



**FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – FUPAC  
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**RENATA CARDOSO LEITÃO**

**UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DMAIC EM UM SETOR DE MANUTENÇÃO  
INDUSTRIAL**

**UBÁ – MG**

**2017**

**RENATA CARDOSO LEITÃO**

**UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DMAIC EM UM SETOR DE MANUTENÇÃO  
INDUSTRIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao curso de Engenharia  
de Produção da Faculdade  
Presidente Antônio Carlos de Ubá,  
como requisito parcial para obtenção  
do título de Bacharel em Engenharia  
de Produção.

Orientador: Prof. Me. Carlos Augusto  
Ramos dos Reis

**UBÁ – MG  
2017**

# UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DMAIC EM UM SETOR DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

## RESUMO

Influenciados pela globalização e concorrência acirrada, as organizações vêm se tornando competitivas afim de suprir as necessidades de seus clientes e como forma de sobrevivência buscam alternativas para diferenciação de seus produtos e serviços. Neste cenário, a manutenção começa a ser considerada como uma atividade estratégica indispensável à produção, com crescente investimento em ferramentas e técnicas que otimizem o departamento, buscando o incremento de sua eficiência, proporcionando maior vantagem competitiva frente aos seus concorrentes. Dentre as ferramentas conhecidas, destaca-se o Modelo Seis *Sigma*, que se apresenta como uma ferramenta importante, com metodologia própria, tornando a organização eficaz naquilo que faz uma vez que reduz a variabilidade dos processos desta. Este estudo demonstra a utilização da metodologia DMAIC na área de manutenção industrial afim de explicitar sua aplicação e benefícios trazidos para toda organização, tornando o setor de manutenção mais produtivo, minimizando os impactos das falhas dos equipamentos sobre toda organização. A adoção de práticas relativamente simples aliadas ao comprometimento dos envolvidos permite sua viabilidade, contudo para maior sucesso, torna-se necessário o envolvimento de toda organização, uma vez que o bom planejamento das atividades do setor, envolve questões ligadas a demais setores como Planejamento Programação e Controle da Produção (PPCP). Ressalta-se que o presente trabalho corresponde a uma abordagem sobre a utilização do método, não comprovando os resultados obtidos com adoção das práticas propostas, sendo assim este pode servir de base para futuras pesquisas com o trabalho de campo ou não, visando o aprofundamento do mesmo em outros setores de manutenção.

**Palavras-Chaves:** Variabilidade, Seis *Sigma*, Disponibilidade, Manutenção

# USE OF THE DMAIC METHOD IN AN INDUSTRIAL MAINTENANCE SECTOR

## ABSTRACT

Influenced by globalization and fierce competition, organizations are becoming competitive in order to meet the needs of their customers and as a way of survival they seek alternatives to differentiate their products and services. In this scenario, maintenance begins to be considered as a strategic activity indispensable to production, with increasing investment in tools and techniques that optimize the department, seeking to increase its efficiency, providing a greater competitive advantage over its competitors. Among the tools known, it stands out the Six Sigma Model, which presents itself as an important tool, with its own methodology, making the organization effective in what it does since it reduces the variability of its processes. This study demonstrates the use of the DMAIC methodology in the area of industrial maintenance in order to explain its application and benefits brought to the entire organization, making the maintenance sector more productive, minimizing the impacts of equipment failures on any organization. The adoption of relatively simple practices coupled with the commitment of those involved allows their viability, but for greater success, it is necessary to involve every organization, since the good planning of the activities of the sector, involves issues related to other sectors such as Planning Programming and Production Control (PPCP). It should be emphasized that the present work corresponds to an approach on the use of the method, not proving the results obtained with the adoption of the proposed practices, so that this may serve as a basis for future research with the field work or not, aiming at deepening the even in other maintenance sectors.

**Keywords:** Variability, Six Sigma, Availability, Maintenance

## 1. INTRODUÇÃO

Influenciados pela globalização e concorrência acirrada, os setores produtivos vêm se tornando competitivos afim de suprir as necessidades de seus clientes e como forma de sobrevivência buscam alternativas para diferenciação de seus produtos e serviços. Um exemplo é o aumento da produtividade de seus processos com a garantia da qualidade satisfatória, aliada a redução dos custos de fabricação.

Campos (2004) define um produto ou serviço de qualidade como aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, acessível, segura e no tempo certo às necessidades do cliente. Nesse contexto, a qualidade torna-se um requisito em que busca-se analisar e corrigir situações de não conformidades presentes dentro do processo produtivo. Assim sendo, a mesma garante que os padrões pré-estabelecidos estão sendo respeitados, proporcionando produtos acabados dentro dos padrões de tolerância permitidos bem como a plena satisfação, tanto interna quanto externa.

Percebe-se, que o foco das empresas além de alcançar, é sempre que possível superar tais necessidades, utilizando-se para isso modelos já existentes com o objetivo de promover uma qualidade diferenciada. Para que estas se tornem ou se mantenham competitivas é preciso que toda sua estrutura interna seja eficaz, contando com um excelente quadro de colaboradores, maquinários com alta tecnologia e um bom plano de manutenção.

Neste contexto, as taxas de disponibilidade dos equipamentos e os custos de inatividade ou de subatividade tendem a se tornarem altos. Sendo assim, além de possuir alta tecnologia em seu ambiente produtivo as empresas precisam obter conhecimento adequado sobre as melhores técnicas de manuseio de suas máquinas e equipamentos bem como planejamento, organização e controle afim de utilizá-los de maneira eficaz, obtendo produtividade máxima.

A manutenção começa a ser considerada então como uma atividade estratégica indispensável à produção, devido a crescente necessidade de disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, impactando diretamente nos aspectos competitivos das organizações, tais como qualidade, custo e flexibilidade (SANTOS; COLOSIMO; MOTTA, 2007; MENGUE; SELLITTO, 2013).

Afim de garantir a oferta de melhores produtos e serviços, torna-se essencial o melhor desempenho possível do equipamento, com isto o investimento em ferramentas e técnicas que otimizem o departamento de manutenção vem crescendo, tendo em vista o incremento de sua eficiência, garantindo assim uma maior vantagem competitiva frente aos seus concorrentes.

Dentre as ferramentas conhecidas, destaca-se o Modelo Seis *Sigma*, que se apresenta como uma ferramenta importante devido ao fato de englobar setores que vão desde a manufatura e engenharia até a prestação de serviços, não sendo, portanto, aplicável somente à área de qualidade das organizações. O mesmo, possui uma metodologia própria que garante às organizações a máxima eficácia no ramo no qual está inserida, conforme comprovado pela Motorola na década de 1980 quando aplicou o mesmo e obteve ganhos significativos em seus processos. O método DMAIC desenvolvido pela mesma, como um aperfeiçoamento do ciclo PDCA (*Plan, Do, Control, Act*) tornou-se base para as empresas que desejam alcançar sucesso em suas metas e objetivos.

Para Carvalho (2005) as ferramentas estatísticas clássicas que são organizadas em um método de solução de problemas, denominado DEMAIC, passa por cinco fases: “Definir” (*Define-D*), “Medir” (*Measure- M*), “Análise” (*Analyze- A*), “Melhoria” (*Improve- I*) e “Controle” (*Control- C*).

Durante a execução do modelo, é frequente a utilização paralela de outras ferramentas como: 5W2H, FMEA, Diagrama de Ishikawa, técnica dos “5 Porquês”, DOE, entre outras com intuito de obter-se um melhor resultado.

Este estudo demonstra a utilização da metodologia DEMAIC na área de manutenção industrial afim de explicitar sua aplicação e benefícios trazidos para toda organização, tornando o setor de manutenção mais produtivo, uma vez que busca minimizar os impactos das falhas dos equipamentos sobre toda organização.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. Criticidade e manutenção

O crescimento acelerado das empresas devido ao aumento da competitividade do mercado geralmente não é planejado. A carência de um bom planejamento e de um controle de gestão eficiente não proporciona o devido suporte à tomada de decisão. Como consequência tomam-se ações precipitadas e não embasadas em informações corretas o que acarretam uma série de problemas, comprometendo assim o sucesso da organização (PERRETTI; VENDRAMETTO, 2007).

Segundo Nguyen *et. al.* (2013) a manutenção é fundamental para o desempenho e confiabilidade dos sistemas industriais, uma vez que assegura a eficiência no uso e vida útil de equipamentos. Contudo, na maioria das vezes, é impossível executar todas as ações de manutenção devido a limitação de recursos presentes, tempo e complexidade dos processos envolvidos. Nestes casos, a análise de criticidade é indicada para priorização dos sistemas e equipamentos críticos, levando em consideração as interações entre os processos, modelos de confiabilidade, as avaliações dos parâmetros e características operacionais de um processo.

Para Slack (2015), Manutenção é a maneira como as organizações tentam evitar falhas ao cuidar de suas instalações físicas. Os benefícios que sua utilização pode gerar são maior segurança, confiabilidade, melhor qualidade, redução de custos operacionais, prolongamento da vida útil de processos. Segundo ele, a manutenção centrada em confiabilidade (MCC) utiliza o padrão da falha para cada tipo de falha de parte de um sistema para orientar a abordagem de sua manutenção.

Corresponde a uma técnica que analisa os modos como um componente pode vir a falhar, e identifica ações para minimizar quando não for possível eliminar estas falhas. Apresenta-se como uma ótima ferramenta para apoio à tomada de decisão gerencial.

Neste contexto pode-se dizer que o objetivo da análise de criticidade é identificar o impacto da indisponibilidade de equipamentos e sistemas industriais durante um determinado período de tempo, levando em consideração as interações entre processos, modelos de confiabilidade, variações dos parâmetros. A geração da criticidade de todos os equipamentos é fundamental para política de manutenção, uma vez que esta proporciona a definição de onde e como será a atuação em cada

equipamento, distribuindo e gerenciando os recursos de maneira eficaz, contribuindo no aumento da saúde física e econômica da empresa (THOMAIDIS *et. al.*, 2004).

Moss, Woodhouse (1999) dizem que a criticidade está sujeita a diferentes interpretações, pois esta depende do objetivo e contexto no qual é analisada. Para eles é definida como o atributo que expressa a importância da função de um equipamento ou sistema dentro de um processo produtivo, sob os aspectos de segurança, qualidade, meio ambiente, entre outros. Para Aven (2009) esta informa quanto tempo um equipamento pode ser fundamental dentro do contexto operacional, onde sua falha ou baixo desempenho pode acarretar graves consequências, como acidentes com pessoas, danos ambientais, impactos econômicos e operacionais, sendo diretamente proporcional ao impacto desse equipamento no processo.

Hijes, Cartagena (2006) ressaltam que quanto mais crítico for o equipamento, maior deve ser o foco da manutenção sobre ele, com isso a análise de criticidade torna-se ponto de partida na priorização do nível de manutenção necessário em cada sistema e para distribuição dos recursos de manutenção.

Trata-se de uma técnica que visa identificar e classificar efeitos e eventos potenciais baseados no seu impacto e importância para o processo, sendo aplicada em estudos de risco, confiabilidade de projetos e plantas em operação, exigência em sistemas ambientais e de segurança, podendo ser conduzida de forma quantitativa ou qualitativa, sendo a primeira baseada na obtenção de um número crítico a partir de taxas de falhas, taxa dos modos de falhas, taxa dos efeitos das falhas com valores conhecidos e confiáveis. Já a segunda é utilizada quando não há dados disponíveis sobre as falhas, fazendo-se necessário realizar a classificação das falhas de forma subjetiva, apenas com conhecimento tácito da equipe de análise (SMITH; HINCHCLIFFE, 2004).

Siqueira (2009) resalta ainda que grande parte das plantas industriais não possui uma seleção adequada dos parâmetros que afetam a criticidade dos equipamentos, sendo esta baseada apenas nas experiências e conhecimento tácito do técnico ou mantenedor responsável pela análise.

## **2.2. Seleção de equipamentos críticos**

Equipamentos e sistemas cujas falhas possam capacidade de afetar diretamente a produção, qualidade do produto e processo produtivo possuem grande significância na análise de criticidade por parte dos gestores, uma vez que estes possuem impactos financeiros na organização.

Segundo Ribeiro (2010) equipamentos críticos dentro do contexto de produção são aqueles que apresentam avaria constantemente, não possuem sobressalentes, influenciam diretamente a entrega da produção ou reduzem a capacidade produtiva, afetam a qualidade do produto/processo, provocam danos ao equipamento/processo, apresentam falhas intermitentes.

Atualmente existem diversos métodos e ferramentas utilizadas na análise de criticidade e seleção de equipamentos mais críticos, tanto na literatura, quanto adaptados e criados de acordo com as necessidades específicas de um determinado problema, sendo ferramentas específicas para análise ou incorporadas dentro de filosofias de manutenção e qualidade.

Helmann (2008) e Siqueira (2009) dizem que grande parte das empresas utilizam métodos empíricos na avaliação da criticidade, uma vez que estes são baseados nas experiências dos gestores e técnicos de manutenção, que apesar de servir de referências no planejamento de atividades e recursos não oferecem uma avaliação completa, que contemple diferentes aspectos e cenários, abordando uma visão global do sistema, incluindo áreas como: segurança, meio-ambiente, produção, qualidade e outros departamentos necessários.

## **2.3. Seis Sigma**

A crise de combustíveis ocorrida durante a metade da década de 1970, fez com que ocorresse uma migração de aquisição dos veículos norte americanos vorazes no consumo de combustível por veículos importados, naquela ocasião os japoneses, que eram mais econômicos. Com a utilização destes últimos, percebeu-se que estes não apenas eram mais econômicos como também eram mais duráveis e confiáveis (ECKES, 2011).

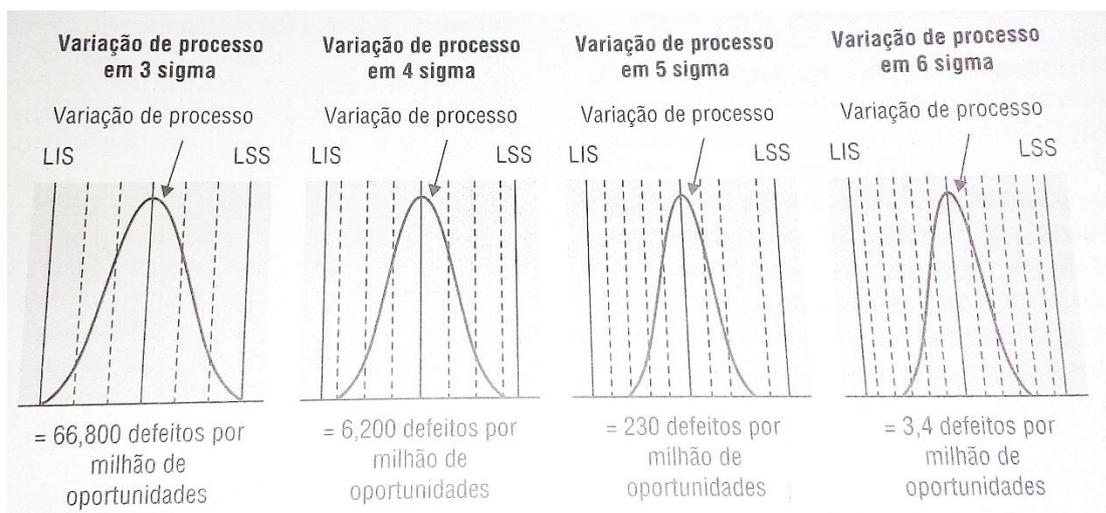
Tal conclusão poderia ser justificada pelo fato das empresas americanas praticar a inspeção da qualidade dos produtos fabricados somente ao final de todo o processo produtivo, enquanto as empresas japonesas possuíam abordagens e atitudes diferentes em relação à qualidade, aprimorando os processos de fabricação constantemente.

Com este cenário de qualidade inferior dos produtos americanos e a ampliação da participação de mercado dos produtos japoneses, o Departamento de Comércio Americano na década de 1980, expediu uma medida para as empresas americanas, decretando a necessidade dos Estados Unidos da América (EUA) superar o Japão em termos de produtividade. Com isso várias empresas americanas foram até o Japão afim de comparar seus métodos aos métodos japoneses e entender o porquê deste país ter uma produtividade tão elevada.

A abordagem Seis *Sigma* surgiu na empresa Motorola nos EUA em 1985, sendo seus precursores Mikel Harry e posteriormente Bob Galvin – presidente da Motorola dos Estados Unidos na época. A Motorola chegou à conclusão de que não bastava somente o atendimento das especificações, era necessário também a redução da variabilidade dos processos. Iniciou-se a análise de variação em todas as atividades da empresa, adotando como meta Seis *Sigma* para todas as ações, ou seja, 3,4 defeitos por milhões de oportunidades (ECKES, 2011). A decisão tomada pela Motorola foi uma tentativa de contornar a redução de participação de mercado, provocada por custos mais elevados comparados aos custos das operações japonesas, além de um maior nível de satisfação dos clientes frente à qualidade dos produtos japoneses.

Slack (2015) diz que quando a Motorola decidiu que seu objetivo de qualidade seria a “satisfação total do cliente”, determinou que a satisfação só seria atingida quando os produtos fossem entregues nos prazos prometidos, sem defeitos e sem nenhuma falha de funcionamento ou quando os mesmos fossem utilizados sem falhas excessivas. O conceito de qualidade Seis *Sigma* da Motorola foi nomeado assim porque requeria que a faixa de especificação de qualquer parte do produto deveria corresponder a mais ou menos seis desvios-padrão do processo, daí a utilização da letra grega *sigma* ( $\sigma$ ) para indicar a variação do processo. A FIG. 1 a seguir demonstra a relação entre o estreitamento progressivo da variação do processo em relação ao número de defeitos por milhão produzidos pelo processo.

Figura 1- Variação do Processo em Relação ao Nível *Sigma*



Fonte: Slack, 2015.

Este defeito refere-se a uma característica mensurável de um processo ou de um resultado que não é aceito pelo cliente, ou seja, não atendeu as expectativas e/ou necessidades do cliente – não conformidade com as especificações. Um processo classificado como seis  $\sigma$ , tem-se 99,9999998% de produtos perfeitos, isto é, dois defeitos por bilhão de unidades produzidas (USEVINICIUS, 2004).

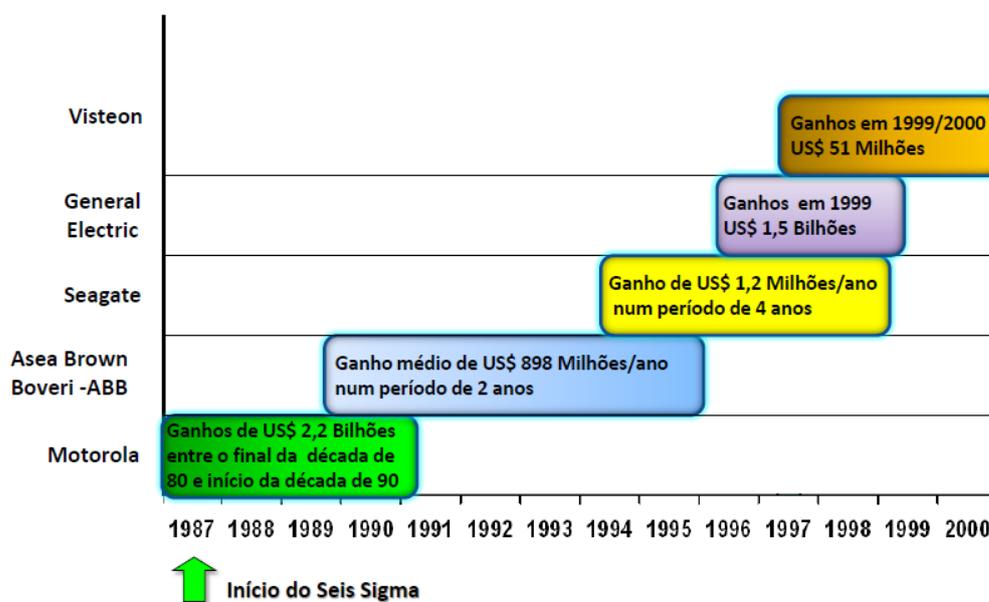
O programa Seis *Sigma* vislumbra o incremento da qualidade por meio da melhoria contínua dos processos envolvidos na produção de um bem ou serviço, considerando todos os aspectos importantes de um negócio. Seu principal objetivo é conseguir a excelência na competitividade através do aprimoramento contínuo dos processos (ROTONDARO, 2002).

Para Harry, Schroeder (1998), sua aplicação permite às empresas ampliar seus lucros com a otimização das operações, o aumento da qualidade e a eliminação de defeitos, de falhas e de erros, uma vez que está relacionado à melhoria da lucratividade.

Segundo Cleto, Quinteiro (2011), trata-se de um programa que busca a melhoria de produtos e processos popularizado pela Motorola no final da década de 1980, tal

modelo proporcionou ganhos elevados e prêmios de qualidade à empresa que, por consequência desses feitos acabou estimulando várias outras a adotarem o mesmo. Abaixo segue a FIG. 2 que demonstra a evolução da disseminação deste.

Figura 2- Evolução da Disseminação do Seis Sigma



Fonte: Acervo da autora

A medida defeitos por milhão é utilizada na abordagem Seis Sigma para enfatizar que a mudança ocorre em direção a um objetivo virtualmente de defeito zero. No entanto, esta definição foi ampliada pela *General Electric* (GE) sendo possivelmente a mais conhecida, responsável por definir o modelo Seis Sigma como: “Uma metodologia disciplinada que visa definir, medir, analisar, melhorar e controlar a qualidade de qualquer um dos produtos, processos e transações da empresa – com a meta final de eliminar virtualmente todos os defeitos”. O Seis Sigma passa a ser visto como um sistema de melhoramento amplo em vez que um simples exame de variação do processo (SLACK, 2015).

Seu diferencial consiste na realização de uma mudança na cultura da empresa, uma vez que após sua implantação, a organização modifica seu posicionamento em relação aos problemas e à forma de identificá-los e resolvê-los. Para Aguiar (2002), as principais mudanças obtidas são:

- A atuação da empresa volta-se principalmente para o atendimento das necessidades dos clientes;

- Todo projeto ou meta a ser desenvolvido deve trazer um retorno monetário, mesmo que mínimo;
- Todos os funcionários devem buscar o aperfeiçoamento na condução de seu trabalho;
- Procura-se eliminar operações que não agregam valor ao produto final;
- Os problemas da empresa são considerados problemas de todos os seus funcionários;
- A forma de condução da solução de um problema é padronizada em todos os setores da empresa.

Para Donadel (2008) corresponde a um método quantitativo que busca minimizar as variações ocorridas nos processos afim de obter um nível de defeitos próximos de zero. Para ele o modelo é composto por vários métodos de resolução de problemas, sendo algum deles:

- M-PCPs (*Machine-process characterization study*) que corresponde a um estudo de caracterização e otimização de processos visando eliminar perdas de tempo e dinheiro;
- DFSS (*Design for Six Sigma*);
- DMADV constituído pelas fases de definir, medir, analisar, desenhar e verificar;
- DMEDI composto pelas etapas de definir, medir, explorar, desenvolver e implementar;
- DMAIC constitui-se das etapas de definir (*define*), medir (*measure*), analisar (*analyse*), melhorar (*improve*) e controlar (*control*).

Dentre os métodos mencionados, o mais utilizado atualmente é o DMAIC, composto por cinco etapas que proporcionam uma adequada organização da implantação, desenvolvimento e conclusão de grande parte dos projetos (ANDRIETTA; MIGUEL, 2007).

### **2.3.1. Método DEMAIC**

O método DEMAIC surgiu como o intuito de reduzir variações em processos, especialmente em processo de fabricação. Este possui funções similares a outros do mesmo seguimento, tais como o PDCA (DE MAST; LOKERBOOL, 2012). Para

atingir seu objetivo o mesmo possui etapas direcionadas para solução de problemas dispostos de forma cíclica e contínua, contribuindo assim para o processo de melhoria. A utilização de várias ferramentas auxilia na estruturação do método uma vez que o torna sistemático e disciplinado, capaz de reduzir a taxa de defeitos e falha nos produtos, serviços e/ou processos nas organizações (SANTOS, 2006; CARVALHO; PALADINI, 2005). A seguir está um breve detalhamento de cada etapa que o constitui.

a) Definir (*Define*)

Tal etapa é responsável pela identificação dos processos críticos geradores de maus resultados como: reclamações de clientes, altos custos de mão-de-obra, baixa qualidade de suprimentos, erros de forma, entre outros (CARVALHO; PALADINI, 2005).

b) Medir (*Measure*)

Nesta etapa realiza-se o levantamento dos dados históricos e análise das variáveis de saída (MATOS, 2003). Portanto a coleta de dados torna-se fundamental para validação e quantificação do problema e/ou oportunidade, uma vez que a definição das prioridades ocorre através dos critérios necessários. Podemos dizer que esta etapa é responsável pelo refinamento e focalização do problema (WERKEMA, 2013).

c) Analisar (*Analyze*)

Neste momento é realizada a identificação das variáveis que afetam o processo, são definidas as causas-raízes dos efeitos presentes para que dessa forma possa-se aprofundar nos detalhes (LIN, 2013). Também é possível identificar as diferenças entre o desempenho real e o planejado (SANTOS, 2006).

d) Melhorar (*Improve*)

Esta é responsável pela determinação da forma como ocorrerá a intervenção visando a minimização do nível de defeitos dos processos. Para Santos (2006), a garantia de melhoria do processo está ligada a uma solução que seja capaz de eliminar e prevenir a ocorrência de problemas. Nesta etapa pode-se também gerar ideias potenciais para mitigação das causas fundamentais dos problemas, que haviam sido priorizados na fase anterior. (WERKEMA, 2002).

### e) Controlar (*Control*)

Para garantia da melhoria continua se faz necessário um programa de controle, afim de mantê-la dentro dos limites de tolerância do processo. Além disso, nesta etapa ocorre a confirmação da implantação da melhoria, a resolução do problema, a validação dos benefícios alcançados, as alterações necessárias aos procedimentos e instruções de trabalho, a implementação de ferramentas de controle e, por fim, a auditoria do processo e monitoramento do desempenho (MATOS, 2003).

O sequenciamento e objetivos das etapas são demonstrados no QUADRO 1 abaixo, bem como as ferramentas que podem ser utilizadas em cada uma delas, afim de facilitar e otimizar o trabalho.

QUADRO 1 – Etapas do DEMAIC e possíveis ferramentas

Etapa	Ação	Objetivos	Ferramentas
<i>Define</i> (Definir)	Descrever o problema e avaliar seu impacto sobre os clientes, estratégia e resultados financeiros da empresa; Selecionar projetos que serão utilizados na busca de soluções dos problemas; Definir as metas que devem ser alcançadas.	Definir o escopo do projeto; Importância; Equipe; Cronograma...	Termo de Abertura ( <i>Project Charter</i> ); Gráfico de Controle; Análise de séries temporais; VOC (Voz do Cliente); Análises econômicas.
<i>Measure</i> (Medir)	Definir quais as características do projeto que deverão ser monitoradas, de que forma os dados serão obtidos e registrados e quais as especificações do projeto.	Determinar o foco do problema, verificar a confiabilidade dos dados e coletar dados.	Coleta de Dados; Estratificação; Amostragem; Folha de verificação; Diagrama de Pareto; Histograma; Índice de capacidade.
<i>Analyze</i> (Analisar)	Analisar os dados e os processos envolvidos. Determinar as causas que contribuem para o baixo desempenho do projeto.	Analisar o processo para determinar as causas potenciais do problema	Fluxograma; Mapa do processo/produto; FMEA ( <i>Failure Mode and Effects</i> ); <i>Brainstorming</i> ; Diagrama de Causa e Efeito; Planejamento de Experimentos.
<i>Improve</i> (Aperfeiçoar)	Gerar idéias a respeito das soluções potenciais para a eliminação das causas dos problemas detectados na etapa anterior. Testar estas soluções a fim de verificar se a solução escolhida pode ser implementada em larga escala.	Identificar e avaliar as soluções prioritárias e aperfeiçoá-las.	<i>Brainstorming</i> ; Diagrama de Causa e Efeito; FMEA; Teste de mercado; Simulação; 5W2H; PERT ( <i>Program Evaluation and Review</i> )/COM ( <i>Critical Path Method</i> ).
<i>Control</i> (Controle)	Aplicar a solução da quarta etapa em larga escala e controlar o desempenho do processo ao longo do tempo; Padronizar as alterações realizadas no processo com a adoção das soluções; Definir um plano de ações corretivas caso surjam problemas no processo.	Garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo e padronizar as alterações.	Cartas de controle; Histograma; Índice de capacidade; Manuais; Procedimento Padrão; Relatório de Anomalias; Reuniões.

Fonte: Adaptado de Werkema, (2004).

### **2.3.2. Dificuldade na implantação do DMAIC**

Slack (2015) ressalta que não se trata de um método de fácil aplicação e baixo consumo de recursos. Segundo ele para que se tenha foco durante o processo de mensuração é necessário que os dados dos processos estejam disponíveis e sejam razoavelmente robustos, caso contrário poderá ocorrer grande desperdício de tempo e esforço. Além disso, se as técnicas utilizadas forem avançadas demais para os processos em questão pode ocorrer a super complicação dos problemas.

Sua aplicação se torna mais viável em processos de baixo volume, alta variedade e visibilidade, uma vez que o foco está ligado a administração da variedade. Além disso, o mesmo não é uma ferramenta de retorno a curto prazo, sendo necessário que as empresas que o implementam reconheçam que a redução de desperdício ocorre a longo prazo. Torna-se necessário também que a empresa que deseja adotá-lo seja madura, no sentido de possuir um certo grau de conhecimento sobre seu desempenho e processos, uma vez que este requer investimento significativo em métricas de desempenho e conhecimento de processos (SLACK, 2015).

### **2.3.3. Benefícios com a implantação**

O método é um sistema de melhoramento poderoso, com sua adoção, as empresas conseguem obter grande redução de custo bem como o melhoramento do serviço ao cliente. Além disso, por buscar a redução da variabilidade do processo, o mesmo proporciona impactos significativos no âmbito de risco operacional (SLACK, 2015).

Slack (2015) afirma que se trata de um método que pode ser customizado aos mais diferentes tipos de problemas, uma vez que combina as partes mais fortes das metodologias, técnicas e ferramentas existentes proporcionando assim o atingimento dos objetivos e metas estabelecidas pelas empresas.

Sendo assim, além dos benefícios citados anteriormente, tal método torna a alta gerencia engajada e gera uma alta força entre ela uma vez que este método detecta a causa-raiz dos problemas.

### 3. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC

Com intuito de demonstrar a aplicação da metodologia DMAIC, será analisado a situação do setor de manutenção de determinada empresa. Ressaltando que o presente trabalho corresponde apenas a uma demonstração de aplicação do método, portanto, o mesmo não conterá todas as ferramentas utilizadas nas fases de aplicação do método, uma vez que determinadas ferramentas para serem demonstradas necessitam de uma coleta de dados, o que não foi realizado neste trabalho.

#### 3.1. Apresentação do Problema

A “Tudo de Melhor” é uma fabricante de armários de aço que desde o ano de 2016 vem apresentando uma queda nos índices de produtividade, provocados devido ao setor de manutenção ineficiente que frequentemente vêm atrasando os cronogramas de fabricação, gerando assim alto custo de terceirização e outros problemas. O setor monitora suas atividades somente através dos registros das ordens de serviços (OS) abertas para atendimento dos reparos realizados nos equipamentos da empresa, que são classificadas por eles como ações Corretivas ou Preventivas. Estes registros possuíam um aumento significativo, que impactaram fortemente a empresa como dito anteriormente.

#### 3.2. Aplicação do Método DMAIC

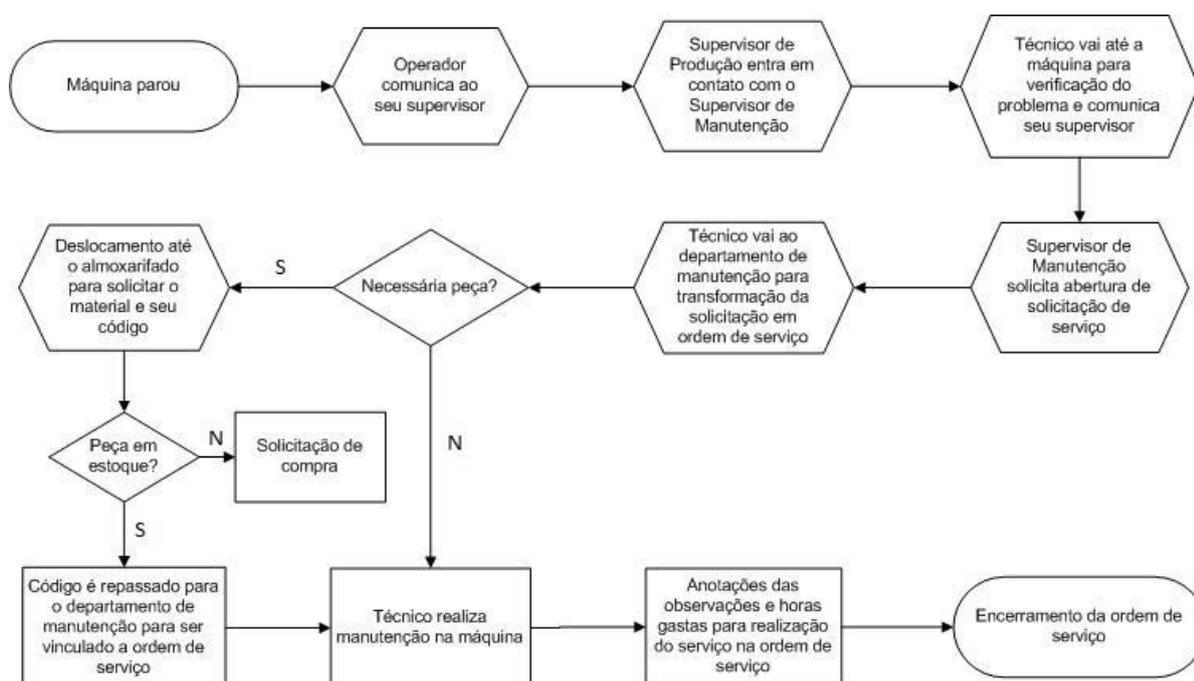
##### 3.2.1. Etapa *Define*– D

Nesta fase do método, busca-se definir os problemas vinculados ao processo, determinar o que é um defeito ou desempenho inaceitável, as metas de melhoria, além de realizar o escopo do projeto com clareza, identificando os líderes e as pessoas que irão compor a equipe e estimativa dos impactos financeiros. Wekemam (2002) diz que nesta fase deve-se definir claramente a meta e o escopo do projeto, através do *Business Case* (caso de negócio) elaborado por Champion. Além disso, busca-se responder as seguintes questões, afim de determinar o foco do projeto:

- Qual é o problema a ser resolvido no projeto?
- Qual a meta a ser atingida?
- Quais são os clientes e consumidores afetados pelo processo?
- Qual o processo relacionado ao problema descrito?
- Qual é o ganho financeiro que se obtém como o projeto?

Embora a empresa possua um registro das OS abertas, esta não apresenta um fluxograma das atividades definidos, com isso, foi elaborado um fluxograma afim de identificar as atividades realizadas no setor no processo de prestação de serviços, conforme apresentado na FIG. 3 a seguir.

Figura 3- Fluxograma do Departamento de Manutenção



Fonte: Própria autora

Após a identificação, fica claro compreender o fluxo de operações realizadas pelos colaboradores. Através da compreensão do fluxograma, foi analisado outro ponto que deve ser levado em consideração para eficiência do setor: os equipamentos.

A partir dos registros torna-se possível realizar uma análise geral do setor no intervalo de 1 mês, conforme demonstrado abaixo na TAB. 1, onde nota-se que foram abertas 215 OS para os 5 equipamentos. Neste intervalo o setor possuiu uma eficiência de 94,81%, (TAB. 2). A FIG. 4, fornece a média de tempo de duração dos

reparos e o desvio padrão igual a 0,57 horas e 1,149 respectivamente. Além disso, considerando-se que o equipamento em questão possui uma produtividade média de 25 peças/minuto, os serviços realizados no mesmo provocaram uma perda de 186.945 peças/mês, uma vez que o total de horas indisponíveis por manutenção foi de 124,63 horas (TAB. 2).

Tabela 1- Análise Geral

Equipamento	Código	Descrição	Quant. De Ordens Corretivas Abertas	Quant. De Ordens Preventivas Abertas	Total de Ordens Abertas	Total de Ordens Abertas
P-1	10001	Prensa 400 Toneladas	123	37	160	
P-4	10004	Prensa 200 Toneladas	12	7	19	
P-5	10005	Prensa 200 Toneladas	13	5	18	215
P-2	10002	Prensa 150 Toneladas	12	5	17	
P-3	10003	Prensa 25 Toneladas	1	0	1	

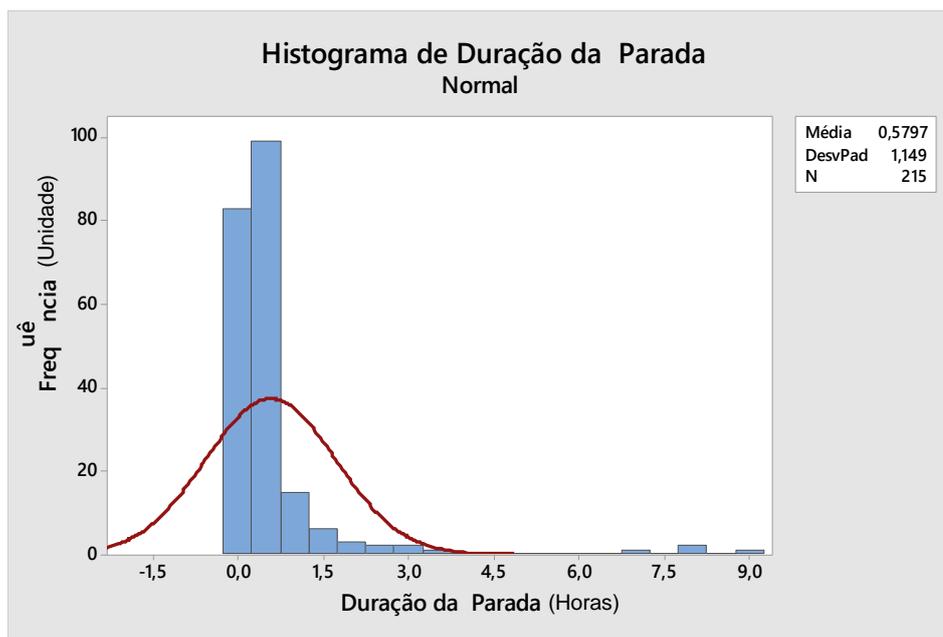
Fonte: Própria Autora

Tabela 2- Disponibilidade do Setor

Equipamento	Código	Descrição	Horas Trab. / Dia	Dias Trab. / Mês	Horas Trab. / Mês	Horas Indisponíveis por Manutenção	Disponibilidade	Disponibilidade do Setor
P-1	10001	Prensa 400 Ton.	22	23	506	59,69	88,20%	
P-2	10002	Prensa 150 Ton.	22	23	506	40,18	92,06%	
P-3	10003	Prensa 25 Ton.	17,3	23	397,9	1,97	99,50%	94,81%
P-4	10004	Prensa 200 Ton.	17,3	23	397,9	11,4	97,13%	
P-5	10005	Prensa 200 Ton.	17,3	23	397,9	11,39	97,14%	
			<b>95,9</b>	<b>115</b>	<b>2205,7</b>	<b>124,63</b>	<b>94,81%</b>	

Fonte: Própria Autora

Figura 4 - Histograma de Parada



Fonte: Própria Autora

A meta para realização dos serviços de reparos foi determinada como tempo máximo de 0,33 horas com base nos dados fornecidos na FIG. 4 acima. Para este cálculo foi utilizada a seguinte fórmula (FIG. 5):

Figura 5 – Fórmula de Tempo Máximo de Reparo

$$\text{Tempo Máximo de Reparo} = \frac{\text{Média (Tempo Médio de Reparo e o Menor tempo de Reparo)}}{\text{Tempo Médio de Duração}}$$

Fonte: Própria Autora

### 3.2.2. Etapa *Measure* – M

Nesta etapa busca-se documentar o processo atual por meio do levantamento de dados, realizando uma análise quantitativa do histórico até o momento atual do processo e coleta de dados afim de determinar uma sistemática de medição adequada, bem como uma análise de metas e variáveis que implicam nos resultados esperados. Neste momento, busca-se também determinar a capacidade corrente do

processo, não devendo haver falhas, uma vez que o sucesso das etapas seguintes depende da boa execução desta etapa.

Com isto, algumas perguntas são utilizadas afim de orientar a execução, sendo elas:

- Qual é o estado atual do processo?
- Quais as potenciais causas (fontes de variação) do problema?
- Os dados são confiáveis?
- Qual o comportamento dos dados históricos?

Ao final da etapa anterior, verifica-se que o equipamento P-1 (Prensa 400 Ton.) possuiu maior número de horas indisponíveis por serviços de manutenção, definido assim como o mais crítico, nesta etapa foi analisado o histórico de ordens de serviços (OS) abertas para o mesmo. A TAB. 3 abaixo fornece o tipo de serviço realizado bem como o tempo de duração e o tempo total de cada tipo de ordem (Corretiva ou Preventiva), além do tempo médio de reparo. Nota-se, portanto, que a maior parte do tempo gasto se refere as OS Corretivas.

Tabela 3 – Total de Horas

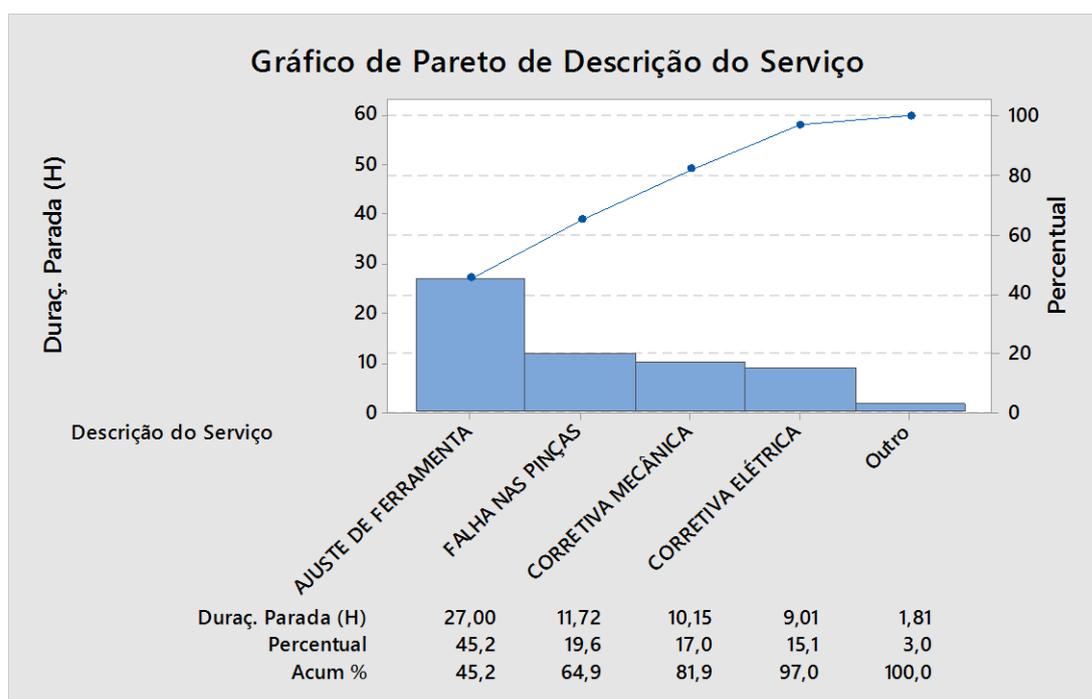
Ordens Corretivas			Ordens Preventivas		
Tipo de Serviço	Horas Gastas	Tempo de Médio de Reparo (Horas)	Tipo de Serviço	Horas Gastas	Tempo de Médio de Reparo (Horas)
Ajuste de ferramenta	27	0,32	Falha nas pinças	11,72	0,34
Corretiva mecânica	10,15	0,92	Teste de ferramenta	0,08	0,08
Corretiva elétrica	9,01	0,35	Energia elétrica	0,17	0,17
Liberação de vapor	0,68	0,68	Ar comprimido	0,75	0,75
Quebra de ferramenta	0,13	0,13			
Total	46,97	2,40		12,72	1,34

Fonte: Própria Autora

Para Campos (2003), o Gráfico de Pareto ajuda a determinar qual a ordem em que os problemas devem ser resolvidos levando em consideração a frequência de ocorrência. Segundo o autor, consiste em uma técnica que separa os poucos problemas vitais dos muitos problemas triviais, indicando a importância relativa de cada categoria de problema através de barras dispostas em ordem decrescente. Geralmente a barra mais alta, representa as categorias de problemas que precisam ser trabalhadas primeiramente, ficando ao lado esquerdo do gráfico. Para complementar utiliza-se uma linha cumulativa que mostra a soma percentual das barras. Utilizou-se do mesmo para identificação dos serviços com maior incidência de OS abertas, sendo estes: Ajuste de Ferramenta (45,2%), Falha nas Pinças

(19,6%), Corretiva Mecânica (17%), Corretiva Elétrica (15,1%), conforme exposto na FIG. 6. Com isto, realizaremos os estudos em cima do serviço que teve maior incidência: Ajuste de Ferramenta.

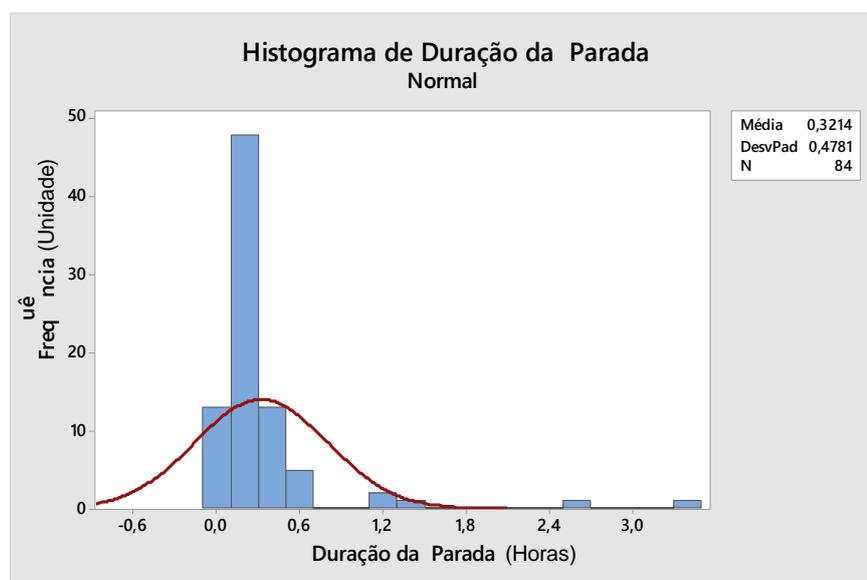
Figura 6 - Frequência de Realização dos Serviços



Fonte: Própria Autora

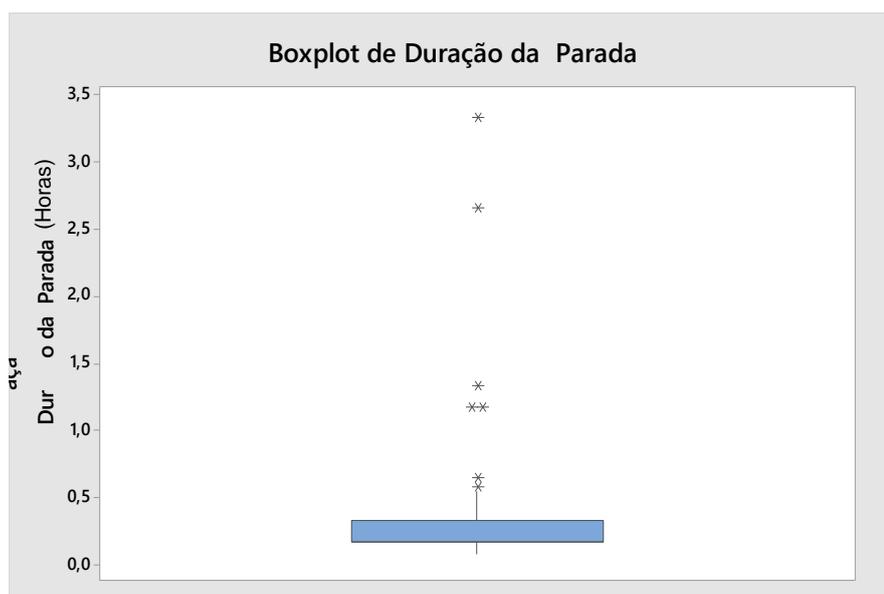
Por meio da FIG. 7, verifica-se que o tempo médio de reparo corresponde a aproximadamente 19 minutos, com desvio padrão igual a 0,4781, para um total de 84 ordens conforme demonstrado por N. Estes valores quando comparados a situação geral do setor corresponde respectivamente a 55% e 42% do tempo médio de reparo e desvio padrão do setor.

Figura 7 - Gráfico Histograma

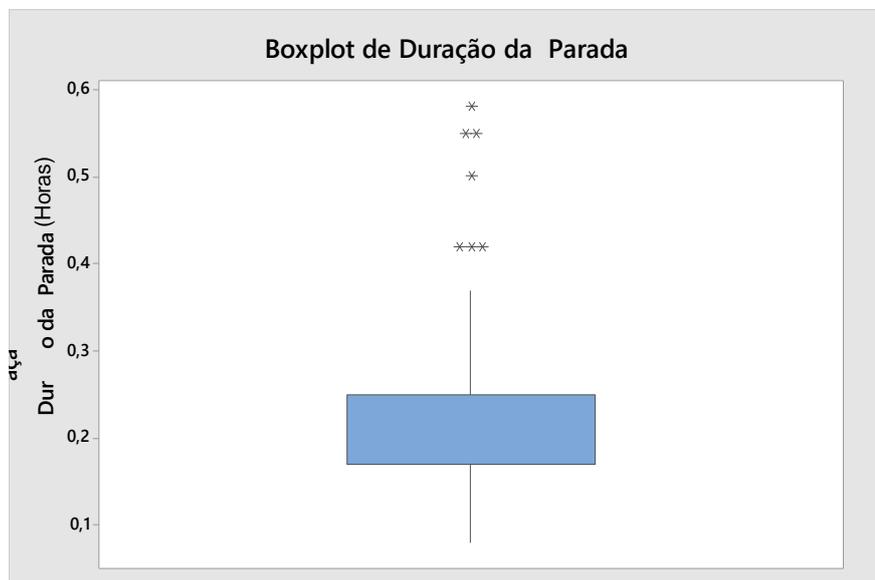


Fonte: Própria Autora

Segundo Campos (2003), o *Boxplot* ou Gráfico de Caixa, é uma ferramenta exploratória de dados que permite ter uma ideia sobre a localização e dispersão do conjunto de dados. A localização é representada pela mediana (linha que corta a caixa) e a dispersão pode ser visualizada pelo valor mínimo, primeiro quartil, terceiro quartil e valor máximo. Os valores discrepantes são denominados de *outliers*, representado por um asterisco. O coeficiente de variação dos dados, indica que a duração dos serviços varia 148,76%, quase duas vezes o tempo médio, sendo assim utilizou-se o *Boxplot* afim de verificar a dispersão dos dados, ou seja, verificar a presença ou não de *outliers* que tornariam o processo de análise menos preciso. As FIG. 8 e 9, demonstram a presença de 7 *outliers*, cujos respectivos valores são: 3,33; 2,65; 1,33; 1,17; 1,17; 0,65 e 0,56 horas. Foram retirados os *outliers* entre 0,65 a 3,33 horas por serem valores muito discrepantes.

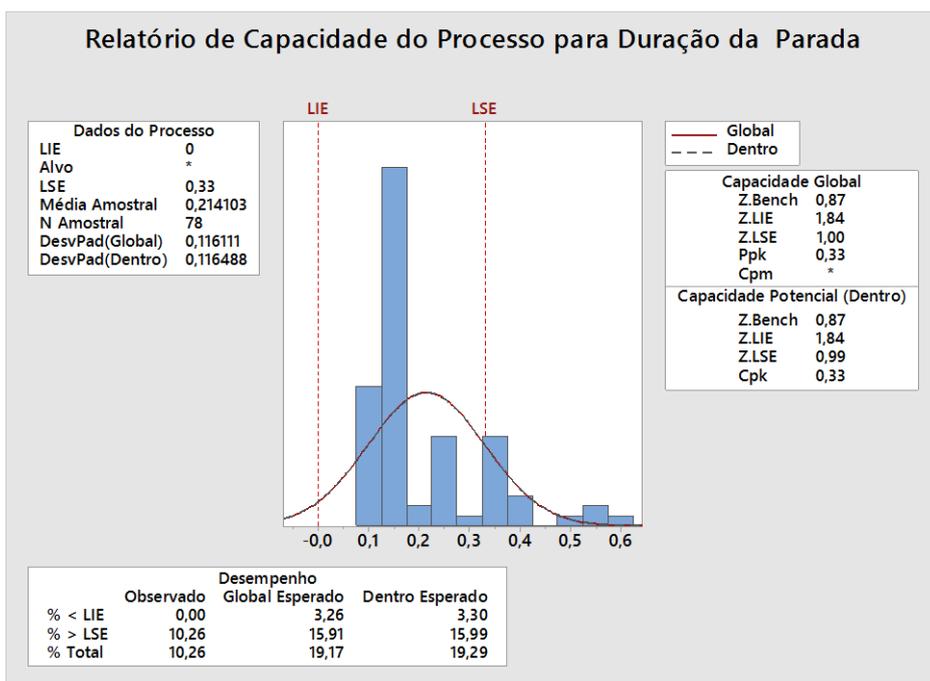
Figura 8 - *Boxplot* Ajuste de Ferramentas

Fonte: Própria Autora

Figura 9 - *Boxplot* Ajuste de Ferramentas

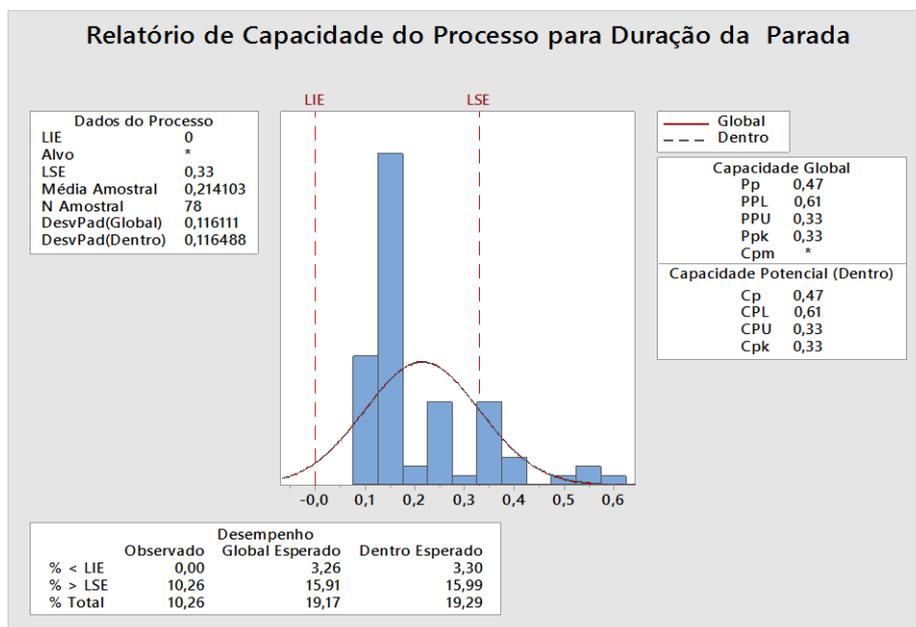
Fonte: Própria Autora

Uma vez ajustada a correlação dos dados, recalculamos o desvio padrão, o tempo médio de serviço, e verificamos também que o processo atual se encontra em um nível *sigma* de 0,87 conforme demonstrado nas FIG. 10 e 11. Além disso, o mesmo possui uma capacidade potencial de 0,47 e uma capacidade efetiva de 0,33. Nota-se então que o processo atual possui pontos que necessitam de uma melhoria, afim de utilizar-se ao máximo a capacidade do mesmo.

Figura 10 - Nível *Sigma* do Processo Atual

Fonte: Própria Autora

Figura 11- Capacidade Potencial e Efetiva do Processo Atual



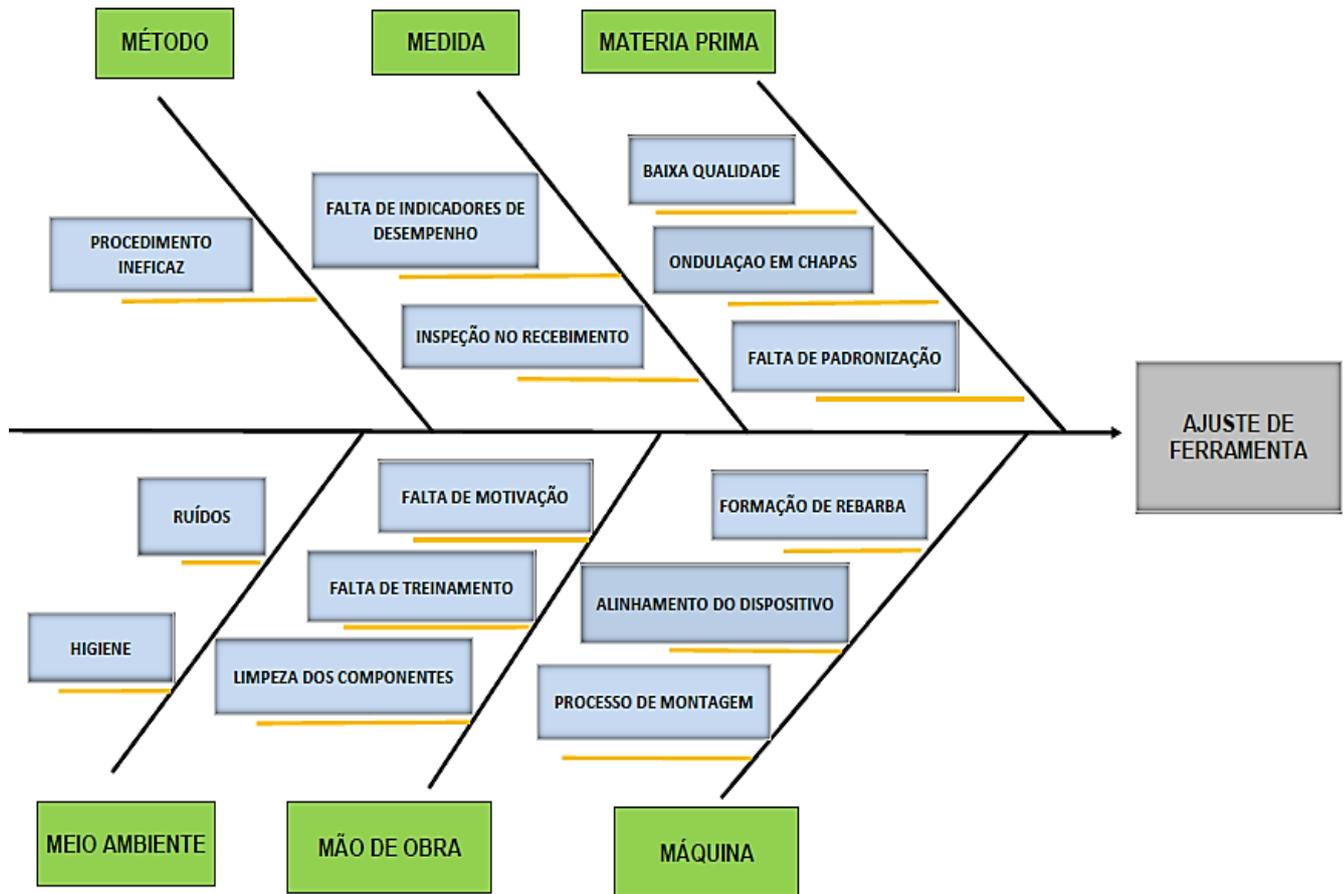
Fonte: Própria Autora

### 3.2.3. Etapa *Analyse* – A

Esta etapa do método possui caráter decisório no processo de melhoria Seis *Sigma*, pois nela têm-se as respostas para os problemas abordados. Nesta, realizam-se as inferências sobre o problema e os respectivos testes de hipóteses para comprovação das mesmas. Em geral, trata-se de uma fase que demanda a maior parcela de tempo quando comparada às demais etapas.

Segundo Werkema (2002) neste momento deverão ser determinadas as causas fundamentais do problema prioritário associado a cada uma das metas definidas na fase anterior, ou seja, para cada meta deve-se realizar a seguinte pergunta: Porque o problema prioritário existe?

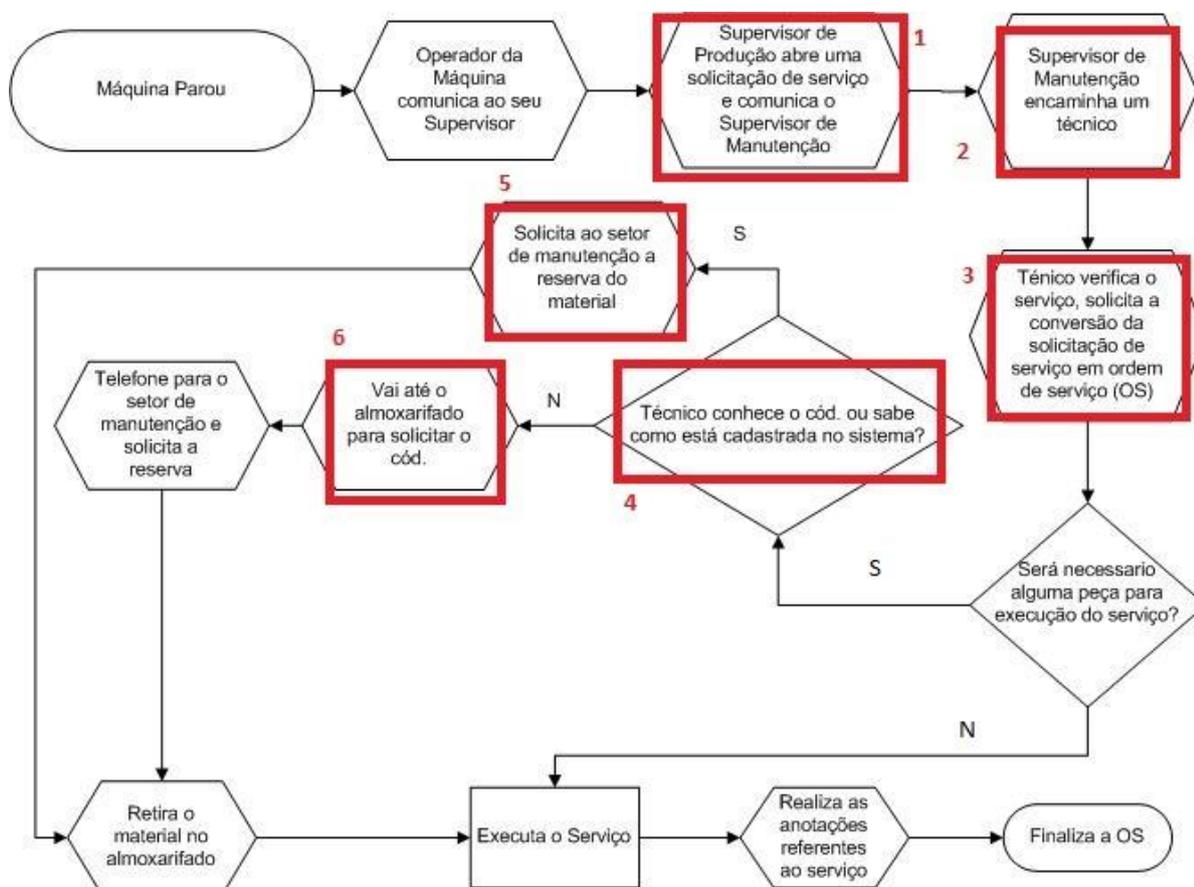
Com base na produtividade do equipamento já mencionada, verificamos que os serviços realizados no mesmo provocam uma perda de 40.500 peças/mês, além do custo de mão de obra necessários para realização do serviço que não foi calculado uma vez que varia de entre os profissionais. Foram levantadas, portanto as causas que originaram o mesmo, através de um amplo Brainstorming seguido de ordenação em um Diagrama de *Ishikawa*, utilizado para organizar as causas potenciais que produzem um efeito observado que neste caso corresponde ao serviço de Ajuste de Ferramenta. Tais informações presentes na FIG. 12 são de grande importância para realização e criação de hipóteses bem como a tomada de decisão.

Figura 12 - Diagrama de *Ishikawa*

Fonte: Própria autora

Outro ponto que merece atenção refere-se ao fluxograma que como exposto na primeira etapa, demonstra um fluxo de operação ineficaz, uma vez que, mesmo que o processo seja realizado sem intercorrências este irá depender de idas e vindas de diferentes colaboradores, gerando uma grande quantidade de atividades que não agregam valor, além de possuir uma tendência a gerar um fluxo de informações divergentes, causando desperdícios que contribuem na geração das consequências sofridas pelo setor no último ano. Afim de detectar possíveis áreas de atuação para melhoria do desempenho do setor em destaque na FIG. 13 abaixo estão as atividades que podem ser minimizadas através de pequenos remanejamentos.

Figura 13 - Fluxograma Proposto ao Departamento de Manutenção



Fonte: Própria autora

### 3.2.4. Etapa *Improve*– I

Nesta fase, coloca-se em prática as soluções potenciais escolhidas para serem testadas, sendo este o momento em que se planeja as soluções e também se deposita a maior parte da expectativa explorando na prática a verificação da eficácia de boa parte do experimento executado.

Segundo Werkema (2002) nesta fase devem ser geradas ideias sobre soluções potenciais de eliminação das causas fundamentais do problema prioritário detectadas na fase anterior.

Algumas perguntas podem ser realizadas afim de orientar os envolvidos:

- Quais são as possíveis ações de melhoria?
- Todas as melhorias propostas podem ser transformadas em soluções com elevado potencial de implementação?
- Como testar as soluções escolhidas afim de garantir o alcance da meta sem efeitos colaterais indesejáveis?
- Como medir os resultados financeiros no processo assim que o plano de ação for implementado?

A partir do Diagrama de *Ishikawa* obteve-se várias causas potenciais, contudo devido ao grande volume, se fez necessário priorizar estas através de uma Matriz de Priorização onde são identificadas quais causas potenciais irão necessitar de um plano de melhoria. A TAB. 4, mostra as causas potenciais onde seus respectivos totais indicam a gravidade da mesma, uma vez que este valor é diretamente proporcional ao impacto que um plano de melhoria irá provocar.

Tabela 4- Matriz de Priorização

	Baixo Custo	Facilidade	Rapidez	Impacto Positivo Sobre a Causa	Baixa Probabilidade de Gerar Efeitos Colaterais Indesejados	Total
<b>Ações/Peso (5 a 10)</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	
Revisão/Alteração no Procedimento	3	5	3	5	1	142
Criação de Indicadores de Desempenho	3	3	3	5	3	61
Rotina de Higienização	3	3	3	3	1	45
Treinamento dos Operadores	3	3	3	5	3	45
Treinamento dos Mantenedores	3	3	3	5	3	61
Criação de Serviços Diários de Ajuste das Ferramentas (Setup)	3	5	5	5	3	73
Criação de Ordens de Serviços Preventivas	3	5	5	5	3	93
		<b>Correlação Forte</b>	5	<b>Correlação Fraca</b>	1	
		<b>Correlação Moderada</b>	3	<b>Correlação Ausente</b>	0	

Fonte: Própria autora

Uma vez priorizadas as causas o próximo passo foi traçar o plano de ação para estas causas, ou seja, desdobrar estas informações em algo mais tangível. Segundo Werkema (2002) a metodologia 5W2H tem como objetivo auxiliar na definição das estratégias a serem tomadas, onde são respondidas as seguintes perguntas:

- O que será feito? (*What*)
- Porque será feito? (*Why*)
- Onde será feito? (*Where*)
- Quando será feito? (*When*)
- Quem fará? (*Who*)
- Como será feito? (*How*)
- Quanto custará o que será feito? (*How much*)

Sendo assim, utilizou-se esta metodologia conforme demonstrado na QUADRO 2 abaixo.

QUADRO 2 - 5W2H

What?	Who?	Where?	When?	Why?	How?	How much?
O que?	Quem?	Onde?	Quando?	Por quê?	Como?	Quanto?
Revisar/Alterar Procedimento	Equipe de Manutenção	No setor de Manutenção	Durante 3 meses	Identificar pontos de melhoria	Reuniões semanais com os mantenedores e supervisor	1 hora
Criar Ordens de Serviços Preventivas	Equipe de Manutenção	No setor de Manutenção	De acordo com a ficha técnica e utilização das máquinas/equipamentos	Minimizar número de OS Corretivas Aumentar a disponibilidade dos mesmos	Relação entre a análise do tempo de funcionamento e indicação técnica	Variável
Criar OS para Setup	Equipe de Manutenção	No setor de Manutenção	Todo mês	Minimizar número de OS Corretivas Aumentar a disponibilidade dos mesmos	Atráves do levantamento do número de OS abertas no último mês e experiência dos mantenedores sobre o serviço realizado	Variável
Criar Indicadores de Desempenho	Equipe de Manutenção	Setor de Manutenção junto à Gerência	Durante 3 meses	Definir metas Mensurar o desempenho do setor	Atráves de apontamentos das OS, controle de eficiência dos mantenedores, disponibilidade de máquinas/equipamentos	70% do jornada de trabalho diária
Treinamento dos Mantenedores	Equipe de Manutenção	No setor de RH/Segurança do Trabalho	Periodicamente	Atualizar procedimentos Agilizar processo de operação	Palestras, reciclegens, cursos	A cada 3 meses
Rotina de Higienização	Mantenedores	No setor de Manutenção quando possível	Todos os dias	Minimizar paradas durante regime de funcionamento	Uso de materiais adequados a cada tipo de máquina/equipamento	Aproximadamente 1 hora por mantenedor
Treinamento dos Operadores	Operadores de Máquinas/Equipamentos	No setor de RH/Segurança do Trabalho	Periodicamente	Atualizar procedimentos Agilizar processo de operação	Palestras, reciclegens, cursos	A cada 6 meses

Fonte: Própria Autora

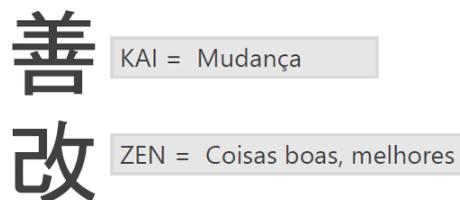
Aliado a execução do plano de ação elaborado, a empresa pode utilizar de mecanismos a prova de erro, onde são minimizadas as chances de acidentes de trabalho bem como a interrupção de máquinas/equipamentos durante regime de funcionamento. Tal mecanismo é definido como *Poka-Yoke (error proofing ou mistake proofing)*, para Werkema (2006) o mesmo busca detectar e corrigir erros em um processo, antes que eles se transformem em defeitos percebidos pelo cliente e ou fornecedor, evitando que o erro seja cometido, ou tornando o erro obvio à primeira vista para que seja facilmente detectado e corrigido. Existem dois tipos de *Poka-Yoke*, os de caráter preventivo, que não permitem a ocorrência do erro, e os de caráter detectivo, que interrompem o processo ou emitem um sinal quando um erro é cometido de modo que o responsável possa corrigi-lo rapidamente. Dentro do setor de manutenção podemos citar como possíveis mecanismos:

- Instalação de bi manuais em máquinas/equipamentos;
- Confecção de moldes livre de falhas;
- Utilização de réguas de alinhamento;

- Criação de dispositivos para garantir o posicionamento adequado de chapas e bobinas;
- Instalação de sensores de presença.

Além das medidas propostas acima, existem inúmeras ações/medidas que podem ser adotadas pela empresa afim de melhorar seu desempenho organizacional, uma delas é o conhecimento e prática da cultura *Kaizen*, termo japonês que significa mudança, coisas boas conforme demonstrado na FIG. 14 abaixo. A utilização desta cultura implica em uma melhoria contínua onde todos os envolvidos perseguem uma meta pré-estabelecida, compartilham seus conhecimentos uns com os outros, criam autonomia para identificar onde e como melhorar suas práticas, bem como o aprendizado e ensinamento de como terem recursos.

Figura 14 - Significado de *Kaizen*



Fonte: Acervo da autora

### 3.2.5. Etapa *Control- C*

Esta etapa do projeto tem como finalidade garantir que o processo irá operar dentro dos limites estabelecidos com uma mínima variação através de mecanismos de controle, nela avalia-se também o alcance da meta em larga escala. Com intuito de auxiliar o processo, algumas perguntas podem ser respondidas como:

- A meta e os resultados financeiros foram alcançados?
- Quais controles foram estabelecidos para garantir a sustentabilidade das melhorias feitas?
- Quem será o dono do processo e como ele fará o acompanhamento do processo?
- Será necessário criar ou atualizar padrões e procedimentos? Quem são os envolvidos e quem serão treinados?

Como já mencionado o presente trabalho trata apenas de uma demonstração de aplicação do método, sendo assim, nesta fase do projeto será apenas apresentado possíveis ferramentas que a empresa poderia utilizar afim de controlar o projeto proposto garantindo assim o melhor desempenho das atividades no setor de manutenção.

A primeira ferramenta que poderia ser adota seria o 5S devido suas práticas simples e baratas, trata-se de um programa que visa principalmente a qualidade de vida de todas as pessoas da empresa, por meio da aplicação de 5 sentidos:

- *Seiri*: Senso de Utilização;
- *Seiton*: Senso de Ordenação;
- *Seiso*: Senso de Limpeza;
- *Seiketsu*: Senso de Saúde/Bem-estar;
- *Shitsuke*: Senso de Autodisciplina.

Dentre os inúmeros benefícios proporcionados pela utilização do 5S pode-se citar: Processos mais otimizados e racionalizados, bem-estar do ser humano, ambiente de qualidade, melhoria das habilidades pessoais, promoção do trabalho em equipe, melhoria de relacionamentos interpessoais, higienização física e mental do local de aplicação do programa (tornando-o um lugar melhor), liberação de espaço para diversos fins, reciclagem de recursos escassos, combate à burocracia, redução de custos, eliminação de excesso de desperdícios, acompanhamento do tempo de validade do material guardado, melhoria da administração do tempo, aumento da segurança.

O POP (Procedimento Operacional Padrão) é uma forma de registro, onde os procedimentos realizados são padronizados e arquivados garantindo que qualquer pessoa, ao realizar determinada atividade irá exercê-la com a menor chance de erro possível. Além disso, o mesmo irá proporcionar, a empresa em questão, redução de tempo gastos com retrabalho, impactando diretamente no índice de horas corretivas. No entanto, vale ressaltar que o mesmo deve ser elaborado em uma linguagem adequada aos que irão utiliza-lo, contendo instruções sobre os serviços por meio da utilização de imagens, gráficos, fluxogramas, entre outros.

A criação de indicadores sugerido na etapa anterior irá possibilitar o controle do processo através da utilização de gráficos denominados Carta de Controle, onde os limites superiores e inferiores serão definidos através da análise do histórico dos indicadores que a empresa passará a ter com mais confiabilidade. A carta de controle

é um acompanhamento do processo, afim de ajudar a manter as melhorias conquistadas bem como auxiliar na definição de um novo patamar para as melhores práticas. Esta é subdividida em dois grandes grupos: Cartas por Atributo e Cartas para Variáveis, sendo a escolha dependente das necessidades e objetivos da empresa.

#### **4. CONCLUSÃO**

O presente trabalho buscou enfatizar a eficácia e os benefícios obtidos com a implementação do método DMAIC em um setor de Manutenção Industrial, sendo este visto muitas vezes como um ambiente inviável para aplicação do mesmo devido à grande complexidade dos serviços realizados. Contudo, para maior sucesso de aplicação do mesmo, torna-se necessário o envolvimento de organização, uma vez que o bom planejamento das atividades do setor, envolve questões ligadas a demais setores como Planejamento Programação e Controle da Produção (PPCP).

Verificou-se que a adoção de práticas relativamente simples aliadas ao comprometimento dos envolvidos permite a viabilidade de aplicação do método. Ressalta-se que as ferramentas propostas são adaptáveis às necessidades presentes, não sendo de uso obrigatório, além disso, o presente trabalho corresponde a uma abordagem sobre a utilização do método, não comprovando os resultados obtidos com adoção das práticas propostas. Sendo assim este pode servir de base para futuras pesquisas com o trabalho de campo ou não, visando o aprofundamento do mesmo em outros setores de manutenção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, Silvio. **Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao programa seis sigma**. Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2002.
- ANDRIETTA, João Marcos; MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. **Aplicação do programa Seis Sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo survey exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras**. Gestão & Produção, São Carlos, v. 14, n. 2, 2007.
- AVEN, Terje. **Identification of safety and security critical systems and activities**. Reliability Engineering & System Safety, v. 94, n. 2, 2009.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC – Controle da qualidade total**. Nova Lima – Minas Gerais: INDG Tecnologia e Serviços LTDA, 2004.
- CAMPOS, Marco Siqueira. **Desvendando o minitab**. Qualitymark Editora Ltda, 2003.
- CARVALHO, Marlei Monteiro; PALADINI Edson Pacheco. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- CLETO, Marcelo Gechele; QUINTEIRO, Leandro. **Gestão de projetos através do DMAIC: um estudo de caso na indústria automotiva**. Revista Produção Online, v. 11, n. 1, 2011.
- DE MAST, Jeroen; LOKKERBOL, Joran. **An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving**. International Journal of Production Economics, v. 139, n. 2, 2012.
- DONADEL, DANIEL CARNEIRO. **Aplicação da metodologia DMAIC para redução de refugo em uma indústria de embalagens**. São Paulo, 2008.
- ECKES, George. **A revolução Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucro**. Elsevier, 2004.
- HARRY, Mikel J. **Six Sigma: a breakthrough strategy for profitability**. Quality progress, v. 31, n. 5, 1998.
- HELMANN, KURTT S. **Uma sistemática para determinação da criticidade de equipamentos em processos industriais baseada na abordagem multicritério**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2010.
- HIJES, Félix C. Gómez de León; CARTAGENA, José Javier Ruiz. **Maintenance strategy based on a multicriterion classification of equipments**. Reliability Engineering & System Safety, v. 91, n. 4, 2006.

- LIN, ChiaJou et al. **Continuous improvement of knowledge management systems using Six Sigma methodology**. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, v. 29, n. 3, 2013.
- MATOS, Jorge da Luz. **Implementação de um projeto de melhorias em um processo de reação química em batelada utilizando o método DMAIC**. Dissertação, UFRGS, 2003.
- MOSS, T. R.; WOODHOUSE, J. **Criticality analysis revisited**. Quality and reliability engineering international, v. 15, n. 2, 1999.
- NGUYEN, TP Khanh; YEUNG, Thomas G.; CASTANIER, Bruno. **Optimal maintenance and replacement decisions under technological change with consideration of spare parts inventories**. International Journal of Production Economics, v. 143, n. 2, 2013.
- PERRETTI, O. D'A.; VENDRAMETTO, O. **Gestão da manufatura na pequena indústria**. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, Foz do Iguaçu, 2007.
- RIBEIRO, Giovani Costa; BRASIL, ENDESA GERAÇÃO. **A importância dos critérios de sustentabilidade na definição da criticidade dos equipamentos analisados sob a ótica de RCM2**. Revista CIER N, v. 55, 2010.
- ROTONDARO, Roberto G. et al. **Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. São Paulo: Atlas, 2002.
- SANTOS, Adriana Barbosa et al. **Modelo de referência para estruturar o programa de qualidade seis sigma: proposta e avaliação**. Tese, UFSCAR, 2006.
- SANTOS, Wagner Baracho dos; COLOSIMO, Enrico Antonio; DA MOTTA, Sergio Brandão. **Tempo ótimo entre manutenções preventivas para sistemas sujeitos a mais de um tipo de evento aleatório**. Revista Gestão e Produção, v. 14, 2007.
- SIQUEIRA, Iony Patriota de. **Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implantação**. 1ª (Reimpressão). ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
- SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. Tradução Ailton Bomfim Brandão. – 4. ed. – São Paulo: Atlas, 2015.
- SMITH, Anthony M.; HINCHCLIFFE, Glenn R. **RCM: gateway to world class maintenance**. 2ª. ed. Burlington: Elsevier Butterworth–Heinemann, v. 1, 2004.
- THOMAIDIS, Thomas V.; PISTIKOPOULOS, Stratos. **Criticality analysis of process systems**. In: Reliability and Maintainability, 2004 Annual Symposium-RAMS. IEEE, 2004.
- USEVICIUS, Luis Antonio. **Implantação da metodologia seis sigma e aplicação da técnica estatística projeto de experimentos na resolução de problemas e otimização de processos de fabricação**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 2004.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM-Planejamento e Controle da Manutenção**. Qualitymark Editora Ltda, 2002.

WERKEMA, C. **Criando a cultura seis sigma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **Criando a cultura seis sigma**. Werkema Editora, Nova Lima, 2004.

WERKEMA, C. **Introdução as ferramentas do lean manufacturing**. Belo Horizonte: Werkema, 2006.

WERKEMA, Cristina. **Métodos PDCA e Demaic e Suas Ferramentas Analíticas**. Elsevier Brasil, 2013.