

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

MARCELO RAMOS DIAS

THIAGO MARTINS CORREIA

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA
PARA MELHORAR A EFICIÊNCIA NO PROCESSO
DE EMBALAGEM DE AÇO LAMINADO DECAPADO
MECANICAMENTE**

Taubaté – SP

2018

Marcelo Ramos Dias

Thiago Martins Correia

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA
PARA MELHORAR A EFICIÊNCIA NO PROCESSO
DE EMBALAGEM DE AÇO LAMINADO DECAPADO
MECANICAMENTE**

Trabalho de Graduação apresentado para obtenção do Certificado de Graduação do curso de Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. Me. Ivair Alves dos Santos

Taubaté – SP

2018

**MARCELO RAMOS DIAS
THIAGO MARTINS CORREIA**

SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU

- D541a Dias, Marcelo Ramos
Aplicação da metodologia Seis Sigma para melhorar a eficiência no processo de embalagem de aço laminado decapado mecanicamente / Marcelo Ramos Dias; Thiago Martins Correia. -- 2018.
45 f. : il.
- Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica, 2018.
Orientação: Prof. Me. Ivair Alves dos Santos, Departamento de Engenharia Mecânica.
1. DMAIC. 2. Melhoria Contínua. 3. Processo Produtivo. 4. Seis Sigma. I. Título. II. Correia, Thiago Martins. III. Graduação em Engenharia Mecânica.

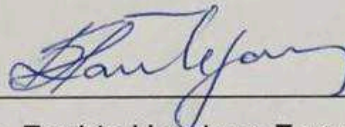
CDD – 658.5

**MARCELO RAMOS DIAS
THIAGO MARTINS CORREIA**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA PARA MELHORAR A
EFICIÊNCIA NO PROCESSO DE EMBALAGEM DE AÇO LAMINADO DECAPADO
MECANICAMENTE**

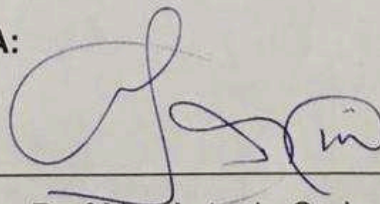
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO APROVADO COMO PARTE
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE **GRADUADO EM
ENGENHARIA MECANICA**

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO COORDENADOR DE CURSO DE
GRADUAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

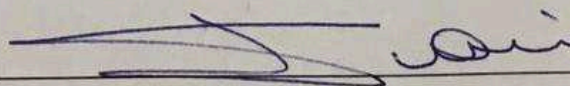


Prof.Me. Fanbio Henrique Fonseca Santejani
Coordenador de Trabalho de Graduação

BANCA EXAMINADORA:



Prof.Me. Antonio Carlos Tonini
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof.Me Ivair Alves dos Santos
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

29 Novembro 2018

Dedicamos a monografia a todos os professores do
Curso de Engenharia, ao nosso querido Orientador
Professor Me Ivair Santos Alves, aos nossos familiares,
amigos e todos aqueles que de certa forma
contribuíram para a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter nos dado saúde e força para superar as dificuldades presentes no decorrer do curso.

Aos nossos pais Ataíde Pereira Dias, Ana Maria Ramos, Antonio Correia e Perpétua Rosa Gonçalves Correia pelo amor, incentivo, paciência e apoio incondicional.

A nossas companheiras, pela paciência, ajuda, respeito e principalmente pela compreensão e apoio durante nossas horas de estudo e ausência do nosso lar.

Aos professores que sempre estiveram dispostos a ajudar e contribuir para um melhor aprendizado em especial ao nosso orientador e grande amigo Ivair Alves dos Santos por todo conhecimento repassado.

A toda comunidade acadêmica da Universidade de Taubaté que contribuíram até o final desse ciclo de maneira satisfatória.

Enfim, agradecemos a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação, o nosso muito obrigado.

“Para sobreviver, nos agarramos em tudo o que sabemos e entendemos e chamamos isso de realidade, mas conhecimento e entendimento são ambíguos, aquela realidade poderia ser uma ilusão.

Todos os humanos vivem com premissas erradas.

Não é impossível pensar que todos os seres humanos vivem de suas próprias conclusões.”

Autor Desconhecido

RESUMO

A metodologia Seis Sigma é uma iniciativa empregada usualmente por várias indústrias com o intuito de minimizar os custos organizacionais, aumentar significativamente a qualidade e a produtividade dos produtos e serviços, ter acréscimo e retenção de clientes, eliminação de atividades que não agregam valor entre outras mudanças significativas. Mas para que isso ocorra, é imprescindível uma mudança na cultura da empresa, que exista um envolvimento e comprometimento da alta administração, priorização e seleção de projeto, foco no cliente e principalmente a cooperação e parceria de todos os envolvidos no processo a ser melhorado. Para implementação do Seis Sigma na empresa é necessário a aplicação de diversas técnicas e ferramentas umas delas é o DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) o qual auxilia na determinação do problema, mensura e investiga as relações de causa e efeito, analisa os dados e o mapeamento, melhora e otimiza o processo a fim de elevar o desempenho financeiro e qualitativo de uma empresa.

Palavras-chave: DMAIC, Seis Sigma, Processo Produtivo, Melhoria Contínua.

ABSTRACT

The Six Sigma methodology is usually employed by several industries with the purpose of reducing organizational costs, significantly increasing the quality and productivity of products and services, increasing and retaining customers, withdrawing activities that do not add value among others changes. But in the first place, it is important that there is an involvement and commitment of senior management, prioritization and project selection, customer focus and especially a partnership of all involved in the improvement process. For the implementation of Six Sigma in the company, it is necessary to apply several techniques and tools to obtain the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) which is to assist in problem determination, measure and investigate cause and effect relationships, analyzes the data and the mapping, improves and optimizes the process of elevation and financial and qualitative performance of a company.

Keywords: DMAIC, Six Sigma, Productive Process, Continuous Improvement.

LISTA DE FIGURA

Figura 1 – Esquema ilustrativo das etapas do método DMAIC	27
Figura 2 – Sistema de Decapagem e coxo de saída	28
Figura 3 – Diagrama espinha de peixe (Ishikawa)	30
Figura 4 – Gráfico de Pareto	31
Figura 5 – Toneladas produzidas por mes	32
Figura 6 – Tempo gasto em movimentação	34
Figura 7 – a, Feixe com cintas para ser içado e b, Feixe içado no ar	Erro! Indicador não definido.
Figura 8 – Operador próximo a carga suspensa	Erro! Indicador não definido.
Figura 9 – Plano de reação	Erro! Indicador não definido.
Figura 10 – Sistema de Embalagem	Erro! Indicador não definido.
Figura 11 – Balança na saída do equipamento	Erro! Indicador não definido.
Figura 12 – Mudança de layout do estoque	Erro! Indicador não definido.
Figura 13 – Contador de barras	40

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - SIPOC.	299
Tabela 2 - Matriz causa e efeito.....	311

LISTA DE ABREVIATURAS

DMAIC - Definir, Medir, Analisar, Implementar, Controlar

SIPOC – Fornecedores, Entradas, Processo, Saídas, Clientes

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Objetivos	15
1.1.1	Objetivo Geral	15
1.1.2	Objetivos Específicos	15
1.2	Delimitação do Estudo.....	15
1.3	Relevância do Estudo.....	15
1.4	Organização do Trabalho	16
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	17
2.1	Produtividade	17
2.2	Racionalização	18
2.3	Qualidade	19
2.4	DMAIC.....	22
2.4.1	Fase Definir	23
2.4.2	Fase Medir	23
2.4.3	Fase Analisar	23
2.4.4	Fase Melhorar	24
2.4.5	Fase Controlar.....	24
3	METODOLOGIA	25
3.1	Classificação dos Métodos de Pesquisa	25
3.1.1	De acordo com a abordagem	25
3.1.2	De acordo com o objetivo	25
3.1.3	De acordo com os procedimentos técnicos.....	26
4	DESENVOLVIMENTO	27
4.1	Apresentação da Empresa.....	27

4.2	Aplicação da Metodologia	28
4.2.1	Definir o Escopo	28
4.2.2	Medir e Mapear a Situação Atual	32
4.2.3	Analisar	33
4.2.4	Melhorar	35
4.2.5	Controlar.....	35
5	RESULTADOS.....	37
5.1	Ações Realizadas.....	37
5.2	Análise da Variação do Processo Antigo x Processo Novo.....	39
6	CONCLUSÃO	40
7	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	41
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, devido à grande competitividade entre as empresas, as grandes indústrias estão tendo que ser inovadoras a fim de cortar custos de fabricação e continuarem competitivas no mercado. Para isso devem-se buscar diversas maneiras para reduzir os custos, com automatização, organização das linhas, aperfeiçoamento de seus processos, empresas terceirizadas, parcerias e benchmarking.

Dessa forma, justifica-se a necessidade de uma liderança eficiente a fim de garantir processos mais adequados que permitam sua constante evolução.

Empresas que usam destes conceitos tendem a serem líderes de mercado e estarem sempre buscando reduzir seus custos e aprimorar a qualidade de seus processos, serviços e produtos e assim transmitem, de forma sistêmica, para que os seus clientes sejam fiéis a sua marca.

O método de aplicação da metodologia DMAIC de modo conjunto com suas inúmeras técnicas estatísticas tem a meta de fabricar produtos com ligeireza de prazos e custos, além de obter resultados mais eficientes.

Este trabalho foi inspirado no cenário mencionado anteriormente e tem como objetivo apresentar um estudo de caso sobre a aplicação da metodologia Seis Sigma, comprovando como esta abordagem pode ser surpreendentemente eficaz na introdução de melhorias no processo produtivo.

Resoluções de problemas com princípios e metodologia Seis Sigma vinculado com a ferramenta DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) é uma das técnicas empregadas por empresas para melhorar a qualidade de seus produtos e serviços.

O conceito de aplicação da metodologia DMAIC junto com seus inúmeros recursos estatísticos tem como finalidade atingir níveis satisfatórios de qualidade, de forma confiável, no tempo certo às necessidades do cliente, diminuindo o índice de perdas e com o menor custo possível transformando a organização mais competitiva no mercado.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um estudo de caso utilizando a metodologia DMAIC na gestão e estratificação de oportunidades de melhorias para o processo de decapagem e embalagem de barras laminadas, visando maximizar a produção, aumentar a qualidade do produto final e minimizar os custos de fabricação.

1.1.2 Objetivos Específicos

O objetivo específico deste trabalho, consiste em aplicar a metodologia Seis Sigma (DMAIC) ao processo de decapagem e embalagem de barras laminadas, afim de reduzir o tempo de processamento, comprovando como esta abordagem pode ser extremamente eficaz para possibilitar vantagem competitiva à organização que a executa.

1.2 Delimitação do Estudo

Este estudo de caso foi desenvolvido em uma grande indústria metalurgica localizada no Vale do Paraíba. A empresa possui processo de laminação a mais de 50 anos e é líder e referência na área de laminação de barras.

Após reuniões realizadas com os setores envolvidos no processo e análise dos indicadores de qualidade foi evidenciado a necessidade de aplicação da metodologia DMAIC na identificação de fatores que influenciam no processo de decapagem e embalagem das barras.

1.3 Relevância do Estudo

O tema abordado neste trabalho tem como princípio a aplicação da metodologia Seis Sigma (Método DMAIC) para análise e solução de problemas, visando à melhoria da produtividade e custos de processo. Tal metodologia foi baseada na aplicação dos conceitos de DMAIC. Com a aplicação destes conceitos foi possível identificar, qualificar e quantificar as etapas de processo aonde se perdia mais tempo sem agregar valor ao produto acabado.

Este trabalho delimita-se ao estudo e aplicação da metodologia DMAIC em uma indústria metalúrgica situada na cidade no Vale do Paraíba, visando aumentar a produtividade e reduzir os custos.

1.4 Organização do Trabalho

O trabalho está estruturado em capítulos e subcapítulos. No capítulo 1, são expostos a justificativa do estudo, o escopo do trabalho, os objetivos e a metodologia adotada.

O capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura sobre produtividade, racionalização, qualidade e o DMAIC.

O capítulo 3 explica a metodologia adotada na pesquisa, apresentando como foi feita a coleta, obtenção dos dados e como foi conduzido o estudo de caso.

O capítulo 4 explica como foi aplicado a metodologia ao processo.

O capítulo 5 apresenta as ações realizadas, considerações finais, conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

Por fim, são apresentadas as referências utilizadas neste trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo descreve como a produtividade é abordada na literatura, bem como a evolução de sistemas produtivos de acordo com a lógica da organização. As subseções abaixo abordam um breve histórico da metodologia DMAIC, com suas definições e modelo delineando as etapas para a construção do projeto, bem como seus desenvolvimentos, explanou-se sobre as fases definir, medir, analisar, implementar e controlar.

2.1 Produtividade

Produtividade é definida como a relação *output/input*. Isso significa que, para aumentar a produtividade, é necessário reduzir o input ou melhorar o output do sistema. Porém as ações de melhoria de produtividade são na verdade orientadas as pessoas, através da eficiência no processo produtivo e da qualidade no output. A produtividade pode ser medida por fatores unitários (e.g. produtividade de capital ou produtividade de mão de obra), resultando em um *output* por unidade de *input* (LIEBERMAN e KANG, 2008; MOHD, 2002).

A análise dos fatores críticos do processo aliado a experiência do dia-a-dia e também a expertise são fundamentais para a melhoria nos métodos de trabalho. Além disso, a fim de tornar o ambiente mais receptivo a mudanças, diferentes níveis de habilidade e hierarquias devem fazer parte dos projetos, com o envolvimento direto dos trabalhadores que serão os principais afetados pelas mudanças (BAINES,1997).

Antigamente, projetos de produtividade eram praticados de maneira informal, e com o envolvimento de pouquíssimas pessoas, e as mudanças definidas, na maioria das vezes, eram impostas aos trabalhadores que não tinham envolvimento algum no desenvolvimento das ideias. Esse cenário passa a ter uma mudança significativa a partir da evolução do sistema de produção enxuta, utilizado principalmente no Japão. Os japoneses criam uma cultura propícia a melhoria contínua, fazendo da produtividade o jeito de ser da empresa. Com o passar dos anos, muitas empresas conseguiram obter um ambiente propício a melhorias, apesar de inicialmente se

pensar que esse sistema era devido a cultura dos japoneses (STAINER, 1995). Além disso, fatores como condições de trabalho, grau de centralização, atitude com relação ao tempo, motivação da mão de obra e a curva de aprendizagem merecem ser destacados como fatores que influenciam diretamente na produtividade (STEENHUIS e BRUIJN, 2006).

2.2 Racionalização

TAYLOR (1992) desenvolveu seu estudo buscando uma forma de projetar o trabalho que impedisse a autonomia dos funcionários quanto a execução das atividades. Seu intuito era permitir a administração saber se o trabalho que havia sido definido como ideal era o que estava sendo realizado, porém o questionamento quanto a essa nova abordagem levou a novos estudos e novas filosofias de gestão de produção. Os conflitos e a desumanização levaram a uma maior busca pela cooperação e participação dos trabalhadores nas decisões e também a uma nova concepção de perdas (SHINGO, 1996 e OHNO, 1997).

A evolução da produção enxuta introduziu uma nova forma de analisar o trabalho. Segundo Ohno (1997) “capacidade = trabalho + desperdício”, sendo que a verdadeira melhoria na eficiência surge quando a porcentagem de trabalho útil é de 100%, ou seja, não há desperdício. O trabalho pode ser subdividido em dois grupos: que agrega valor (trabalho efetivo) e que não agrega valor (trabalho adicional). A produção enxuta é o resultado sete tipos clássicos de desperdício: superprodução, tempo de espera, transporte, perdas no processo, estoque, movimentação do operador e produtos defeituosos. Esses conceitos eram utilizados para verificação das operações de modo a torna-las mais eficientes. (OHNO, 1997).

As análises de problemas ocorridos são potencializadas pela participação dos operadores devido a sua bagagem de conhecimento prático. Uma vez que a equipe de trabalho está ciente de que tem condições de melhorar continuamente seu trabalho, forma-se a base para inovação e o estímulo a participação nos programas de sugestões. Além de conciliar características técnicas essenciais para o trabalho em equipe (ADLER, 1993; OHNO, 1997; PAIS, 2010).

2.3 Qualidade

Com a competição global, o desempenho no processo de fabricação tornou-se alvo de acompanhamento dos gestores das empresas. O total dos custos corresponde a uma grande fatia do custo total do produto final, o que influencia decisivamente nos balanços anuais.

Segundo Harry e Schroeder (2000), pesquisas demonstram que as empresas que estão adotando a metodologia DMAIC em seus negócios conseguem reduções de custos mais rápido que seus concorrentes. Além de conseguir alcançar, maior satisfação de seus clientes e também margens de lucros mais elevados.

Segundo Scatolin (2005), a correta aplicação da metodologia DMAIC gera retorno muito maior do que os investimentos necessários para sua implementação.

De acordo com Hoerl (2001), às aplicações bem sucedidas em organizações de grande importância no mercado mundial justificam a crescente popularidade da Metodologia DMAIC. Empresas como a Motorola e a GE-General Electric são exemplos de sucesso na aplicação. Graças aos resultados obtidos, a Motorola recebeu o Prêmio Malcolm Baldrige de Qualidade em 1988 (BREYFOGLE III et al. 2001). Estes fatos foram divulgados e como resultado, tal metodologia foi aplicada por outras empresas: General Electric, Du Pont, Honeywell, Samsung entre outras.

De Sordi (2008) ressalta que o que levou as empresas a reverem suas estruturas organizacionais foi a busca de soluções otimizadas, o que resultou em idealiza-las não mais a partir de agrupamentos de atividades, mas sob o ponto de vista de mercado.

Segundo Rout et al. (2014), fatores como a variedade de produtos, a evolução das condições econômicas, a rápida e contínua diminuição da margem de lucro, a demanda dos clientes por produtos de alta qualidade, e redução do tempo de espera teve um grande impacto em indústrias de manufatura. Isto resultou com que as empresas que buscassem um retorno rápido e melhorias de seus processos de fabricação tivessem que trabalhar e investir cada vez mais em ferramentas de gestão.

Grande parte do sucesso do DMAIC está baseada na melhoria da produtividade por meio do levantamento e controle de defeitos e na redução de custos, com maior estabilidade do sistema produtivo (BISGAARD e FREIESLEBEN, 2001).

Segundo Nikoli et al. (2014) a produção de produtos com um maior valor agregado, através de uma melhoria do seu desempenho operacional e a busca por

melhor qualidade e menor no custo da fabricação de seus produtos tem feito com que as empresas aumentem sua fatia de participação no mercado.

Sanders e Hild (2001) citam que a metodologia DMAIC considera o fato de que a variação na qualidade dos produtos e no desempenho dos processos exerce influência nos tempos e nos custos de fabricação, interferindo de forma direta na satisfação dos clientes.

Eckes (2001) em sua publicação sobre a melhoria de desempenho da GE depois da implementação da metodologia DMAIC dentro empresa, reforçando trabalhos publicados por outros autores.

O DMAIC sempre busca de forma organizada e rigorosa pela busca da redução da variação em todos os processos críticos para alcançar sempre melhorias significativas e contínuas que impactam os índices de uma organização e aumentam a satisfação e lealdade dos clientes (SCATOLIN 2005 apud RASIS, 2002).

É uma iniciativa projetada pela organização da empresa para criar processos de manufatura, ou serviços administrativos que gerem no máximo 4 (quatro) Defeitos Por Milhão de Oportunidades (DPMO). “A ferramenta de melhoria empregada na implantação dos projetos é o DMAIC” (SCATOLIN 2005 apud RASIS, 2002).

A metodologia DMAIC busca a melhoria de processo contemporâneo popular destinado a empresas que se destacam pela excelência operacional (ARNHEITER e MALEYEFF, 2005).

Segundo Dambhare et al. (2013), o Seis Sigma é uma das metodologias mais populares utilizadas pelas empresas para melhoria de sua qualidade e aumento da produtividade. São aplicadas detalhadas análises dos processos para determinarem as causas do problema e propõe um melhoramento bem sucedido. A empresa utiliza o DMAIC para os mais variados tipos de problemas apresentados.

Conforme Ramanan et al. (2014), DMAIC é uma estratégia de negócio comprovado para melhorar a eficácia da organização e alcançar níveis mais elevados de desempenho. As aplicações do DMAIC provaram o seu sucesso em produto e processo.

Cauchick e Andrietta (2009), afirmam que o DMAIC é uma forma indispensável, no qual sempre prioriza a satisfação do cliente. Graças a esta ferramenta, é possível melhor compreensão de suas exigências, tais como, a melhoria da qualidade, ganhos no fluxo de processos, aumento da produtividade, redução dos tempos de ciclo; aumento da capacidade de produção e confiabilidade dos produtos,

redução de defeitos, de custos, de perdas, eliminação de atividades que não agregam valor para o produto e com grande impacto na maximização dos lucros.

O DMAIC foi criado na década de 80 descreveu uma forma de desenvolver uma métrica universal de qualidade para poder medir a capacidade do processo independente de ser altamente complexo (HARRYe SCHROEDER, 2000).

De acordo com Werkema (2013) o DMAIC utiliza uma escala Sigma que é uma medida estatística que quantifica a variação existente entre qualquer processo e procedimento, sendo utilizada para medir o nível de qualidade associado a um processo, transformando a quantidade de defeitos por milhão. Quanto maior o valor alcançado nessa escala, melhor será seu nível de qualidade. Este nível Sigma alcançado através de defeitos por milhão de oportunidades de falhas a virem acontecer, proporcionam a comparação e posicionamento de uma empresa em relação aos seus competidores.

Muitas vezes, as empresas acreditam que reduzindo em 10% ou 20% seu nível de perdas seria o suficiente para competir com vantagens no mercado atual. Porém, o que diferencia as empresas com alto desempenho muitas vezes é um fator de 100 ou até mais de 1000 vezes melhor. Medindo o Nível Sigma, descobre-se o tamanho da oportunidade que se tem e até que ponto isso é possível de maneira econômica. A maioria das melhores empresas apresenta níveis abaixo de 4 (quatro) Sigma (WERKEMA 2013).

De acordo com Werkema (2013), quando a metodologia DMAIC é aplicada para reduzir a variabilidade intrínseca dos processos, aumenta-se a confiança em atingir o desempenho da qualidade de classe mundial em tudo que se produz ou se processa.

De acordo com Scatolin (2005), é necessário perceber que a metodologia DMAIC está mais ligada a uma linguagem de riscos, negócios, custos e tempos de ciclo, do que com a linguagem de qualidade, como defeito ou suas variações. À medida que os profissionais da qualidade vão se aprofundando no conhecimento estratégico do DMAIC, o que atualmente se define como convencional dará lugar para inovação. E inovação tende a conduzir melhorias para o sucesso do negócio.

É de fundamental importância que todos os envolvidos em projetos de melhoria estejam cientes e concordem com a metodologia do DMAIC como uma necessidade global. Isto significa inclusive o envolvimento dos executivos que formam a alta gerência da empresa. É de fundamental importância que os envolvidos

valorizem a metodologia DMAIC e estejam de acordo que sempre que necessárias equipes baseadas em uma estrutura hierárquica bem definida serão criadas para elaboração do projeto, Scatolin (2005).

2.4 DMAIC

O DMAIC é uma importante ferramenta, segundo afirma Harry e Schroeder (2000), embora o processo DMAIC seja, algumas vezes, representado de maneira sequencial, as fases e etapas nem sempre acontecem em uma sequência direta. A literatura indica cinco técnicas como sendo às ferramentas mais usadas no método DMAIC, Justificam-se tal ocorrência, pois nesta fase são aplicadas as ferramentas que medem o desempenho dos processos, que permitem a visualização do estado atual dos mesmos para a definição das metas de aprimoramento (BREYFOGLE III *et al.* 2001; McADAM; LAFFERTY, 2004).

Todas as etapas do DMAIC são muito importantes, como reafirmam Breyfoque III *et al.* (2001) e Mcadam e Lafferty, (2004). A etapa que mais se trabalha utilizando a ferramentas propostas é a fase “Medir”, é a partir desta etapa que se consegue elaborar as ações necessárias para a solução do problema proposto, pois é nesta fase que o levantamento e a descoberta dos problemas apontados pelo cliente aparecem.

De acordo com Sunil *et al.* (2013), o DMAIC fornece dados estatísticos de todas as ações que são realizadas em um processo, desta maneira contribui com a ajuda de tomadas de decisões mais eficientes, se transformando em uma metodologia que orienta empresas a tomar decisões assertivas de qualidade e produtividade.

Conforme Albuquerque e Rocha (2006) é necessário que as empresas busquem pelo alinhamento entre a estratégia, os processos e as pessoas, como forma de atingir seus objetivos organizacionais.

Quando existe um programa de qualidade como o DMAIC o sucesso de sua implementação somente é obtido caso houver planos de ações para a melhoria da qualidade e que seja seguido de forma ajustada a orientação estratégica que se deseja atingir (SANTOS, 2010).

2.4.1 Fase Definir

Definir o problema é definir o que o cliente exige (JAGLAN, 2012).

A etapa Definir começa com a determinação da equipe bem como suas atribuições, o escopo do projeto, o cronograma, a finalidade e o impacto financeiro estimado (MIM, 2014).

O andamento inicia-se em identificar e definir o processo, o problema ou a oportunidade de melhoria a ser resolvida.

Nesta etapa recomenda-se apontar os processos críticos responsáveis pela origem de resultados insatisfatórios, tais como: Reclamações internas e de clientes, altos custos de mão de obra, custos de não qualidade, alto índice de scrap, etc (CARVALHO; PALADINI, 2005).

2.4.2 Fase Medir

Segundo Lin et al. (2013), o propósito desta fase é estabelecer técnicas para coleta de dados sobre o desempenho atual do setor em análise. A coleta é feita por meio de análises qualitativas e quantitativas por meio de indicadores de desempenho, análises de sistema de medição, entrevistas, etc.

É nesta etapa que os aspectos críticos para a qualidade, em variável de processo, são definidos (KUAN, 2012).

Os dados a serem coletados devem levar às informações que destaquem as oportunidades de melhorias. Vale ressaltar que aspectos do processo nunca constatados anteriormente se destacam, exigindo um cuidado especial já que no passado não foi identificado como uma possível falha.

Os dados recolhidos serão indispensáveis para autenticar e quantificar o problema e/ou a oportunidade, visando determinar as prioridades e as tomadas de decisões (LIN et al. 2013).

2.4.3 Fase Analisar

A finalidade da fase Analisar, indica variáveis que podem intervir nos indicadores de processo. Por esse motivo, investigam-se os dados coletados por intermédio de ferramentas estatísticas que contribuem para a realização das análises (JAGLAN, 2012).

A meta dessa fase é determinar a causa raiz do problema, sendo de extrema importância elaborar um plano de ação que intervenha diretamente na causa real, e não somente nos possíveis efeitos (MIM, 2014).

2.4.4 Fase Melhorar

Após analisar todas as informações e possíveis problemas identificados, determina-se a maneira de intervenção com intuito de reduzir os níveis de defeito do processo.

De acordo com Santos (2006), a certificação de melhoria do processo está relacionada a uma solução apta a fim de eliminar e prevenir a ocorrência de problemas.

2.4.5 Fase Controlar

A última fase do processo DMAIC é reconhecida a implantação da melhoria, a solução dos problemas, a confirmação dos benefícios, conquistado modificações necessárias no processo em geral e implantando ferramentas de controle (MATOS, 2003).

3 METODOLOGIA

3.1 Classificação dos Métodos de Pesquisa

De acordo com Gil (1991), uma pesquisa pode ser definida como um procedimento lógico e ordenado que tem como objetivo possibilitar argumentação aos problemas expostos. Um estudo científico inicia-se quando não possuímos informações adequadas e será necessário levanta-las para sanar o problema ou então as informações existem, porém precisam ser organizadas antes de analisadas.

A pesquisa é desenvolvida através de um processo com inúmeras fases, desde o início na elaboração do tema a ser investigado até a apresentação dos resultados e conclusões (SILVA; MENEZES, 2005).

3.1.1 De acordo com a abordagem

Uma vez que foi estabelecido o problema a ser estudado, a próxima etapa deve ser a escolha do modelo de pesquisa que encaminhará as decorrentes ações. Referente a abordagem do problema, esse modelo de pesquisa pode ser classificado como qualitativo ou quantitativo conforme Gil (1991).

Consideramos a pesquisa como quantitativa, onde os problemas podem ser mensuráveis em busca de análises e soluções, através da aplicação de técnicas estatísticas e ferramentas da qualidade (SILVA; MENEZES, 2005).

3.1.2 De acordo com o objetivo

De acordo com os objetivos, as pesquisas podem ser classificadas em Pesquisa Exploratória, Pesquisa Descritiva e Pesquisa Explicativa (GIL, 1991).

Segundo Gil (1991) as pesquisas exploratórias têm como intuito promover maior familiaridade com o problema e torna-lo concebível visto que o mesmo pode ser construído baseado em hipóteses ou intuições abrangendo levantamento bibliográfico, citações e exemplos que colaborem para a compreensão do tema, além de entrevistas com pessoas que possuíram conhecimento prático com o problema

pesquisado. Pesquisas bibliográficas e estudos de caso são muito eficientes nas pesquisas exploratórias, uma vez que utilizam muito a intuição do pesquisador.

A Pesquisa Descritiva tem como princípio descrever meticulosamente o objeto de estudo (população, fenômeno, problema) utilizando coleta e levantamento de dados qualitativos, mas principalmente quantitativos (GIL, 1991).

A pesquisa explicativa busca conhecer e explicar as causas de determinado problema a ser estudado, exibindo a realidade ao explicar a razão das coisas. Costumam dar continuidade a pesquisas descritivas e exploratórias, uma vez que oferecem uma visão mais detalhada do assunto e do tema abordado.

3.1.3 De acordo com os procedimentos técnicos

Segundo Gil (1991), os procedimentos técnicos são classificados em: Pesquisa Bibliográfica cuja qual é desenvolvida baseada em materiais já elaborados, composto especialmente por livros e artigos científicos; Pesquisa Documental, semelhante a bibliográfica, entretanto trata-se de materiais que ainda não foram avaliados criticamente; Pesquisa Experimental, consiste em estabelecer formas de controle e de observação dos resultados que a variável origina.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 Apresentação da Empresa

O estudo de caso apresentado foi realizado por meio de um levantamento de dados através de acompanhamento da produção, reclamações de cliente, indicadores de desempenho, dentre outras ferramentas capazes de coletar todas as informações necessárias para a concepção do presente trabalho.

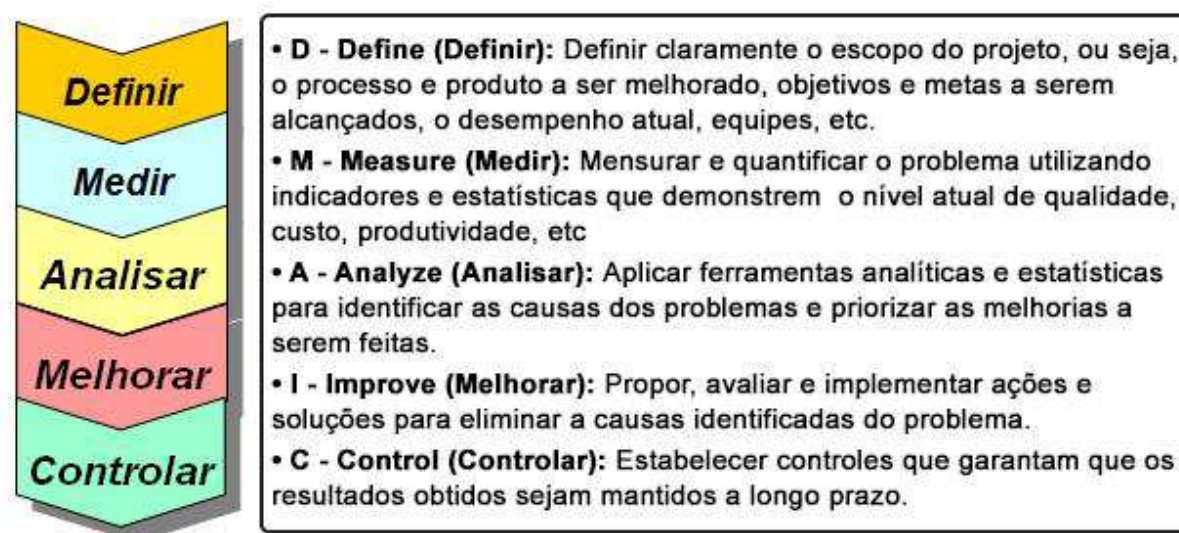
Esse projeto foi desenvolvido em uma empresa de grande porte situada na região do Vale do Paraíba a qual atua no ramo de metalurgia com o intuito de identificar as possíveis falhas e melhorias no processo.

De acordo com Hillmann (2014), para que as indústrias sejam consideradas bem-sucedidas é imprescindível que seus processos de fabricação sejam de alta qualidade. Tal fato implica na necessidade de ferramentas capazes de analisar os indicadores da empresa, determinando as possíveis causas raízes dos problemas.

Devido ao elevado tempo gasto para o processo, foi determinado que a melhor estratégia para melhorar o processo seria a aplicação da metodologia DMAIC.

A Figura 1 tem como propósito reunir as cinco fases do DMAIC, já detalhadas anteriormente.

Figura 1 - Esquema ilustrativo das etapas do método DMAIC



4.2 Aplicação da Metodologia

Este capítulo tem como finalidade apresentar os passos da metodologia DMAIC, definida anteriormente, detalhadas de acordo com o projeto escolhido para desenvolvimento deste trabalho. A seguir serão descritas as etapas Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar, com o propósito de diminuir o tempo gasto para embalagem das barras laminadas/decapadas.

4.2.1 Definir o Escopo

A primeira etapa da metodologia consistiu em definir qual o motivo pelo qual se leva tanto tempo para se decapar e embalar as barras já laminadas, analisando as características para a qualidade e os requisitos do cliente.

Figura 2 - Sistema de decapagem e “coxo” de saída.



Fonte: Próprio Autor

Para a definição do escopo, foram levantados os possíveis problemas que retardam o processo, através de indicadores de desempenho e por meio da VOC (Voice of the Customers).

Com o objetivo de facilitar a visualização dos membros da equipe do projeto e dispor de uma visão mais ampla do processo elaboramos um SIPOC (Supplier-Input-Process-Output-Customer) que pode ser traduzido para português como Fornecedores, Entradas, Processo, Saídas e Clientes (Tabela 1).

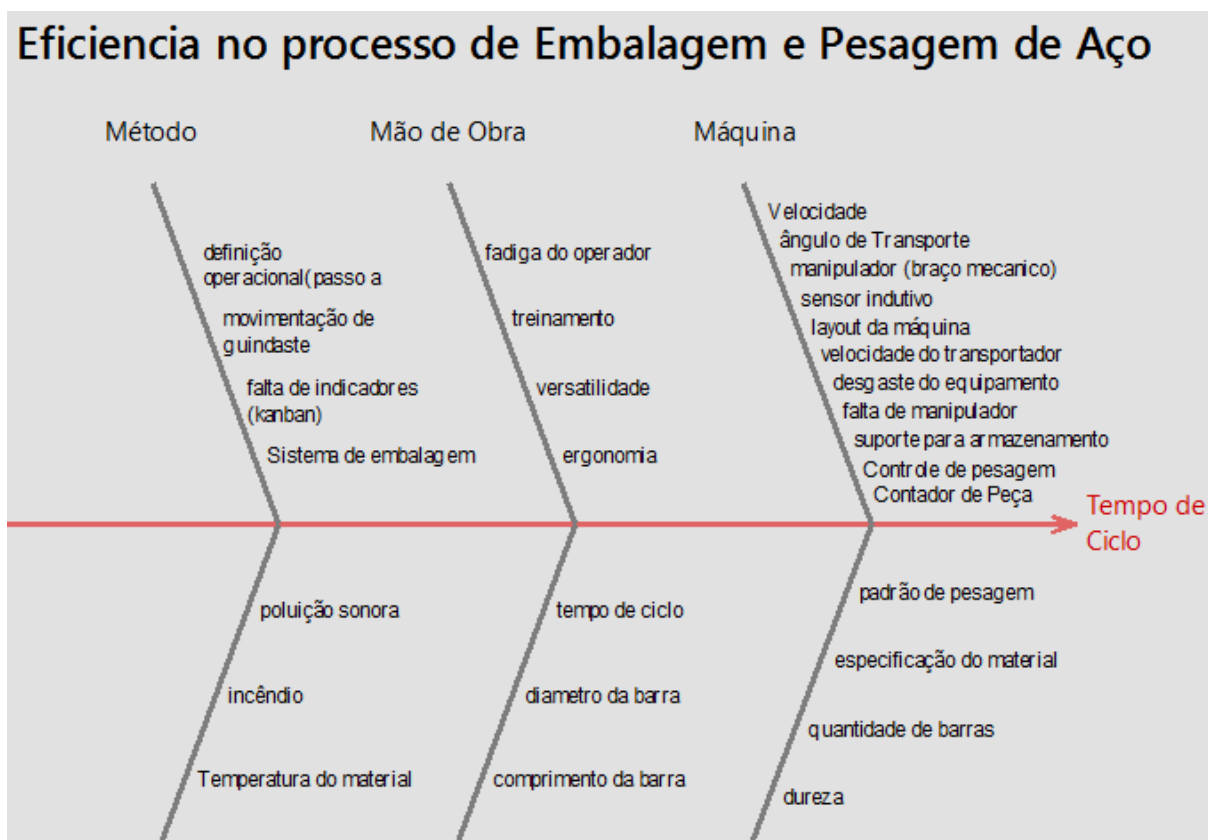
Tabela 1 - SIPOC.

S (fornecedor)	I (entrada)	P (processo)	O (saída)	C (Cliente)
Logística	Mesa de Abastecimento	Decapagem Mecânica	Coxo de Saída	Embalagem

Fonte: Próprio Autor

Após uma reunião em grupo onde foram coletadas várias ideias “*Brainstorming*” entre todos os envolvidos no projeto, fez-se um diagrama de causa e efeito, também chamado de Ishikawa, expondo graficamente potenciais causas que impactam diretamente na eficiência do processo de decapagem e embalagem.

Figura 3 – Diagrama Espinha de Peixe (Ishikawa)



Fonte: Próprio autor

Assim, foram medidas e ponderadas as causas mais relevantes que impactam diretamente no processo. Os resultados provenientes da “Matriz de Causa e Efeito” (Tabela 2) foram aplicados na execução de um gráfico de Pareto (Figura 4) onde detectou-se que as principais variáveis contribuintes são:

X1: Layout do equipamento;

X2: Controle de pesagem;

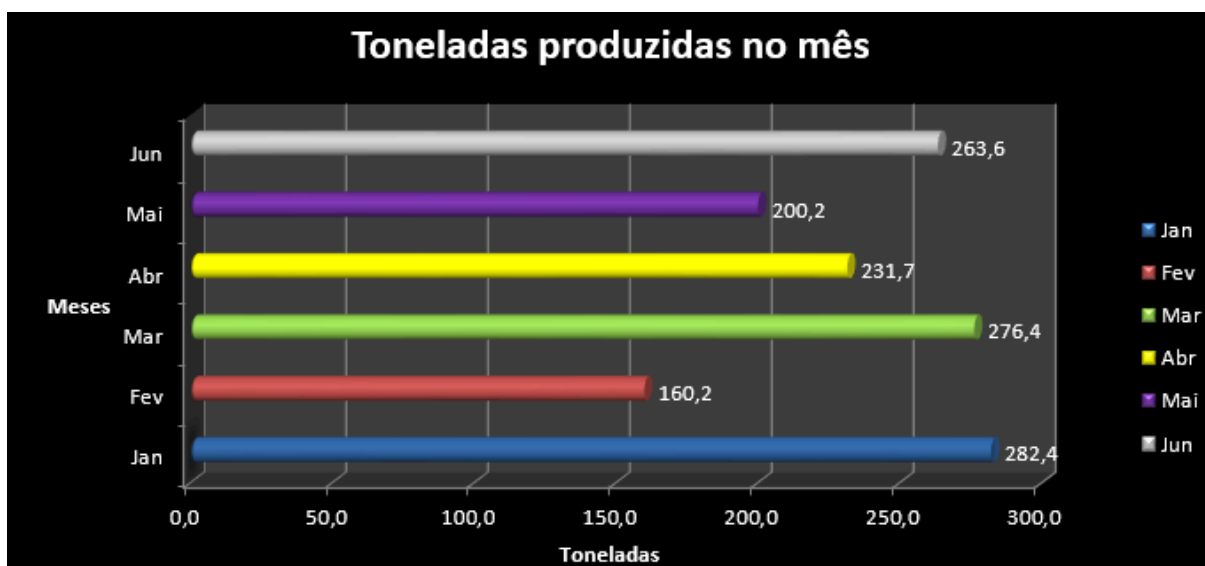
X3: Contador de peças;

4.2.2 Medir e Mapear a Situação Atual

No transcorrer desta fase, foi coletado o máximo de informações possíveis do projeto a ser estudado por meio de medições que impactavam de modo direto na produtividade e no custo do processo de fabricação.

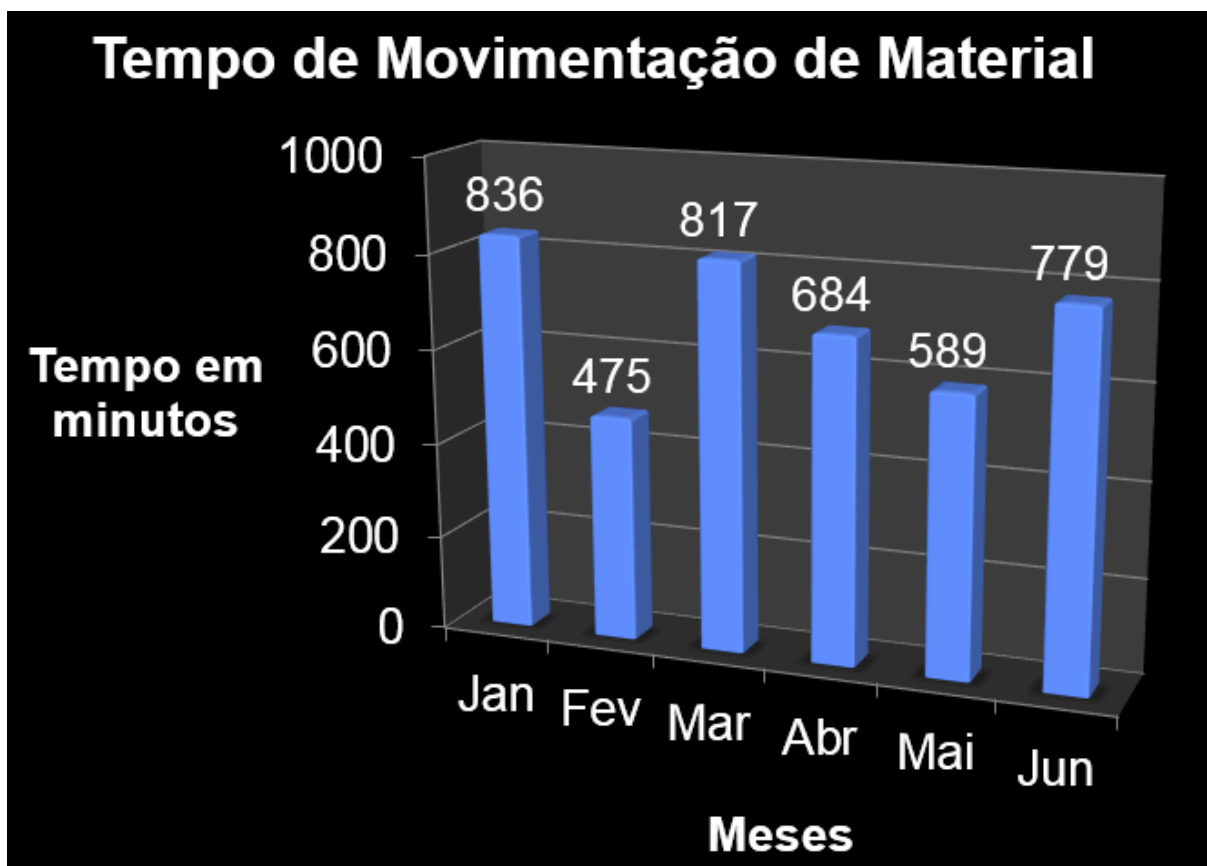
Com o objetivo de identificar a produtividade do equipamento e o tempo gasto com movimentação para a determinada produtividade, foram criados dois gráficos, um com a produtividade do mês e o outro com o tempo gasto com movimentação para atingir aquela produtividade, conforme figura 5 e figura 6.

Figura 5 – Toneladas produzidas por mês



Fonte: Próprio Autor

Figura 6 – Tempo gasto em movimentação

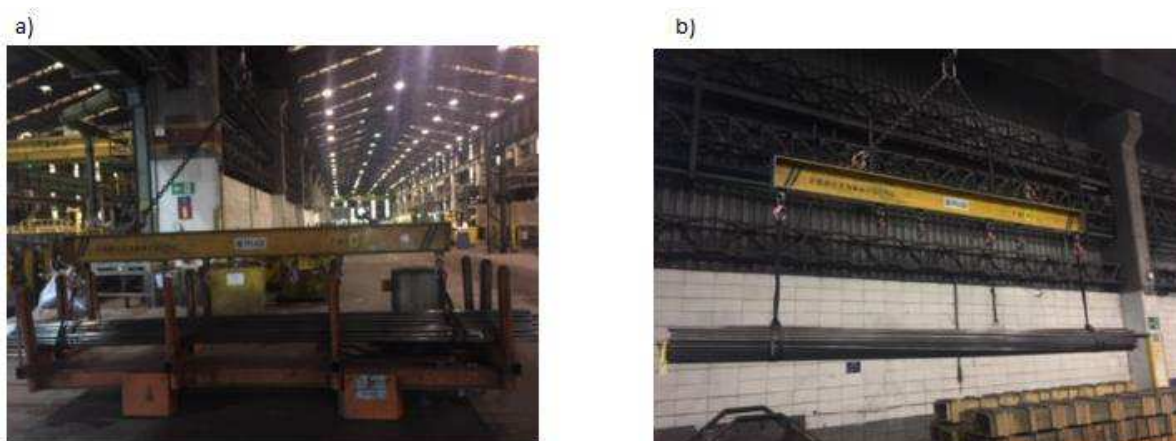


Fonte: Próprio Autor

4.2.3 Analisar

Depois de serem analisadas as informações coletadas, observou-se que o tempo gasto na movimentação dos materiais depois de terem passado pelo equipamento com destino a embalagem era muito alto, realizava-se muitos movimentos com a ponte rolante e conseqüentemente perdia-se muito tempo transportando o material até a área de embalagem e posteriormente da embalagem para o estoque.

Figura 7 - a) Feixe com cintas para ser içado e b) Feixe içado no ar.



Fonte: O Próprio Autor

Evidenciou-se que quanto maior o número de movimentações com ponte rolante, maior era o tempo gasta na somatória de todo o processo e também maior era a exposição dos operadores ao risco de carga suspensa.

Figura 8 – Operador próximo a carga suspensa.



Fonte: O Próprio Autor

4.2.4 Melhorar

A equipe encarregada em desenvolver o estudo em questão elaborou um plano de ação com as principais ações a serem tomadas a fim de diminuir o tempo de processo do material:

Ação 1: Implantação de um sistema de embalagem na saída do equipamento, a fim de que todo material que passe pelo equipamento já saia embalado, etiquetado e pronto para ir para o estoque final.

Ação 2: Adaptação de uma balança na saída do equipamento a fim de que todo o material que passe pelo equipamento possa ser pesado, essa balança precisa ser ligada diretamente a impressora para que no momento da pesagem possa emitir a identificação do material.

Ação 3: Mudança de Layout do equipamento e do estoque de material pronto, trazendo o estoque desses materiais para mais perto do equipamento, a fim de que o material faça o mínimo de movimentações possíveis até ser entregue ao estoque.

Ação 4: Instalado um contador de barras no equipamento onde o operador configura-o para interromper a operação quando atingir o número de barras solicitado e o mesmo emite um alarme sonoro quando atinge a quantidade, evitando assim que o operador tenha que ficar o tempo todo no equipamento, disponibilizando-o para outras atividades.

Após implantações das ações mencionadas anteriormente, foi comprovada uma melhora significativa no processo.

4.2.5 Controlar

A fim de sistematizar o controle do processo, foi elaborado um “plano de reação” com o intuito de orientar os operadores do equipamento a que ações devem ser tomadas para garantir a estabilidade do processo.

Figura 9 – Plano de reação

Plano de Reação	
	<p>Parar processo em casos de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Falha no Contador de Peças; - Defeito na Balança; - Atraso na embalagem das peças; - Indisponibilidade de suportes para armazenamento.
	<p>Verificar processos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Checar a condição e calibração do sensor de contagem de peças; - Checar a condição e calibração da balança; - Verificar a atividade do operador e o equipamento utilizado para a embalagem; - Disponibilidade de suportes extras para armazenamento.
	<p>Contar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Checar o sistema e confirmar a contagem de barras.
	<p>Analisar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analisar a checagem da condição e calibração do sensor de contagem de peças; - Analisar a checagem da condição e calibração da balança, - Analisar a verificação da atividade do operador e o equipamento utilizado para a embalagem; - Analisar a disponibilidade de suportes extras para armazenamento.
	<p>Recomeçar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Após analisar todos os resultados de verificação, caso estejam ok, reiniciar o processo.

Fonte: Próprio Autor

5 RESULTADOS

Este capítulo tem como finalidade discutir as ações realizadas e qual o objetivo de aplicação no estudo de caso.

5.1 Ações Realizadas

- 1) Implantação de um sistema de embalagem na saída do equipamento, a fim de que todo material que passe pelo equipamento já saia embalado, etiquetado e pronto para ir para o estoque final.

Figura 10 – Sistema de Embalagem



Fonte: O Próprio Autor

- 2) Adaptação de uma balança na saída do equipamento a fim de que todo o material que passe pelo equipamento possa ser pesado, essa balança precisa ser ligada diretamente a impressora para que no momento da pesagem possa emitir a identificação do material.

Figura 11 – Balança na Saída do Equipamento



Fonte: O Próprio Autor

3) Mudança de Layout do equipamento e do estoque de material pronto, trazendo o estoque desses materiais para mais perto do equipamento, a fim de que o material faça o mínimo de movimentações possíveis até ser entregue ao estoque.

Figura 12 – Mudança de Layout do estoque.



Fonte: O Próprio Autor

4) Instalado um contador de barras no equipamento onde o operador configura-o para interromper a operação quando atingir o número de barras solicitado e o mesmo emite um alarme sonoro quando atinge a

quantidade, evitando assim que o operador tenha que ficar o tempo todo no equipamento, disponibilizando-o para outras atividades.

Figura 13 – Contador de barras.



Fonte: O Próprio Autor

5.2 Análise da Variação do Processo Antigo x Processo Novo

Evidenciou-se que houve uma melhora significativa após implementadas as ações para redução do tempo de embalagem. Visto que as medições antigas mostravam uma média de 19 minutos por tonelada, enquanto que a média das medições feitas após serem tomadas as ações acima ficou na casa dos 11 minutos, uma redução de 58% no tempo gasto para se produzir as mesmas quantidades, aumentando assim a produtividade do equipamento.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho possibilitou a aplicação da metodologia Seis Sigma através das etapas do DMAIC buscando otimizar o processo de embalagem, reduzir etapas sem valor agregado ao produto e implementar melhorias onde requer mudanças.

Desta maneira realizou-se um estudo de caso a fim de melhorar a produtividade do equipamento e reduzir o tempo de processo dos materiais, permitindo chegar as seguintes conclusões:

- Verificou-se que o tempo gasto com movimentações era um dos maiores problemas do processo, pois se perdia muito tempo apenas movimentando o material sem agregar nenhum valor a ele;
- Mudanças de *layout* do estoque e do equipamento foram essenciais para que se pudesse alcançar os objetivos deste trabalho;
- O DMAIC mostrou ser eficiente e prático a fim de garantir resultados positivos além de gerar a possibilidade de exploração do conceito sobre melhoria contínua no processo.
- A aplicação da ferramenta DMAIC resultou em um aumento da capacidade e da produtividade do equipamento, sendo que houveram evidencias da melhoria deste processo após a implementação da metodologia.
- A partir dos dados apresentados conclui-se que a aplicação da metodologia Seis Sigma na solução de problemas na indústria metalúrgica, visando a melhoria de processos, automatização de equipamentos, aumento de produtividade, diminuição de tempo de processo e redução de custos é altamente eficiente, obtendo um resultado significativo na conclusão do projeto

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho foi realizado por uma equipe onde aplicou-se a metodologia Seis Sigma em chão de fábrica para a melhoria de um processo. Por este motivo, é relativamente difícil sugerir trabalhos futuros. Mesmo assim, futuras melhorias sempre devem ser pensadas, tanto no processo com um todo e também no próprio equipamento.

Entretanto, a experiência de aplicação da ferramenta DMAIC ficou registrada neste trabalho, de forma que o procedimento possa ser seguido por outros setores e por outras empresas.

Outra sugestão é a aplicação do DMAIC dentro da própria empresa em outros setores diferentes ainda não gerenciados por esta ferramenta de gestão.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONY, J.; BANUELAS, R. **Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program:** *Measuring Business Excellence*, v. 6, n. 4, p. 20-27, 2002.

BISGAARD, S; FREIESLEBEN, J. **Economics of Six Sigma.** *Quality Engineering*. Monticello. New York: Marcel Dekker. V.13, n.2, p.325-331. 2000-01.

BREYFOGLE III F. W.; CUPELLO J. M.; MEADOWS, B. **Managing Six Sigma: a practical guide to understanding, assessing, and implementing the strategy that yields bottom-line success.** New York: John Wiley e Sons, Inc., 2001.

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade:** teoria e casos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

CORRÊA, OLIVER **Investigação do Seis Sigma na redução do tempo de setup: uma pesquisa empírica em uma empresa do setor de polímeros,** Universidade Federal de São Carlos, 2014.

DAMBHARE, SUNIL **Productivity Improvement of a Special Purpose Machine Using DMAIC Principles: A Case Study** *Journal of Quality and Reliability Engineering*, 2013.

HILLMANN, MARK *et al.* **Improving small-quantity assembly lines for complex industrial products by adapting the Failure Process Matrix (FPM): a case study.** Graduate School of advanced Manufacturing Engineering. Stuttgart, Germany, 2014.

GIL, A. C., **Como elaborar projetos de pesquisa.** 3ª edição, São Paulo. Editora Atlas, 1991.

JAGLAN, Prabhakar Kaushik Dinesh Khanduja Kapil Mittal Pawan (2012), "**A case study** ", *The TQM Journal*, Vol. 24 Iss 1 pp. 4 – 16

KUAN, Chuen-Sheng Cheng Chi-Ming (2012), "**Research on product reliability improvement by using DMAIC process**", Asian Journal on Quality, Vol. 13 Iss 1 pp. 67-76

LEONE, G. S. G. **Planejamento, Implantação e Controle**. São Paulo: Atlas, 2000.

LIN, C. *et al.* **Continuous improvement of knowledge management systems using Six Sigma methodology**. Robotics and Computers-Integrated Manufacturing, v.29, p. 93-103, 2013.

LINDGREN, P.C.C. **Notas de Aula Curso de MBA em Gerência de Logística** Unitaú, 2010.

MANDAL, Pathink (2012), "**Improving process improvement: executing the analyze and improve phases of DMAIC better**", International Journal of Lean Six Sigma, Vol. 3 Iss 3 pp. 231 – 250

MCADAM, R.; LAFFERTY, B. **A multilevel case study critique of six sigma: statistical control or strategic change?** International Journal of Operations e Production Management, Vol. 24 Iss: 5, pp.530 – 549, 2004.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MATOS, J. L. **Implementação de um projeto de melhorias em um processo de reação química em batelada utilizando o método DMAIC**. Dissertação (Mestrado). UFRGS, 2003.

MIM, Ploytip Lirasukprasert Jose Arturo Garza Reyes Vikas Kumar Ming K. (2014), "**A Six Sigma and DMAIC application for the reduction of defects in a rubber gloves manufacturing process**", International Journal of Lean Six Sigma, Vol. 5 Iss 1 pp. 2 – 21

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997.

ROTONDARO, R. G. Visão Geral. ROTONDARO, R. G. (Org.) **Seis Sigma estratégia gerencial para a melhoria dos processos, produtos e serviços.** São Paulo: Atlas, 2002, p. 17-22.

SÁNCHEZ, A. M.; PÉREZ, M. P. **Lean indicators and manufacturing strategies.** International Journal of Operations e Production Management. Vol. 21, n. 11, p. 1433-1451, 2001.

SANDERS, D.; HILD, C. R. **Common myths About Six Sigma. Quality Engineering.** Monticello. N.Y.: Marcel Dekker. V.13, n.2, p.269-276, 2000-01.

SANTOS, A. B. **Modelo de referência para estruturar o programa de qualidade Seis Sigma:** proposta e avaliação. Tese (Doutorado), UFSCAR, 2006.

SANTOS, A. B.; MARTINS, M. F. **Contribuições do Seis Sigma:** estudo de caso em multinacionais. *Produção*, v.20, n.1, jan./mar. 2010.

SATOLO, E. G. *et al.* **Análise da utilização de técnicas e ferramentas no programa Seis Sigma a partir de um levantamento tipo survey.** *Produção*, v.19, n.2, p.400-416, 2009.

SCATOLIN, A. C. **Aplicação da metodologia seis sigma na redução das perdas de um processo de manufatura.** São Paulo: [s.n.], 2005.

SILVA E. L., MENEZES E. M., **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** 4ª edição revisada e atualizada, Florianópolis. UFSC, 2005.

SLACK, N. **Administração da Produção.** São Paulo: Atlas, 2009. 48,49 p.

WALKER, J. **Machining Fundamentals.** GW Publisher, USA: 2000.

WERKEMA, C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

ZU, X.; FREDENDALL, L.D.; DOUGLAS, T.J. **The evolving theory of quality management: the role of Six Sigma**. Journal of Operations Management, v. 26, n. 5, p. 630-650, 2008.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2ª Ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2001

VAN IWAARDEN, J. **The six sigma improvement approach: a transnational comparison**. International Journal of Production Research, v. 46, n. 23, p. 6739- 6759, 2008.

ROUT, S. I. **Implementation of Six Sigma Using DMAIC Methodology in Small Scale Industries for Performance Improvement**. Journal Of Modern Engineering Research, 2014.

RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

RAMANAN L. *et al.* **SIX SIGMA - DMAIC Framework for Enhancing Quality in Engineering Educational Institutions** International Journal of Business and Management Invention, India, 2014.