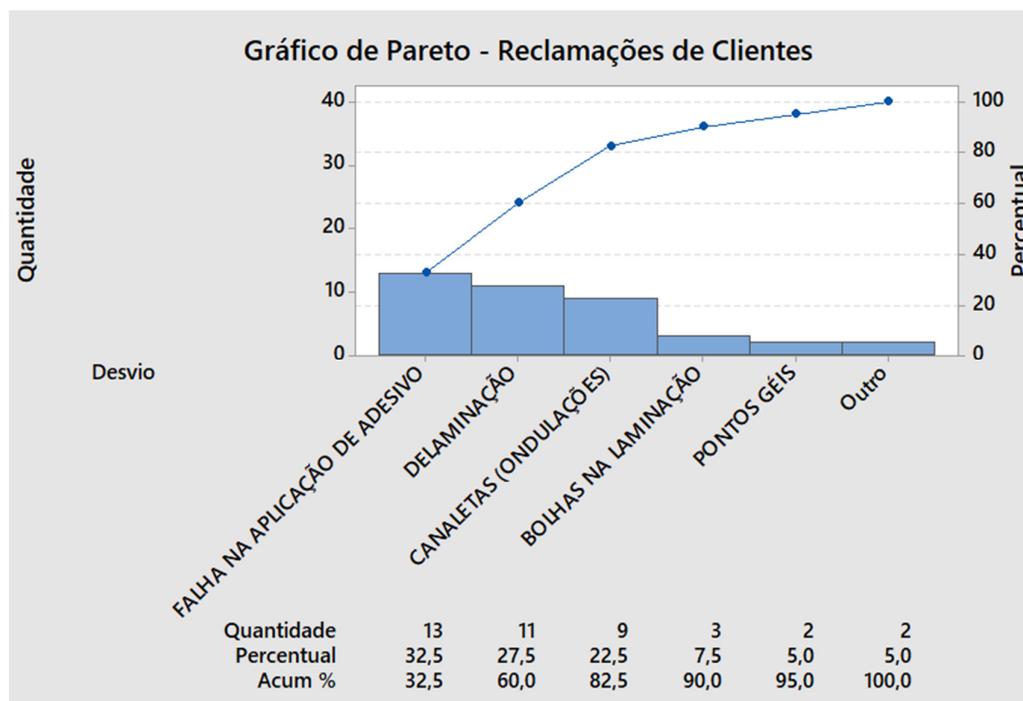
Os dados relacionados à falha de laminação foram coletados para análise e a maioria dos resultados máximos foram considerados usando o gráfico de barras, demonstrada pela Figura 2.

O Gráfico de Pareto utilizou de uma base de dados referente a seis meses, deixando claro os principais motivos de rejeição, assim possibilitando um entendimento mais assertivo das causas do defeito em que as ações devem ser corrigidas.

Existem diversos defeitos que a falha de laminação ocasiona, sendo a maior parte delas advindas de causas raízes em comum. Estas reclamações que possuem

causas semelhantes são: delaminação, falha na aplicação de adesivo e bolhas na laminação. A soma deles possui uma representatividade de 67,5% na rejeição, assim sendo definidas como objetivo do estudo (Figura 2). Os outros defeitos como canaletas e pontos géis são oriundos de outras partes do processo, assim não serão analisados.

Figura 2 – Diagrama de Pareto



Fonte: Próprio Autor

Foi realizado também um estudo para identificar se o processo está sob controle estatístico, utilizando as análises de gramatura de adesivo realizadas após a produção de cada bobina.

A medida em questão é g/m^2 , onde o teste é realizado retirando uma parte da amostra com um gabarito de $10 \times 10 \text{ cm}$, e pesado em uma balança analítica com um dispositivo de capela para que não haja interferência do ambiente, sendo que ela possui uma divisão de $0,0001 \text{ g}$. Dessa forma o peso correspondente desta pesagem será a gramatura do produto. As amostras devem estar no intervalo de $2,7 \text{ g/m}^2$ e $3,3 \text{ g/m}^2$ para que seja atingido a excelência do produto.

Para a quantificação da gramatura de adesivo primeiramente é realizado a pesagem da amostra, posteriormente é realizado a separação dos filmes, e com a utilização de acetato, é feita uma limpeza para a retirada de todo adesivo contido na amostra e realizado uma nova pesagem. A diferença entre o peso inicial e o peso final é denominado gramatura de adesivo.

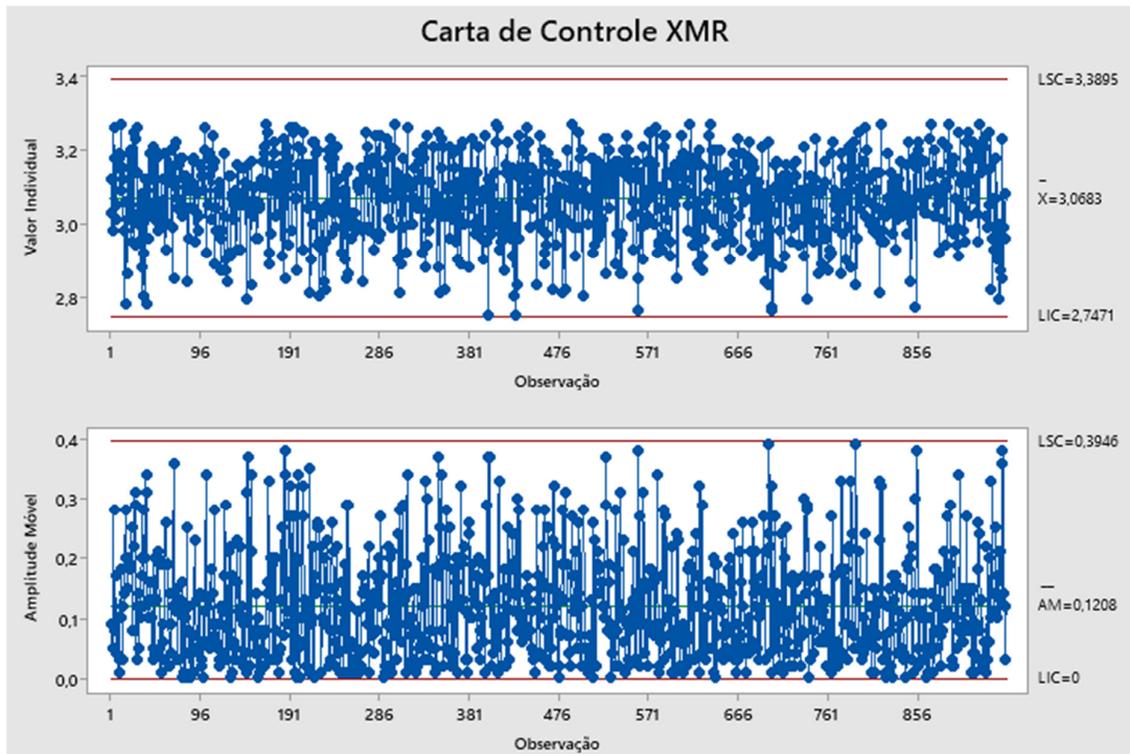
Por se tratar de um processo de bateladas onde os resultados dos testes tendem a ser homogêneos, utilizamos de uma média das gramaturas por ordem de produção e utilizamos o gráfico X-MR para a análise, pois temos uma única observação para cada amostra.

Podemos identifica na Figura 3 o gráfico X na parte superior e o gráfico MR na parte inferior. O gráfico X mostra a linha média demonstrado pelo X barra, sendo a média das bateladas, o LSC (Limite Superior de Controle) sendo calculado pelo X barra mais três vezes o desvio padrão, e o LIC (Limite Inferior de Controle) é calculado pelo X barra menos três vezes o desvio padrão.

O gráfico inferior na Figura 3 se refere ao gráfico MR, onde a linha média é demonstrada pelo AM barra, onde foi calculado a partir da média das amplitudes das duas últimas bateladas, o LSC é calculado pela linha média mais três vezes o d_3 (valor tabelado), vezes o desvio padrão, já o LIC é zero pois o valor seria negativo.

Podemos assim concluir que não há indícios que o processo esteja fora de controle estatístico, sendo que não possui nenhum ponto fora dos seus limites, conforme indicado pela Figura 3.

Figura 3 – Carta de Controle Histórico



Fonte: Próprio Autor

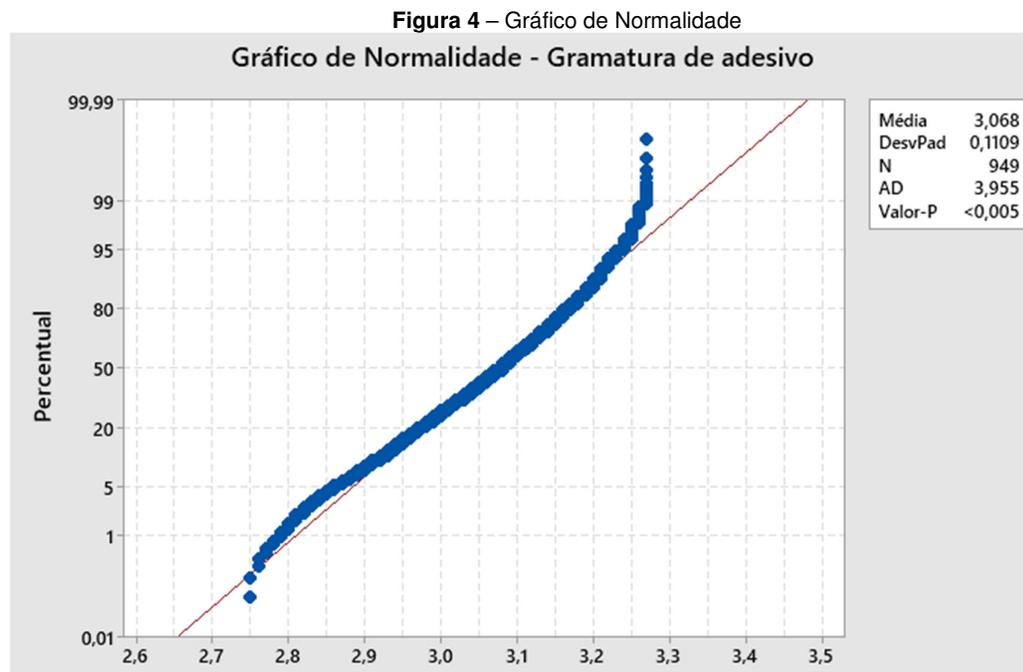
Após isso foi realizado o teste de normalidade utilizando-se da equação de Anderson Darling para avaliar se os dados se distribuem normalmente. Levando em consideração um índice de confiança de 95% é considerado equivalente a distribuição o valor p acima de 0,05, considerando-se assim uma hipótese verdadeira. Dessa forma foi realizado testes para Anderson Darling (Figura 4), verificando o valor P menor que 0,05, dessa forma trata-se de uma curva não normal.

Segundo Rodrigo Gabriel (apud Jhonson, 1949), um procedimento para válido para transformar os dados para normalidade, mesmo não sendo o mais assertivo, é a transformação de Jhonson, é um método mais geral, porém abrange um maior número de distribuições.

Então, com a transformação de Jhonson (Figura 5), onde encontramos um nível de significância (valor p) de 0,225. Dessa forma foi identificado que a melhor maneira de realizar o teste de capacidade e encontrar o nível sigma era com a transformação de Jhonson.

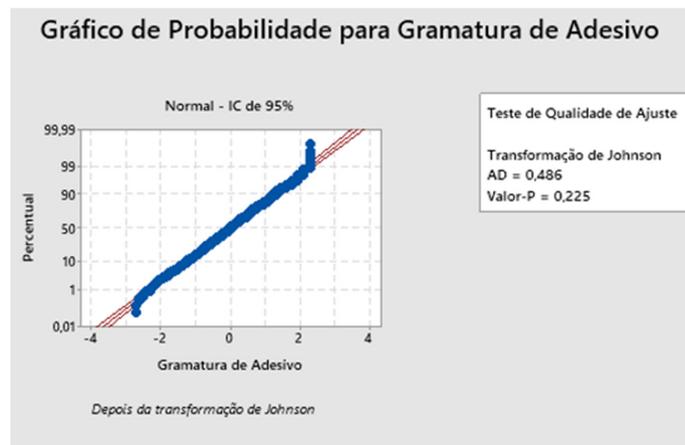
Por não ser uma curva normal e utilizando a transformação de Jhonson, não obtivemos o valor de CP e CPK, dessa forma analisamos somente os desvios globais,

o PPK resultou no valor de 0,68 e o nível sigma de 2,08 (Figura 6). Podemos também analisar na mesma figura que o gráfico se desloca para a direita, tendendo a valores maiores, isso se deve por conta do adesivo utilizado, onde possui maior confiabilidade com uma gramatura maior.



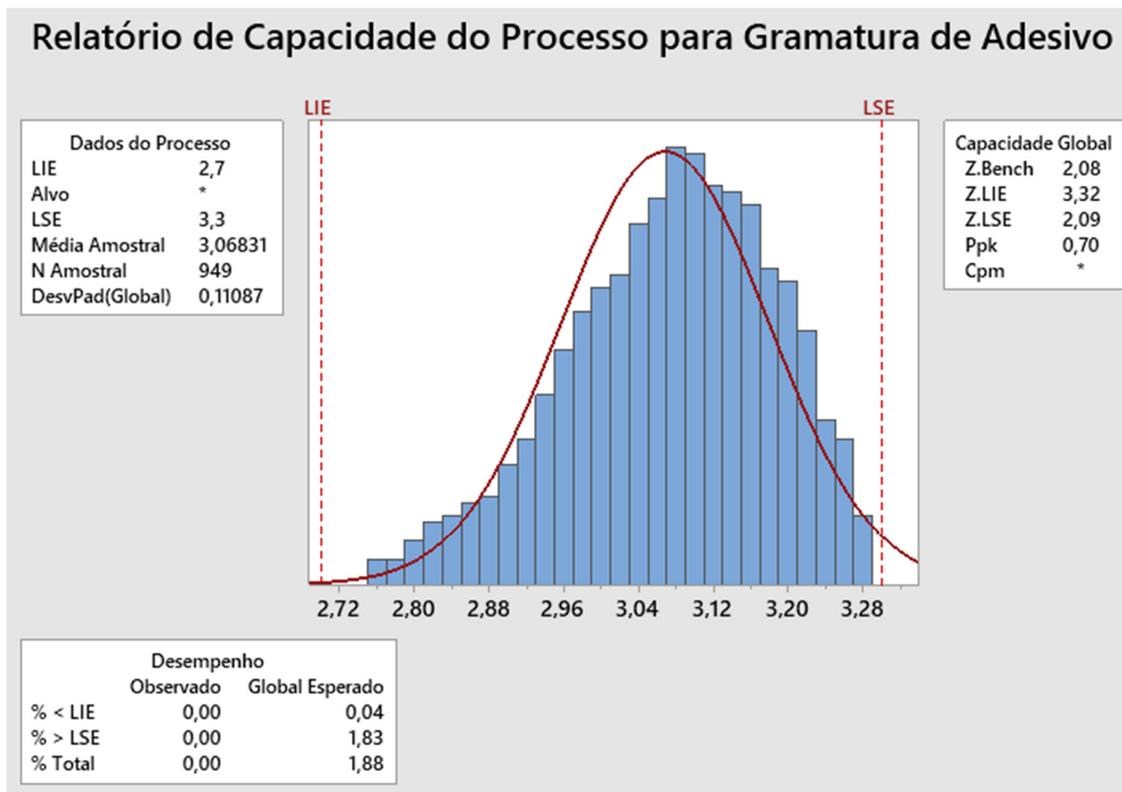
Fonte: Próprio Autor

Figura 5 – Gráfico de Transformação



Fonte: Próprio Autor

Figura 6 – Teste de Capacidade

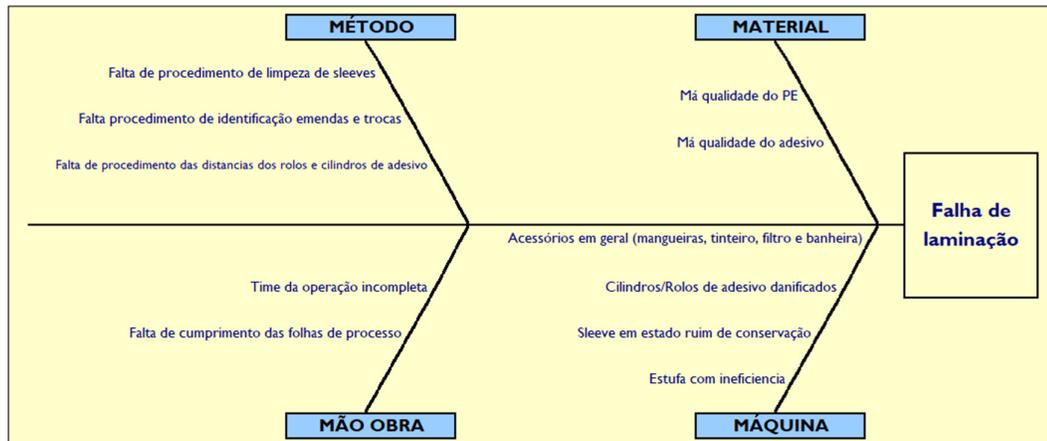


Fonte: Próprio Autor

4.3.3. Analisar

O diagrama de causa e efeito foi desenhado para identificar as causas primárias para a falha de laminação após o *brainstorm*, utilizando de quatro variáveis que o time estipulou ter impacto, sendo elas, método, material, mão de obra e máquina (Figura 7). Cada ramificação define um impacto, o primeiro referindo-se ao material, onde entra a má qualidade das matérias primas, em segundo máquina onde se leva em consideração todos os componentes da máquina que podem acarretar a falha de laminação, os métodos que não existem e necessitam de um padrão para que a qualidade seja adquirida e por último a mão de obra, que significa que os operadores das máquinas tem sua interferência.

Figura 7 – Diagrama de Causa e Efeito

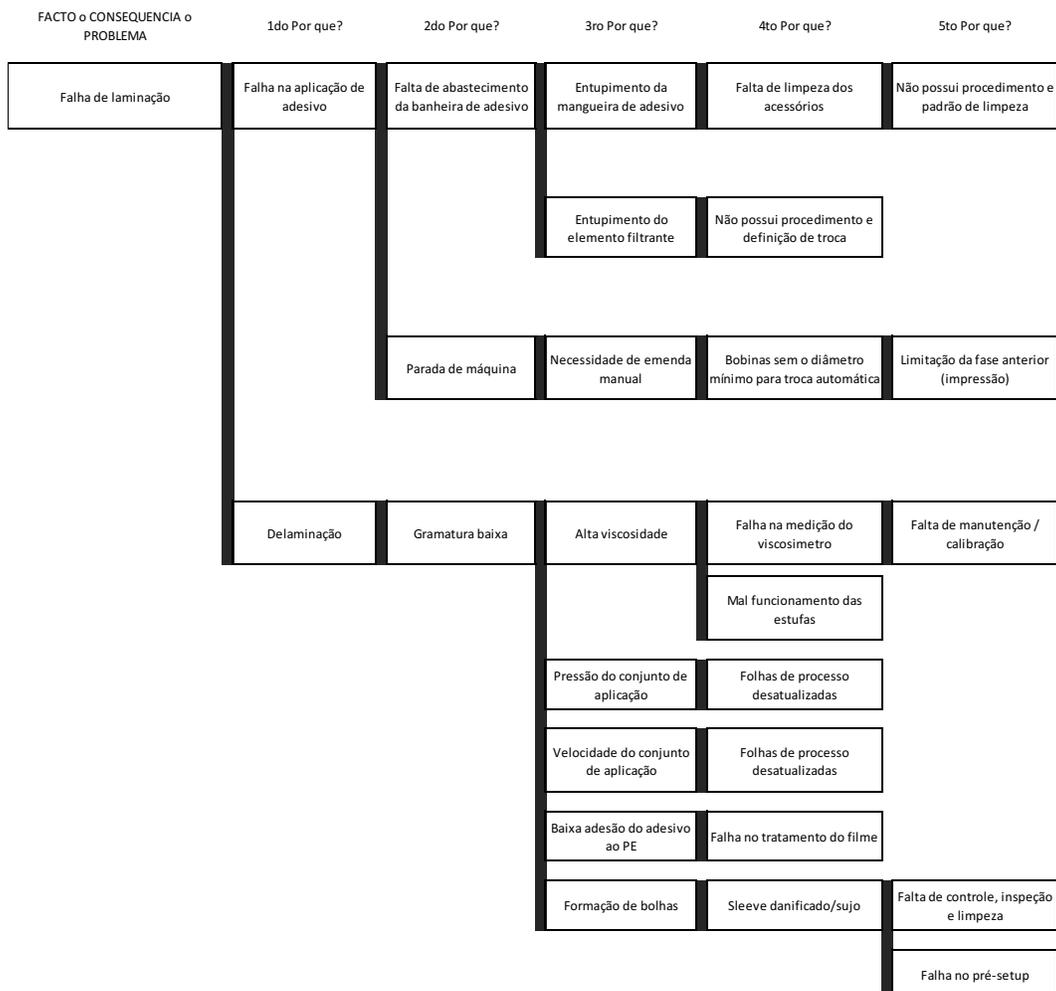


Fonte: Próprio Autor

Após o levantamento do diagrama de causa e efeito, foi relacionado as causas junto com os 5 porquês, de forma que ficasse mais didático e facilitasse a definição das ações (Figura 8), também disponível como anexo para melhor visualização.

A Figura 8 se inicia com o problema que estamos analisando, e a coluna da direita significa a causa da coluna anterior, sendo visualizado dois fatores. Quando um fator possui duas causas, acrescentamos uma linha embaixo para que possa ser analisado todas as causas até que seja possível encontrar a causa raiz de todos os problemas. Neste caso mostra o exemplo da falha de laminação, que é derivado de dois fatores, sendo a falha de aplicação de adesivo ou delaminação assim relatando as causas conseqüentemente.

Figura 8 – Cinco Por Quês



Fonte: Próprio Autor

Assim, foi realizado o estudo da falha de aplicação de adesivo, podendo notar que é um erro operacional, onde o operador de máquina possui total controle, conseguindo identificar onde o defeito começa e onde termina, assim dependendo somente dele para retirar a avaria e evitar que ele chegue ao cliente.

Na primeira parte foi identificado que a falha de aplicação de adesivo se dava pelo entupimento de mangueiras de adesivo ao realizar o abastecimento na máquina ou ao realizar o retorno da máquina para o tinteiro, ou por conta de o filtro estar entupido fazendo com que o adesivo também não chegasse à banheira da máquina.

Outro motivo é referente as paradas de máquina, pois o conjunto de aplicação de adesivo composto pelo rolo dosador, rolo aplicador e *sleeve* só tem a capacidade

de transferir o adesivo quando a máquina atinge a velocidade de cruzeiro (velocidade estipulada para determinado produto).

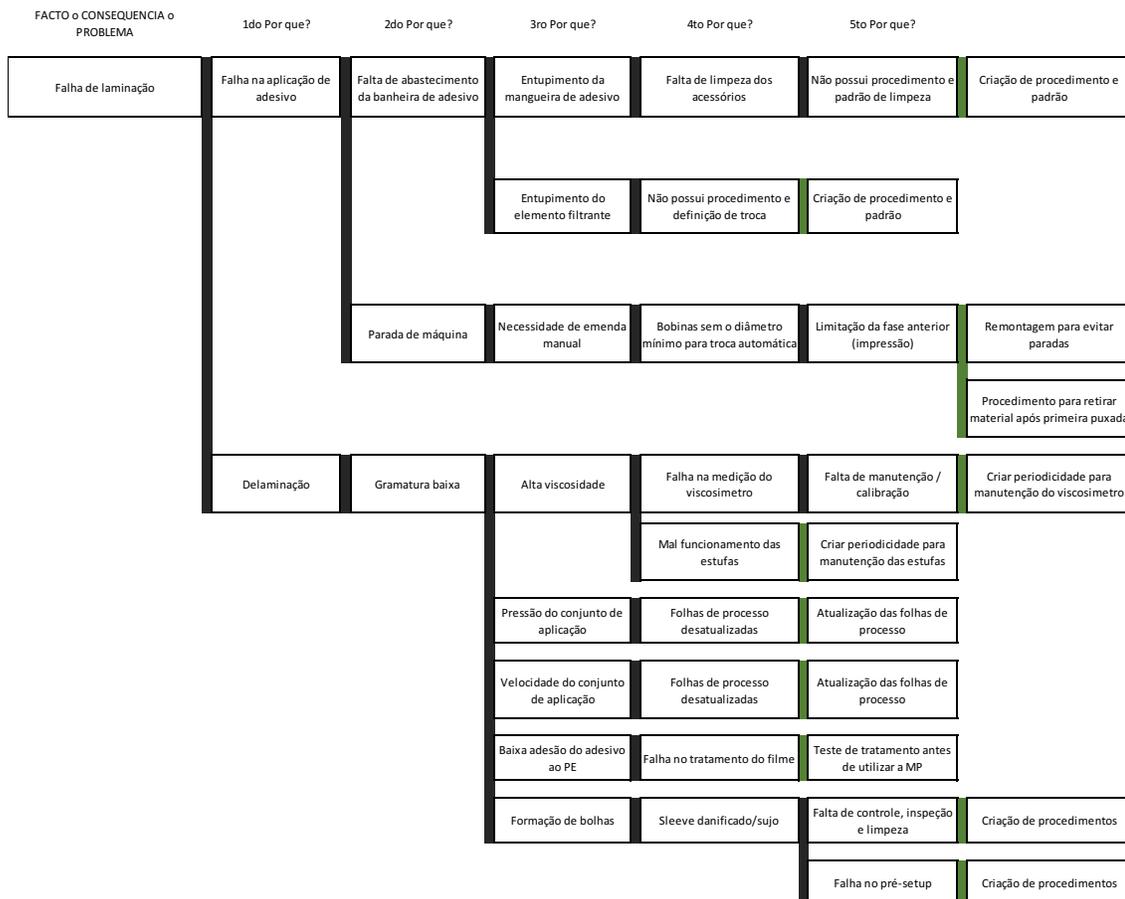
Já a não conformidade por delaminação é advindo de problemas técnicos, onde a operação não possui ação, assim a busca para as melhorias ficou focada com a engenharia de processos e a manutenção.

A delaminação ocorre pelo fato de a gramatura de adesivo não estar dentro do padrão, podendo ser influenciado por diversos fatores, como, a viscosidade do adesivo, pressão e velocidade do conjunto de aplicação de adesivo, problemas com o tratamento do filme PE, e pela formação de bolhas na laminação que os *sleeves* e os rolos de aplicação podem causar por conter anomalias.

4.3.4. Melhorar

Ao longo deste ponto, as soluções potenciais que podem levar a melhorias no processo foram introduzidas, verificadas e revisadas. As etapas de planejamento organizado foram realizadas de tal maneira, a garantir-se, para qualquer etapa da entrega do projeto, estivesse sendo seguida e que os resultados foram devidamente comunicados, onde as lacunas em verde trazem as ações que foram realizadas, como mostra a Figura 9, também disponível em anexo para melhor visualização. Nela criamos a partir de cada causa raiz uma ação para sanar o defeito. Como por exemplo a criação de procedimentos, padrões, realização de novas atividades e atualização de procedimentos antigos.

Figura 9 – Ações Cinco Por quês



Fonte: Próprio Autor

Primeiro foi realizado as ações referentes a falha de aplicação de adesivo, no setor de preparação de serviços, setor que fornece os acessórios de máquina, foi desenvolvido um procedimento e padrão de limpeza para as mangueiras e acessórios nos quais poderiam causar entupimento do fluxo de adesivo e o direito de recusa da laminadora caso não estivesse no padrão. A segunda ação foi destinada para o setor de impressão, onde foi criado uma instrução de trabalho que padroniza o fluxo para bobinas com diâmetro inferior a capacidade da troca automática, com finalidade a diminuir as paradas de máquina e consequentemente a falha de aplicação de adesivo. Posteriormente junto com a operação da laminadora foi realizado um treinamento para descarte do material laminado momentos antes da máquina atingir a velocidade de cruzeiro, assim evitando que o defeito passe para a fase seguinte ou chegue no cliente final.

Para conter o defeito de laminação, foi decidido atacar as condições básicas da máquina, realizando manutenção nos viscosímetros e nas estufas e criado uma periodicidade para que ambos se mantenham com uma confiabilidade maior. Segundo foi criado um procedimento de controle, inspeção e limpeza de *sleeves* e cilindros, sendo executado durante o pré e pós-setup. E por fim, as folhas de processos foram sendo atualizadas de forma que os produtos entravam em máquina, assim realizando a adoção dos novos parâmetros.

Um ponto que foi observado, é que mais de 80% das ações são questões comportamentais, por ser difícil a mudança repentina de hábito, foi estabelecido que haveria auditorias por quatro meses com objetivo de tornar as atividades mais rotineiras e conseqüentemente diminuir a periodicidade das auditorias.

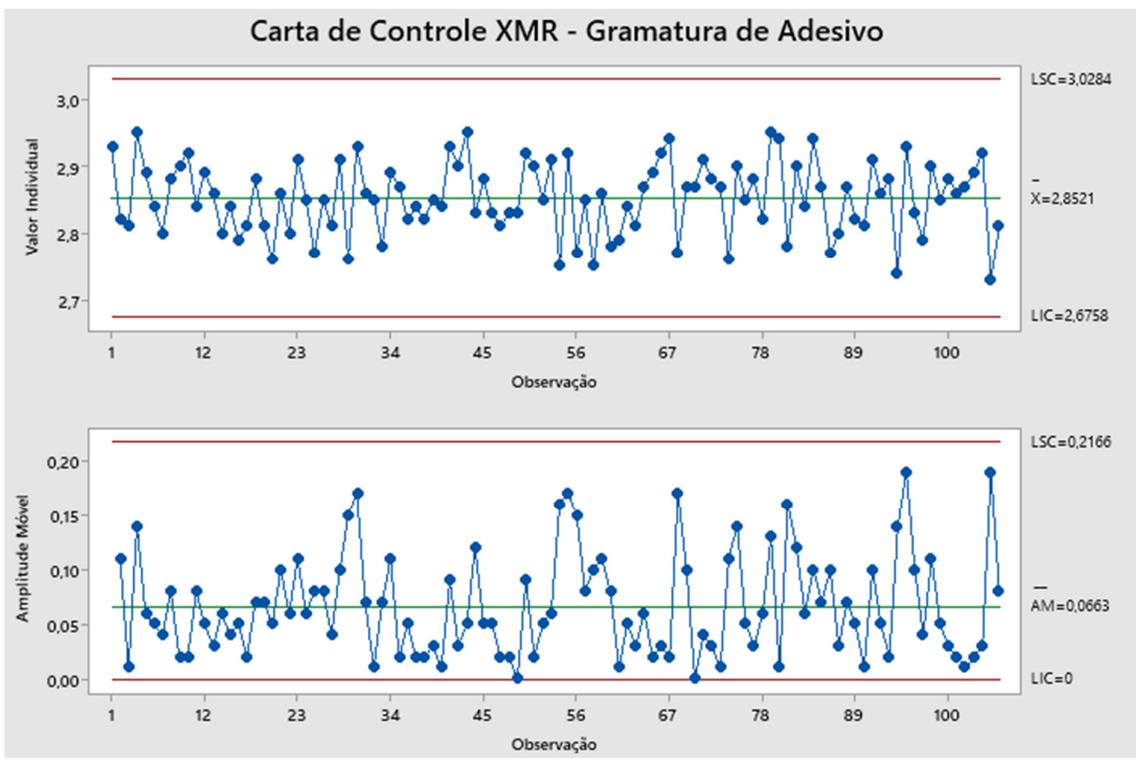
4.3.5. Controlar

A etapa final do sistema Seis Sigma DMAIC é o controle de processo. Durante a aplicação do Seis Sigma, o processo de monitoramento foi implementado de forma a manter aquele progresso alcançado durante a fase de desenvolvimento. Nesta etapa, essencialmente realizamos uma pré e pós-análise de algumas das descobertas em consideração.

Como citado anteriormente na análise de causa raiz, os problemas por falha de laminação se dividem em duas vertentes, falha de aplicação de adesivo, onde os problemas são mais operacionais e por se tratar de falhas pontuais, não é possível a medição pela análise das amostras, assim o controle será pela análise das reclamações dos meses seguintes, porém, pelo fato das ações ainda serem recentes, para obter maior confiabilidade no resultado, as reclamações de clientes começarão ser analisadas será após dois meses, um lead time médio desde a laminação até o consumo do material no cliente.

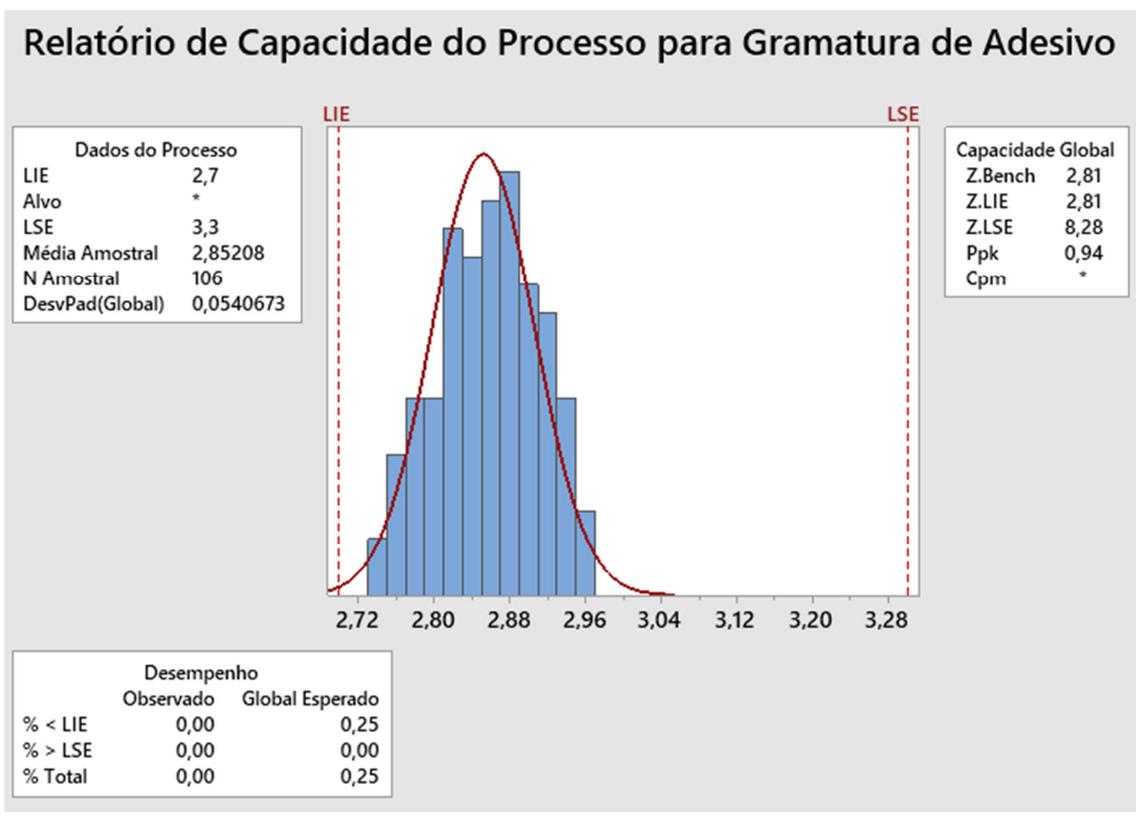
Já a falha por gramatura de adesivo será controlada pelo Ppk e nível sigma, onde conseguimos identificar o resultado de imediato, porém agora, com uma amostragem menor comparada com a inicial. Nesta análise, podemos identificar o que o processo está sob controle estatístico através da carta de controle XMR (Figura 10). E realizando as análises, encontramos um valor de PPK foi de 0,94 e o valor sigma de 2,81 (Figura 11)

Figura 10 – Carta de Controle Atual



Fonte: Próprio Autor

Figura 11 – Capacidade do Processo Atual



Fonte: Próprio Autor

5. CONCLUSÃO

O trabalho foi realizado em uma fábrica de embalagens flexíveis, sendo focado no processo de laminação. O setor sofria com aproximadamente 4,5 reclamações por mês referentes a falha de laminação. Outro impacto importante, é que 60% das reclamações causam grandes transtornos por ocorrer vazamento na linha do cliente.

Para a elaboração do trabalho foi utilizado a metodologia DMAIC, inserida no Seis Sigma, e utilizando diversas ferramentas da qualidade, como, SIPOC, gráfico de Pareto, diagrama de causa e efeito, 5 por que e cartas de controle.

Os principais problemas encontrados foram: procedimentos desatualizados, falta de procedimento básicos para orientação da produção e condições de acessórios de máquina ruins. Dessa forma foram elaborados planos de ação para cada tipo de problema encontrado, realizando atualizações em procedimentos, criação de novos procedimentos e reestabelecimento das condições básicas dos acessórios.

A partir destas melhorias pode-se inferir que há indícios de melhora no processo, em que o trabalho partiu de 2,08 para 2,81. Além disso, espera-se diminuir a reincidência de reclamações de clientes, que é outro fator importante para manter a empresa competitiva.

Vale ressaltar os deslocamentos do gráfico de capacidade do início do projeto para o fim dele. Anteriormente era utilizado um adesivo onde se trabalhava com uma gramatura maior para se obter maior performance, diferente do novo adesivo que é utilizado na coleta de dados dos resultados, onde possui maior performance mesmo com uma gramatura mais baixa.

REFERENCIAS

ALENCAR, Rui. JUNIOR, Maurício B. S. NETO, Pedro, R. Uso de controle estatístico de processo (CEP) para validação de processo de glibenclamida comprimidos. Revista Brasileira de Farmácia. Rio de Janeiro. 2004;

ANTONY, J. FRENIE, A. ANTONY, F. (2007), Determining the essential characteristics of Six Sigma Black Belts. The TQM Magazine, v. 19, n. 3, p. 274–281;

BAÑUELAS, R.; ANTONY, J. Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizations. The TQM Magazine, v. 14, n. 2, p. 92-99, 2002;

CARPINETTI, L. Gestão da Qualidade – Conceitos e Técnicas. 3ª Edição. São Paulo: Atlas, 2016;

CLETO, M. QUINTEIRO, L. Gestão de Projetos Através do DMAIC: Um Estudo de Caso na Indústria Automotiva. Revista Produção Online, v.11, n.1, mar. 2011;

CHOQUEHUANCA, Rosario Huanaco. Trabalho de conclusão de curso. Control De Calidad umumana Empresa De Empaques Flexibles. Facultad de ingeniería química e têxtil. Universidad nacional de Ingeniería. (Figura). Lima: UNI. 2014;

Ferreira, Carlos. Pesquisa Quantitativa e Qualitativa: Perspectivas para o Campo da Educação, 2003;

GAMBOA, Sívio Sanchez. Quantidade-qualidade: para além de um dualismo técnico e de uma dicotomia epistemológica. In: SANTOS FI-LHO, José Camilo; GAMBOA, Sívio Sanchez (Org.). Pesquisa educacional: quantidade-qualidade. São Paulo: Cortez, 1995;

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008;

LINS, B. F. E. Ferramentas básicas da qualidade. Ciência da Informação. Brasília, v.22, p.153, 1993;

JOHNSON, N. L. Systems of Frequency Curves Generated by Methods of Translation. Biometrika, 36, p. 149-176, 1949.

LONGO, Rose M. J. Gestão da Qualidade: Evolução Histórica, Conceitos Básicos e Aplicação na Educação. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 1996;

NASCIMENTO, ANDRÉ; DIACENCO, ADRIANA; BEZZERA, JOSÉ. Aplicação de metodologias Seis Sigma no Aperfeiçoamento da Galvanoplastia, com Homogeneização da Camada Cromo Duro, 2013;

NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa: características, usis e possibilidades. Caderno de Pesquisas em Administração. São Paulo, v. 1, n. 3, 1996 (https://www.hugoribeiro.com.br/biblioteca-digital/NEVES-Pesquisa_Qualitativa.pdf);

MAZZUCO, M.M. Estudo da Ocorrência de Canaletas no Processo de Laminação em uma Indústria de Embalagens Flexíveis, 2019;

Miranda, Rodrigo Gabriel de. "Um modelo para a análise da capacidade de processos com ênfase na transformação de dados." 2005;

MONTGOMERY, D.C. Introduction to Statistical Quality Control. 6ª. ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2009;

MONTGOMERY, Douglas C. Introdução ao controle estatístico da qualidade. Ed. 4. Rio de Janeiro: p. 513, LTC, 2004;

OLIVEIRA, Bruna K. S. OPRIME, Pedro C. e JARDIM, Felipe S. Desenvolvimento de um modelo estatístico para medir o desempenho do gráfico de aceitação a partir dos

índices de capacidade do processo. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. v.45, p. 1-19, 2018;

Park, Sung H. 2003. Six Sigma for Quality and Productivity Promotion. Toquio : Asian Productivity Organization, 2003;

PFEIFER, T.; REISSIGER, W.; CANALES, C. Integrating six sigma with quality management systems. The TQM Magazine, v. 16, n. 4, p. 241-249, 2004;

SELLTIZ, C.; WRIGHTSMAN, L. S.; COOK, S. W. Métodos de pesquisa das relações sociais. São Paulo: Herder, 1965;

THEVNIN, C. Effective management commitment enhances six sigma success. Handbook of Business Strategy, v. 5, n. 1, p. 195-200, 2004;

WERKEMA, Cristina. Criando a Cultura Seis Sigma. s.l. : WERKEMA Editora, 2004.
WERKEMA, M. C. C. Criando a Cultura Seis Sigma. Rio de Janeiro: Qualitymark, p.13-45, 2002;

Yang, Kai e El-Haik, Basem. 2003. Design for Six Sigma - A Roadmap for Product Development. s.l. : McGrall-Hill, 2003;

APENDICE A - Cinco Por Quês

FACTO o CONSEQUENCIA o PROBLEMA	1do Por que?	2do Por que?	3ro Por que?	4to Por que?	5to Por que?	
Falha de laminação	Falha na aplicação de adesivo	Falta de abastecimento da banheira de adesivo	Entupimento da mangueira de adesivo	Falta de limpeza dos acessórios	Não possui procedimento e padrão de limpeza	
			Entupimento do elemento filtrante	Não possui procedimento e definição de troca		
		Parada de máquina	Necessidade de emenda manual	Bobinas sem o diâmetro mínimo para troca automática	Limitação da fase anterior (impressão)	
	Delaminação	Gramatura baixa	Alta viscosidade	Falha na medição do viscosímetro	Falta de manutenção / calibração	
				Mal funcionamento das estufas		
				Pressão do conjunto de aplicação	Folhas de processo desatualizadas	
				Velocidade do conjunto de aplicação	Folhas de processo desatualizadas	
				Baixa adesão do adesivo ao PE	Falha no tratamento do filme	
				Formação de bolhas	Sleeve danificado/sujo	Falta de controle, inspeção e limpeza
						Falha no pré-setup

Fonte: Próprio Autor

APENDICE B - Ações Cinco Por quês

FACTO o CONSEQUENCIA o PROBLEMA	1do Por que?	2do Por que?	3ro Por que?	4to Por que?	5to Por que?			
Falha de laminação	Falha na aplicação de adesivo	Falta de abastecimento da banheira de adesivo	Entupimento da mangueira de adesivo	Falta de limpeza dos acessórios	Não possui procedimento e padrão de limpeza	Criação de procedimento e padrão		
			Entupimento do elemento filtrante	Não possui procedimento e definição de troca	Criação de procedimento e padrão			
		Parada de máquina	Necessidade de emenda manual	Bobinas sem o diâmetro mínimo para troca automática	Limitação da fase anterior (impressão)	Remontagem para evitar paradas	Procedimento para retirar material após primeira puxada	
	Delaminação	Gramatura baixa	Alta viscosidade	Falha na medição do viscosímetro	Falta de manutenção / calibração	Criar periodicidade para manutenção do viscosímetro		
				Mal funcionamento das estufas	Criar periodicidade para manutenção das estufas			
				Pressão do conjunto de aplicação	Folhas de processo desatualizadas	Atualização das folhas de processo		
				Velocidade do conjunto de aplicação	Folhas de processo desatualizadas	Atualização das folhas de processo		
				Baixa adesão do adesivo ao PE	Falha no tratamento do filme	Teste de tratamento antes de utilizar a MP		
				Formação de bolhas	Sleeve danificado/sujo	Falta de controle, inspeção e limpeza	Criação de procedimentos	
						Falha no pré-setup	Criação de procedimentos	

Fonte: Próprio Autor