

APLICAÇÃO DO MÉTODO DMAIC NA REDUÇÃO DE DEFEITOS DE CONFORMAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS METÁLICAS

Data de aceite: 01/02/2024

Danilo Moreira de Menezes Junior

Johny Martins Paiva

Marlene Jesus Soares Bezerra

Marcelo Contente Arese

Laila Rolim de Freitas

XVII CNEG _ Congresso Nacional de Excelência em Gestão / INOVARSE _ Simpósio de Inovação e Responsabilidade Social & ESD Economic and Social Development Conference

1 | INTRODUÇÃO

Na busca de alavancar a competitividade e se manterem competitivas no mercado, as organizações têm procurado por ferramentas e métodos consistentes e eficazes para romper com o método tradicional de negócios.

Atualmente, existem ferramentas que não só focam em produzir produtos ou serviços com qualidade (redução dos defeitos) como a trazer melhorias ao negócio da empresa de forma geral,

gerando aprendizado, com foco em redução de desperdícios e custos (ECKES, 2001).

Dentre os programas existentes, destaca-se o Seis Sigma, método que teve sua primeira aplicação nas indústrias da Motorola na década de 80, alcançando crescimento sem precedentes na década seguinte, promovendo aplicação eficiente das práticas de qualidade e reduzindo o nível de defeitos a uma escala mínima, a escala Seis Sigma (Eckes, 2001). Através do método DMAIC (D - definir, M - medir, A - analisar, I - implementar e C - controlar), o Seis Sigma objetiva alcançar esse nível de qualidade com o mínimo de defeitos (PYZDEK & KELLER, 2010).

A partir disso, esse estudo pretende propor a aplicação do método DMAIC em um processo de produção de embalagens metálicas para bebidas em uma indústria situada no Rio de Janeiro. Com a aplicação do método, espera-se reduzir a incidência de defeitos na máquina de conformação de latas, que ocorre na parte inicial do processo, denominada como *Front End*. O

método Seis Sigma proposto nesse estudo é de uma abordagem a nível de faixa amarela, ou *Yellow Belt*.

2 | SITUAÇÃO PROBLEMA

A empresa estudada faz parte de uma companhia multinacional, cujo principal negócio está voltado para produção de embalagens metálicas para bebidas, ou seja, latas de diversos tipos rótulos e formatos. O estudo propõe aplicação do método *DMAIC* em uma das plantas da empresa no estado do Rio de Janeiro. Essa planta possui duas linhas de produção e produz latas no formato de 12oz padrão, mais conhecida no Brasil como a lata tradicional de 350 ml. A empresa será tratada no estudo como empresa X, por questões de sigilo e de acordo com as normas de confidencialidade da empresa.

O escopo para a aplicação do método está limitado às máquinas de conformação da linha 1, situadas no *Front End* da operação. A linha 1 possui 6 máquinas de conformação enquanto a linha 2 possui 7. De acordo com os dados coletados nos meses de janeiro a julho de 2020, a incidência de defeitos das máquinas da linha 1 foi superior dos da linha 2, estando o número de defeitos acima dos valores traçados como valor mínimo diário de defeitos. Esses defeitos, acima do previsto, geram custos adicionais de operação, desperdício de matéria-prima, mão-de-obra e custos de manutenção de equipamentos. Essa incidência impacta diretamente na eficiência produtiva das máquinas de conformação e por consequência na planta produtiva.

Com esse cenário, foi proposta a aplicação do método *DMAIC* para a redução do índice de defeitos das máquinas de conformação da linha 1 desse processo produtivo.

3 | OBJETIVO DA PESQUISA

O estudo tem como objetivo geral propor a aplicação do método *DMAIC*, com base em um programa Seis Sigma visando a redução da incidência de defeitos produtivos das máquinas de conformação de latas da linha 1 do processo produtivo de uma fábrica de embalagens metálicas no estado do Rio de Janeiro.

É esperado alcançar o objetivo analisando a condição atual do escopo proposto no estudo, desde o fornecimento dos copos metálicos provindos de um processo anterior até a entrega das latas conformadas para o processo seguinte através de dados coletados no período estudado e propor aplicação das ferramentas adequadas ao tipo de processo estudado.

4 | METODOLOGIA

O presente estudo consiste em pesquisa aplicada, de caráter descritivo que, de acordo com Gil (2010), tem como objetivo descrever as características de determinadas

populações ou fenômenos. Sua utilização está baseada na aplicação de técnicas padronizadas de coleta de dados, a partir dos sistemas informatizados da empresa, bem como questionários e a observação sistemática do processo, digital ou não.

O referencial teve como fontes de pesquisas a utilização de livros referentes ao tema abordado. As fontes primárias foram obtidas de dados extraídos dos sistemas de medição e análise que a empresa X possui.

5 | REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com Santos e Martins (2003, citado por Leal (2021)), a metodologia Seis Sigma segue um modelo rigoroso que assegura que o gerenciamento de projetos Lean Seis Sigma tenha uma sequência lógica, ordenada e eficaz. Esse modelo é chamado de método DMAIC. Cada letra dessa sigla representa respectivamente a uma etapa do método, do início ao fim. O significado das letras são: D- Definir ou *Define*, M- Medir ou *Measure*, A- Analisar ou *Analyze*, I- Implementar ou *Improve* (ou Melhorar) e C- Controlar ou *Control*.

O conceito básico da metodologia é que o problema que esteja causando impacto negativo no processo não tenha ainda uma causa conhecida (Cleto e Quinteiro, 2011, citado por Tubaki (2011)). As principais atividades do DMAIC são baseadas na identificação nas variáveis de entrada (X's) que estão criando o problema em questão, que é chamada como variável de saída (Y) (George, 2002). Se faz necessário como pré-requisito do estudo a existência de elementos que possam ser mensurados e registrados como dados. A partir do registro e medição, dá-se a fase de analisar os dados obtidos para ter maior entendimento do comportamento atual das variáveis de entrada e saída e conseguir visualizar o comportamento dessas após a implementação de melhorias (COUTINHO, 2020).

5.1 Etapa Definir

Na etapa Definir o foco está na designação de um projeto crítico, incluindo a designação de quem é responsável por este e quando será a entrega. Para um projeto ter início e continuidade, o projeto tem que ser considerável viável para a organização, demonstrando um retorno financeiro pela redução de despesas ou aumento de eficiência do negócio (The Council for Six Sigma Certification, 2018). Recomenda-se nessa etapa a utilização da carta de projeto (*Project Charter*) como ferramenta principal dessa etapa que funciona como o contrato e documento oficial assinado pelo patrocinado (*Sponsor*) para autorização do início do projeto (PYZDEK & KELLER, 2010).

A ferramenta *Project Charter* ou TAP (termo de abertura do projeto) é uma ferramenta que registra os primeiros passos de um projeto Lean Seis Sigma. É um documento formal que firma um contrato entre a equipe do projeto e as partes interessadas ligadas à alta direção (WEKERMA, 2014).

5.2 Etapa Medir

Na etapa Medir a abordagem do método DMAIC está direcionada para coleta de dados que serão estudados com maior profundidade na fase Analisar. Esta etapa tem por principal objetivo o desenvolvimento de um sistema de medição confiável dos dados relacionados às variáveis do processo definido na etapa anterior. A Medição trata de coleta de dados, visualização de fluxograma mais detalhado e estatística básica (WEKERMA, 2014).

De acordo com Wekerma (2014), é através da etapa de Medição que é possível explicar qual é o estado atual e quais são as fontes de variação do processo. Algumas ferramentas a serem utilizadas nessa etapa do processo:

- Fluxograma;
- Mapa de processo;
- Plano de coleta de dados.

a) Fluxograma

De acordo com Pyzdek & Keller (2010), o fluxograma é uma ferramenta gráfica simples que documenta o fluxo de um processo, sequenciando as etapas do processo e fornecendo uma visão global do processo estudado. Na Fig. 1 está representada a simbologia do fluxograma, cada etapa ou atividade é representada por um símbolo.





Símbolo	Significado	Descrição
	Pontos de Início e Término	Identifica os limites do processo
	Atividade	Identifica o que está sendo feito. As atividades necessárias e as desnecessárias
	Decisão	Ilustra os pontos de decisão do projeto. Decisões sim/não.
	Fluxo	Representa a direção do percurso/fluxo do processo

Figura 1 - Simbologia do fluxograma simples

Fonte: o autor, adaptado de Coutinho (2020)

Segundo referenciado na Fig. 1, os retângulos com bordas arredondadas ou círculos apontam atividades de início ou fim de processo, os retângulos com bordas retas apontam as atividades do processo, os losangos apontam as decisões que podem ser respondidas com “Sim” ou “Não”, direcionando assim o processo, avançando, retornando ou terminando o fluxo do processo. Caso os pontos de início e término sejam círculos, as atividades podem ser retângulos com bordas arredondadas. Por fim, as setas indicam o fluxo ou direção do processo.

b) Mapa de processo

De acordo com visão de Wekerma (2014) e Coutinho (2019), o mapa de processo é utilizado para descrever os limites e registrar a operação do processo como também as atividades que agregam valor e aquelas que não agregam valor. Com essa ferramenta é possível identificar os seguintes pontos:

- Etapas que agregam valor;
- Etapas que não agregam valor;
- As principais saídas de cada etapa;
- As variáveis de entradas (X's);
- As principais entregas (Y's).

c) Plano de coleta de dados

De acordo com Montgomery (2021), os dados para análises estatísticas são quase sempre coletados a partir de uma amostra que foi selecionada a partir de uma população. A coleta efetiva de dados pode facilitar a análise e conduzir a um melhor entendimento da população ou processo estudado. Baseado num estudo de observação, o profissional que está acompanhando o processo registra as grandezas de interesse, tendo o cuidado de importunar o processo o mínimo possível. Através do registro é possível realizar os estudos estatísticos baseados na amostra da população. Os registros devem ser aleatórios e considerar quantidade ideal de dados presente em uma amostra para entendimento do comportamento da população.

5.3 Etapa Analisar

A etapa analisar trabalha de forma mais aprofundada a relação de causa e efeito entre as entradas e saídas do sistema (Allen, 2006). Nesta etapa é realizada a análise de modos e efeitos de falha, a análise FMEA.

A análise FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) é uma ferramenta utilizada para identificar, priorizar e prevenir falhas em potencial de um produto ou serviço (Wekerma, 2014). De acordo com Allen (2006), através do uso do FMEA, é possível mapear e analisar as possíveis chances de falha de um processo e dessa forma seus efeitos indesejados. Nessa utilização, para cada falha mapeada, são levantadas correções para aumento de confiabilidade desse processo, reduzindo impacto da geração da falha. Seguindo visão de Allen (2006) o impacto abordado pelo FMEA pode dar-se de quatro formas:

- Severidade – reflete o nível de gravidade do efeito na percepção do cliente.
- Ocorrência – é a probabilidade de ocorrência de uma causa.
- Detecção – é a probabilidade de uma falha ser detectada antes de ser entregue a um cliente.

- Grau de risco – é o chamado índice de risco (RPN – *risk priority number*) e é calculado pela multiplicação dos valores de severidade, ocorrência e detecção. As variáveis mapeadas com alto grau de risco são priorizadas para atuação para que depois de trabalhadas tenham o cálculo de RPN refeito para verificar se as ações de melhoria foram eficazes.

5.4 Etapa Implementar

A etapa chamada de implementar ou melhorar, tem como objetivo utilizar os dados coletados na etapa medir e as análises da etapa anterior para ajustar as variáveis de entrada e recomendar ações provisórias visando a melhoria do processo (Allen, 2006). O plano de implementação é a principal ferramenta desta etapa. Paralelamente ao cumprimento desse plano é feita uma análise para verificar a eficácia do plano para redução do problema em questão.

Conforme o Guia *The Council for Six Sigma Certification* (2018), esta é uma fase vital do projeto onde as equipes devem elaborar e cumprir um plano de ação para garantir que nenhum requisito seja ignorado. Durante essa etapa, o líder do projeto delegará atividades aos membros da equipe que, também contará com a contribuição de membros e funcionários que não fazem parte da equipe do projeto.

5.5 Etapa Controlar

É a última etapa do projeto. Nesta fase, o time do processo estabelece monitoramento para que o processo continue com êxito após as ações implementadas da etapa anterior. Simultaneamente, a equipe trabalha na transição do processo de volta aos responsáveis por ele (THE COUNCIL FOR SIX SIGMA CERTIFICATION, 2018).

Pyzdek & Keller (2010) atestam que o objetivo desta fase é fornecer evidências de que a meta do projeto foi alcançada. As alterações realizadas nas variáveis de entrada devem ser documentadas como procedimentos operacionais padrão de forma que a conclusão do projeto seja bem-sucedida. Nessa etapa são utilizadas ferramentas como: plano de controle e os procedimentos operacionais padrão (POP's).

a) Plano de controle

De forma a garantir a perenidade dos resultados alcançados, a equipe do projeto constrói um plano de controle que tem por objetivo auxiliar ao responsável e a equipe do processo a rastrear desvios nos indicadores e ajustá-los de forma rápida. Esse plano de controle deve ser conciso, claro e deve dizer a equipe do processo quando monitorar, como monitorar, qual intervalo de coleta é aceitável e qual ação corretiva caso o valor do indicador não estiver nos parâmetros definidos (THE COUNCIL FOR SIX SIGMA CERTIFICATION, 2018).

b) Procedimentos operacionais padrão

Na etapa final do projeto é feita a utilização dos procedimentos operacionais padrão para documentar as variáveis de entrada validadas durante o projeto. A variabilidade dessas entradas no processo pode ter grande impacto para as empresas (ALLEN, 2006).

A função dos POP's é a de padronizar uma rotina, ou seja, registrar atividades que sejam executadas de formas cíclicas em um processo. O POP's podem ser elaborados em forma de *checklists*, fluxogramas ou relatórios e devem conter uma linguagem clara que seja compreensível para todos os trabalhadores. O esforço da etapa não se refere-se somente a criar a documentação, mas que essa esteja disponível e acessível a equipe do processo. As cópias dos procedimentos devem ser atualizadas a cada nova revisão do documento original (ALLEN, 2006).

6 I ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1 Breve descrição do processo produtivo da empresa X

O estudo em questão foi realizado em uma indústria localizada no interior da capital do município do Rio de Janeiro. A fábrica faz parte de uma das plantas de uma empresa multinacional norte-americana, fundada por dois irmãos e é líder do ramo de produção de embalagens metálicas para bebidas, as que são conhecidas por muitos como "latas de alumínio". A unidade do estudo está fabricando para o mercado desde o ano 1994 e mais de 140 funcionários fazem parte do seu quadro de colaboradores fixos. A estrutura de produção da planta é composta por duas linhas de produção onde cada uma é composta por sete etapas, sendo cada etapa referente a um equipamento que realiza a função.

O processo é dividido por 2 principais áreas, nas quais continham as etapas citadas na Figura 2. As áreas eram chamadas de Estágio Inicial, que comporta as máquinas de Confecção do Copo, Conformação da Corpo, Corte de Altura Ideal, Lavagem Química e forno de 1ª Secagem. Essa divisão pode ser vista abaixo na Fig. 2, que é meramente ilustrativa.

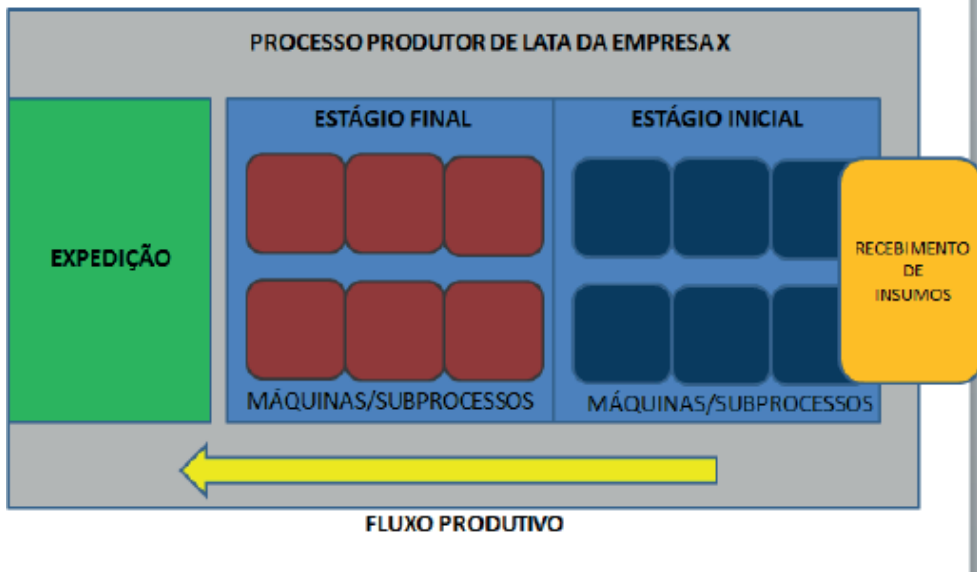


Figura 2 - Processo Produtivo da Empresa X

Fonte: o autor

Os defeitos estudados ocorrem entre os processos das máquinas de Conformação e máquina Corte de Altura Ideal. Esses defeitos foram chamados no estudo de problema W. Os defeitos dessas máquinas ou problema W caracterizam-se por interromper o fluxo de latas nesses estágios causando parada de máquina. Após a parada da máquina, é exibido um alerta visual em televisões ou alerta sonoro que avisa que a máquina Conformação parou e necessita de intervenção do técnico do estágio inicial para que a mesma continue produzindo.

6.2 Aplicação do método DMAIC

6.2.1 Etapa Definir

O quadro 1 apresenta o preenchimento do *Project Charter*, contendo informação de: Título do projeto, caso do negócio (descrição), definição do problema, métricas primárias e secundárias, meta, escopo e cronograma do projeto por etapa.

<i>Project Charter</i>					
Projeto: Redução de defeitos nas máquinas de conformação da linha 1					
Caso do negócio:					
De março a agosto de 2020, a máquina de conformação é o equipamento que gerou maiores paradas por defeito e por consequência perda de produção na Unidade do Rio de Janeiro. Algumas iniciativas já foram realizadas referentes a esse defeito, contudo essas tiveram resultados somente pontuais.					
Definição do problema:					
A incidência dos defeitos em ppm(partes por milhão) das máquinas de Conformação está no valor de 163 ppm, resultando num impacto negativo de X por mês, ou seja, U\$ X(valor do montante em reais multiplicado pelo valor atual do dólar) aproximadamente.					
Métrica primária					
Quantidade de defeitos das máquinas de Conformação da Linha 1 (em ppm);					
Métrica secundária					
<ul style="list-style-type: none"> • Eficiência da máquina de Conformação; • Qualidade de latas geradas pela máquina Conformação. 					
Meta					
Para redução da meta foi proposta redução do baseline em 15%.					
Escopo do projeto					
<ul style="list-style-type: none"> • Revisão de plano de manutenção dos equipamentos; <ul style="list-style-type: none"> • Padronização de atividades; • Atualização do plano de atividades e capacitação de técnicos e operadores; <ul style="list-style-type: none"> • Estudo de correlação de variáveis de Processo; • Aquisição de peças para equipamentos; • Treinamento de funcionários. 					
Cronograma do projeto					
Etapas	D- Definir	M- Medir	A- Analisar	I- Implementar	C- Controlar
Prazos	01/09/2020 a 22/09/2020	23/09/2020 a 16/10/2020	17/10/2020 a 20/11/2020	21/11/2020 a 12/12/2020	13/12/2020 a 27/12/2020

Quadro 1 - *Project Charter*

Fonte: o autor

6.2.2 Etapa Medir

a) Fluxograma

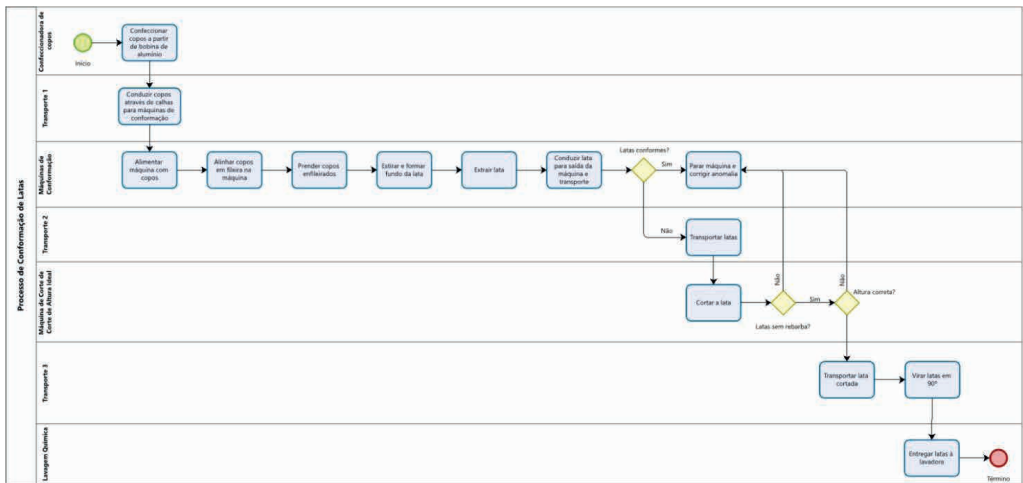


Figura 3 - Fluxograma do Processo de Conformação de latas

Fonte: o autor

Como descrito na Fig. 3, o fluxograma contempla as atividades desde a confecção de copos até a entrega de latas ao processo seguinte, o de lavagem química.

As etapas principais e atividades do processo são:

- 1- Confeccionar copos: confeccionar copos;
- 2- Transporte de copos: transportar copos;
- 3- Esticar copos e formar latas e fundo: Alimentar copos; alinhar copos; prender copos; esticar e formar fundo da lata; extrair lata; transportar lata; parar máquina e corrigir anomalia (se houver).
- 4- Cortar latas: Cortar latas na altura ideal;
- 5- Transporte de latas: transportar latas cortadas e virar latas em 90°;
- 6- Lavagem química: Entregar latas à lavagem químicas.

Os testes lógicos realizados neste fluxograma de processo são:

- 1- As latas estão conformes?
- 2- As latas possuem rebarba?
- 3- As latas possuem altura correta?

b) Mapa de Processo

No quadro 2 consta o resumo do levantamento feito no Mapa de Processos. Para cada etapa listada no Fluxograma, foram identificadas variáveis de processo, que são identificadas como variáveis de entrada ou causas influenciadoras dos defeitos nas

máquinas de Conformação do Corpo. Na segunda coluna aponta a quantidade de variáveis identificadas em cada etapa e na última coluna qual a saída esperada de cada etapa.

Etapa do Fluxograma	Saída do Processo
Confeccionar Copos	Copos Confeccionados e Lubrificados
Transportar Copos	Copos transportados para alimentação
Alimentar Copos	Copos prontos para alinhamento
Alinhar Copos	Copos prontos para prender
Prender Copos	Copos prontos para conformação
Conformar Corpo e formar fundo da lata	Latas Conformadas
Extrair Latas	Latas extraídas da máquina de Conformação
Transportar Latas na Saída	Latas transportadas para máquina de Corte
Transportar latas para máquina de Corte de Altura	Latas prontas para o corte de altura ideal
Cortar a Lata	Latas cortadas
Virar latas em 90°	Latas viradas de cabeça para baixo
Transportar latas para lavadora	Latas sendo lavadas

Quadro 2 - Resumo do Mapa de Processo

Fonte: o autor

c) Plano de coleta de dados

Na tabela 1 constam os dados coletados de cada variável de entrada, os X 's e o valor de incidência do problema W , o Y , coletado no mesmo intervalo de tempo.

A tabela 1 demonstra os valores amostrais de cada variável de entrada, apontadas no mapa do processo, de $A1$ a $A20$, ou seja, 20 dados coletados para cada variável X . Para o problema W , que é a variável Y , foi coletado o mesmo tamanho de amostra.

Na segunda linha estão descritas as medidas de cada variável. Das colunas 2 a 11, estão os valores das coletas de cada uma das variáveis X e o valor da variável Y , de $A1$ a $A20$. Nas quatro últimas linhas da tabela 1, constam para cada uma das variáveis, valores de média, desvio padrão, intervalo de confiança acima da média (IC+) e intervalo de confiança abaixo da média (IC-).

Amostra	Pressão do ar de entrada (psi)	Pressão do ar de saída (psi)	Parâmetros do óleo solúvel (% brix)	Parâmetros do óleo solúvel (% Tramp)	Condição da lata - chanfro (BOA/RUIM)	Vácuo por cabeça de navalha de corte (psi)	Vácuo da linha (psi)	Condições da navalhas (BOA/RUIM)	Pressão do Cup Holder (psi)	Pressão do Air Stripper (psi)	Problema W (Y) em ppm
A 01	40	-	3,1	2,67	BOA	10	500	BOA	30	50	167,5
A 02	20	35	3	2,83	BOA	40	520	RUIM	30	45	186
A 03	40	-	3,3	2,72	RUIM	50	550	BOA	30	48	186
A 04	40	30	2,95	2,63	RUIM	40	550	BOA	30	35	197
A 05	35	40	3,17	2,72	BOA	10	550	BOA	25	30	135
A 06	45	35	3,05	2,67	RUIM	10	550	BOA	25	50	168
A 07	35	35	3,09	2,8	RUIM	20	550	BOA	25	40	133
A 08	40	40	3,15	2,72	RUIM	10	550	RUIM	25	50	158,7
A 09	30	30	3,09	2,77	BOA	50	520	RUIM	30	35	168
A 10	40	30	3,15	2,7	RUIM	20	500	RUIM	25	50	157
A 11	40	30	3,16	2,82	BOA	40	550	BOA	25	30	90
A 12	40	30	3,1	2,72	BOA	10	550	BOA	25	30	181,82
A 13	40	30	3,22	2,7	BOA	50	550	BOA	25	30	150
A 14	40	30	3,53	2,85	BOA	40	550	BOA	25	43	125
A 15	40	30	3,11	2,87	BOA	20	550	RUIM	20	20	175
A 16	30	25	2,8	2,7	BOA	20	550	BOA	30	40	138,89
A 17	30	25	3,06	2,87	RUIM	10	550	BOA	30	40	194,12
A 18	40	25	3,16	2,75	BOA	30	550	BOA	30	40	109,76
A 19	30	25	3,01	2,8	BOA	20	550	RUIM	25	20	189
A 20	30	30	3,05	2,78	RUIM	10	550	RUIM	30	40	198
Média	36,76	31,67	3,11	2,75	-	25,50	540,59	-	26,76	39,18	160,39
Desvio	5,93	4,35	0,14	0,07	-	15,38	17,65	-	2,94	8,87	81,11
IC +	37,83	32,44	3,14	2,77	-	26,02	543,75	-	27,29	40,76	80,84

Tabela 1 - Plano de coleta de dados do projeto

Fonte: o autor

6.2.3 Etapa Analisar

Na tabela 2 pode-se observar os modos e efeitos de falha potencial, as causas potenciais, os controles atuais, os valores de severidade, ocorrência e detecção das variáveis que tiveram o maior valor de RPN.

Etapa do Processo	Cortar a lata	Estirar corpo da lata e formar o fundo	Cortar a lata
Variável de entrada (X)	Pressão de <i>Blow In</i>	Condição do chanfro da lata	Vácuo da linha
Modo de falha potencial	Pressão abaixo do especificado	Desalinhamento de máquina	Vácuo abaixo do especificado
Efeito potencial da falha	Falta de posicionamento correto no mandril	Lata com chanfro (defeito)	Lata amassada
Severidade	10	8	10
Causas potenciais	Instabilidade de pressão na linha	Vibrações e sujidades	Instabilidade de vácuo na linha
Ocorrência	8	10	3
Controles Atuais	Auditoria de Parâmetros de Processo	Ordem de serviço de inspeção da manutenção	Auditoria de Parâmetros de Processo
Deteção	2	7	4
RPN	160	560	120

Tabela 2 – Análise FMEA

Fonte: o autor

Após de cálculo inicial de RPN, são recomendadas ações a essas variáveis com alto índice para melhorar os valores de severidade, ocorrência ou deteção. Após avaliar impacto de ações sugeridas nesses indicadores, o valor de RPN é recalculado, conforme descrito na tabela 3.

Etapa do Processo	Cortar a lata	Estirar corpo da lata e formar o fundo	Cortar a lata
Variável de entrada (X)	Pressão de <i>Blow In</i>	Condição do chanfro da lata	Vácuo da linha
Ações recomendadas	Definir padrão de ajuste cabeça de mandril	Estabelecer periodicidade de análise e ajuste de nivelamento e limpeza de componentes	Trocar bomba de vácuo ou realização manutenção completa
Responsável	Técnico de manutenção	Técnico de manutenção	Técnico de manutenção
Severidade	10	8	10
Ocorrência	3	7	1
Deteção	2	3	4
RPN atual	60	168	40

Tabela 3 – Cálculo RPN após ações recomendadas

Fonte: o autor

6.2.4 Etapa Implementar

O plano de implementação desse projeto seguiu método “5W2H”, de forma a

estruturar as ações analisadas anteriormente através do FMEA (Quadro 3).

No plano de ação aplicado, foram desconsiderados o custo de implementação (*How much*), como (*How*) e por que (*Why*). A questão de custo foi desconsiderada devido à política interna da empresa, a questão de como ficou a carga do especialista da área de como implementar a melhoria, e a questão por que é justificado por ter sido captada na análise FMEA.

Variável	Atividade	Justificativa	Onde (Etapa)	Responsável	Prazo	Como	Quanto Custa
Pressão de Blow In	Elaborar procedimento operacional padrão para ajuste de mandril	FMEA	Cortar a lata	Líder do Projeto	dez/12	Entrevistas; visualização em campo;	Não informado
Pressão de Blow In	Treinar equipe em procedimento padrão de ajuste de mandril	FMEA	Cortar a lata	Técnico de manutenção	dez/12	Treinamentos em sala	Hora-extras
Condição do chanfro da lata	Realizar gestão de troca e limpeza de subconjuntos	FMEA	Estirar corpo da lata e formar o fundo	Líder do Projeto	dez/12	Criação de planilha e conscientização	Não informado
Vácuo da linha	Incluir manutenção no plano de ordem de manutenção via ERP	FMEA	Cortar a lata	Líder do Projeto	dez/12	Solicitar inclusão ao Analista de Manutenção	Não aplicável

Quadro 3 – Quadro de implementação

Fonte: o autor

6.2.5 Controlar

O plano de controle (Quadro 4) estabelece as medidas de controle para as variáveis críticas apontadas nas etapas de Analisar e Implementar, como também as saídas esperadas com as ações, sistemas de medição da variável, frequência da medição, número de amostras para validação, responsável pela checagem, ação corretiva e procedimento operacional padrão para auxílio na execução da ação corretiva.

Variável	Saída esperada (Output)	Sistema de Medição	Frequência de Medição	Número de Amostras	Responsável pela checagem	Ação corretiva	Procedimento Operacional Padrão
Pressão de Blow In	Posicionamento ideal do copo	Visual, Manômetro	1 x dia	5	Técnico de Operação ou Manutenção	Se estiver Acima da pressão - Manifold desgastado, medir vácuo e pressão das cabeças. trocar cabeça de máquina Corte. Não costuma trabalhar com pressão inferior.	POP 001 - Ajustar pressão de Blow In e Blow Off
Condição do chanfro da lata	Lata em boas qualidades para a Máquina Corte e Impressora de Rótulo	Teste de qualidade	hora x hora	5	Técnico de Operação ou Manutenção	Verificar necessidade de Calço adicional entre as ferramentas do punção formador da lata	POP 004 - Corrigir lata chanfrada
Vácuo da linha	Estabilidade para expulsar lata na Máquina Corte	Visual, Manômetro	1 x dia	10	Técnico de Operação ou Manutenção	Se estiver Abaixo- Comunicar técnico de elétrica, verificar bombas e filtros de vácuo.	POP 006 - Medir vácuo da linha

Quadro 4 – Plano de controle

Fonte: o autor

71 CONCLUSÕES

O presente estudo teve por objetivo analisar a aplicação do método DMAIC, baseado num programa Seis Sigma, para melhoria de desempenho do processo de conformação de latas na linha 1 de uma indústria de embalagens do estado do Rio de Janeiro.

A realização do projeto fez-se oportuna para linha 1 de processo produtivo devido a maior incidência comparado à linha 2 e pelo impacto desse problema na eficiência produtiva do processo.

A aplicação das ferramentas do método conduziu à uma melhor compreensão do problema ocorrido no processo como o direcionamento às variáveis críticas a serem submetidas às ações imediatas e ações planejadas para melhoria do estado dessas variáveis e por consequência melhoria do indicador do defeito estudado.

O atual estudo funciona também como ferramenta de aprendizado e registro de base a ser consultado caso a incidência do problema torne-se alta e considerada com impacto negativo para o processo.

É sugerida continuidade de estudo sobre o tema e aplicação, agora com possibilidade de expansão para outras linhas ou fábricas e a aplicação de ferramentas em outros níveis

de faixas do programa Lean Seis Sigma, de forma a entender o processo e problema com maior precisão.

REFERÊNCIAS

ALLEN, T. (2006). *Introduction to Engineering Statistics and. Columbus: Springer-Verlag London Limited 2006.*

COUTINHO, T. (2019). **Entenda o que é, quais são seus benefícios e aprenda como criar um Mapa de Processos.** Acesso em 01 de out. de 2023, disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/mapa-de-processos>

COUTINHO, T. (2020). **Aprenda como as metodologias Lean e Seis Sigma se complementam para promover grandes resultados.** Acesso em 28 de set. de 2023, disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/lean-seis-sigma>

ECKES, G. (2001). *Six Sigma Revolution.* New York: John Wiley & Sons..

GEORGE, M. L. (2002). *Lean Six Sigma - Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed.* New York: McGraw-Hill.

GIL, A. C. (2022). **Como Elaborar Projetos de Pesquisa , 7ª Ed.** GEN | Atlas

LEAL, A. A. (2012). **Dissertação (Dissertação em Engenharia de Produção) - UNIVEM.** Marília: UNIVEM.

MONTGOMERY, D.C., & RUNGER G.C. (2021). **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros, 7ª Ed.** GEN | Grupo Editorial Nacional.

PYZDEK, T., & KELLER, P. A. (2010). *The Six Sigma Handbook.* New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.

THE COUNCIL FOR SIX SIGMA CERTIFICATION. (2018). *The Council for Six Sigma Certification.* Buffalo, WY 82834 : Six Sigma Council.

TUBAKI, A. P. (2016). **Aplicação de ferramentas utilizando a metodologia seis sigma para redução de perdas em uma indústria do seguimento alimentício.** Marília: Dissertação (Dissertação em Engenharia de Produção) - UNIVEM.

WEKERMA, C. (2012). **Criando a Cultura Lean Seis Sigma.** Série Seis Sigma Vol. 2. Rio de Janeiro, 2012: CAMPUS.