



Davi Friske

**AUMENTO DE PRODUÇÃO EM MÁQUINAS DE CORTE
LASER UTILIZANDO METODOLOGIA SEIS SIGMA**

Horizontina

2015

Davi Friske

**AUMENTO DE PRODUÇÃO EM MÁQUINAS DE CORTE LASER
UTILIZANDO METODOLOGIA SEIS SIGMA**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, pelo Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Vilmar Bueno Silva, Mestre.

Horizontina

2015

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTALINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

**“Aumento de produção em máquinas de corte laser utilizando metodologia
SEIS SIGMA”**

Elaborada por:

Davi Friske

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Mecânica

**Aprovado em: 20/11/2015
Pela Comissão Examinadora**

**Mestre. Vilmar Bueno Silva
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

**Mestre. João Batista Soares Coelho
FAHOR – Faculdade Horizontalina**

**Mestre. Sirnei Cesar Kach
FAHOR – Faculdade Horizontalina**

**Horizontalina
2015**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho em especial aos meus pais Leisabel e Arno Friske, à minha irmã Isabel que em todo tempo estiveram juntos comigo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, o que seria de mim sem a fé que eu tenho nele, pois iluminou meu caminho, dando força e coragem durante esta longa caminhada.

Quanto a meus pais, um agradecimento inexprimível e imensurável. Obrigado pela vida, pelos ensinamentos, pela conduta e valores, pelo apoio incessante e por não medirem esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida. Dedico esta, bem como todas as minhas demais conquistas a vocês.

A minha irmã, que sempre, de uma maneira ou outra, me ajudou e apoiou em todos os momentos.

Aos amigos e colegas, pelo incentivo constante.

Agradeço também a todos os professores que me acompanharam durante a graduação, em destaque ao Mestre Vilmar Bueno Silva, por toda dedicação e empenho concedidos para a realização deste trabalho.

“Grandes realizações são possíveis quando se dá importância aos pequenos começos.”

Lao-Tsé

RESUMO

O crescimento do mercado caracterizado por um aumento exportações, incentivos governamentais e a entrada de competidores mundiais faz com que organizações busquem a sua sobrevivência e destaque no mercado, visando atender rapidamente as necessidades da mercancia. A redução em tempos de processo, custos e variabilidade são metas constantes nestes empreendimentos, tornando referência a metodologia do Seis Sigma, assim como o método DMAIC, que é constituído por cinco fases – *Define/Definir*, *Measure/Medir*, *Analyse/Analisar*, *Improve/Melhorar* e *Control/Controlar*. A empresa em análise julga de suma importância o uso do Seis Sigma para fins de identificação de causas-raízes e a implementação do sistema de melhoria contínua em procedimentos internos, visando uma eficácia e qualidade em seus processos e produtos. O processamento de materiais por máquinas de corte laser, é um recurso que demanda uma atenção exclusiva, já que é de grande relevância para processos posteriores, sendo considerado da classe de primários. Uma alta produção com baixo custo é o ideal para se aliar a grande tecnologia envolvida no processo de corte laser, e por este motivo uma pesquisa-ação desenvolvida neste sistema busca a implementação de uma proposta de redução de horas de corte terceirizado alavancando a produção interna, abordando a implementação de soluções e a evolução do processo.

Palavras-chaves: Seis Sigma. Melhoria Contínua. Máquinas de Corte Laser.

ABSTRACT

The growing of the market, characterized by the big number of exports, government incentives and the global competitors entrance are driving companies to ensure their survival and a better place in the business world, aiming to attend faster the costumers needs. The drastic reduction of process timing, costs and variability are constant metrics in these companies, becoming reference the Six Sigma methodology, as the DMAIC method, that consisting in 5 phases - Define, Measure, Analyse, Improve and Control. The company in analysis consider very important the use of Six Sigma to identify root causes and for implementation of continuous improvement system in internal processes, ensuring effectiveness and quality in their process and products. The processing of materials by laser cutting machines, is a resource that needs exclusive attention, because it is important to subsequent fabrication processes, being considered in the class of prime. High productivity and low cost are ideal to combine great technology involved in the laser cutting process, and for this reason an action research study developed in this system is looking for the implementation of a reduction propose in outsourced cut hours leveraging the internal production, addressing the implementation of solutions and the evolution of the process.

Key words: Six Sigma. Continuous Improvement. Laser Cutting Machines.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Ilustrando o ciclo PDCA | 20 |
| Figura 2 – Correspondência entre o Método DMAIC e o Ciclo PDCA | 21 |
| Figura 3 – Fluxo de atividades executadas na fase Define (Definir) | 22 |
| Figura 4 – Fluxo de atividades executadas na fase Measure (Medir) | 23 |
| Figura 5 – Fluxo de atividades executadas na fase Analyse (Analisar) | 24 |
| Figura 6 – Fluxo de atividades executadas na fase Improve (Melhorar) | 25 |
| Figura 7 – Fluxo de atividades executadas na fase Control (Controlar) | 26 |
| Figura 8 – Gráfico apresentando a quantidade de horas terceirizadas | 29 |
| Figura 9 – Gráfico apresentando a produtividade de corte laser atual | 30 |
| Figura 10 – OEE's Mensal Laser | 32 |
| Figura 11 – Medição da Capabilidade do Processo | 33 |
| Figura 12 – Gráfico de Pareto por Motivo de Ocorrência | 34 |
| Figura 13 – Fluxograma do Processo | 35 |
| Figura 14 – Diagrama de Causa e Efeito | 36 |
| Figura 15 – Máquina com maior tempo de Manutenção Mecânica | 37 |
| Figura 16 - Máquina com maior tempo de Manutenção Elétrica | 38 |
| Figura 17 – Tempo de limpeza das máquinas de corte laser | 39 |
| Figura 18 – Tempo necessário para ligar as máquinas de corte laser | 39 |
| Figura 19 – Check list Laser | 41 |
| Figura 20 - Mapa do Check list | 41 |
| Figura 21 – Gráfico de Pareto por Motivo de Ocorrência da fase Control | 42 |
| Figura 22 – Comparativo da terceirização de horas entre 2014/2015 | 43 |
| Figura 23 – Validação Financeira do Projeto | 44 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1. JUSTIFICATIVA..... | 12 |
| 1.2. OBJETIVOS..... | 13 |
| 2. REVISÃO DA LITERATURA | 14 |
| 2.1. LASER..... | 14 |
| 2.2. SEIS SIGMA | 14 |
| 2.3. HISTÓRIA..... | 16 |
| 2.4. MELHORIA CONTÍNUA | 19 |
| 2.5. DMAIC..... | 20 |
| 2.5.1. D – <i>DEFINE</i> (DEFINIR) | 21 |
| 2.5.2. M – <i>MEASURE</i> (MEDIR) | 22 |
| 2.5.3. A – <i>ANALYSE</i> (ANALISAR) | 23 |
| 2.5.4. I – <i>IMPROVE</i> (MELHORAR)..... | 24 |
| 2.5.5. C – <i>CONTROL</i> (CONTROLAR) | 25 |
| 3. METODOLOGIA | 27 |
| 3.1. MÉTODOS E TÉCNICAS APLICADAS | 27 |
| 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS | 28 |
| 4.1. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA | 28 |
| 4.2. IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA E O MÉTODO DMAIC NA OPORTUNIDADE IDENTIFICADA..... | 28 |
| 4.2.1. APLICAÇÃO DA ETAPA D – <i>DEFINE</i> (DEFINIR)..... | 29 |
| 4.2.1.1. ESTUDO DA SITUAÇÃO ATUAL..... | 29 |
| 4.2.1.2. <i>PROJECT CHARTER</i> | 30 |
| 4.2.1.3. SIPOC..... | 31 |
| 4.2.1.4. <i>BRAINSTORMING</i> | 31 |
| 4.2.2. APLICAÇÃO DA ETAPA M – <i>MEASURE</i> (MEDIÇÃO) | 32 |

| | |
|--|-----------|
| 4.2.2.1. DIAGRAMA DE PARETO | 33 |
| 4.2.3. APLICAÇÃO DA ETAPA A – <i>ANALYSE</i> (ANALISAR) | 35 |
| 4.2.3.1. FLUXOGRAMA | 35 |
| 4.2.3.2. DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO | 36 |
| 4.2.3.3. ANÁLISE DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS | 37 |
| 4.2.4. APLICAÇÃO DA ETAPA I – <i>IMPROVE</i> (MELHORAR)..... | 40 |
| 4.2.4.1. 5W1H..... | 40 |
| 4.2.4.2. EVIDÊNCIAS..... | 40 |
| 4.2.5. APLICAÇÃO DA ETAPA C – <i>CONTROL</i> (CONTROLAR) | 42 |
| 5. CONCLUSÕES..... | 45 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 47 |

1. INTRODUÇÃO

A entrada no mercado globalizado exige que as empresa se mantenham constantemente em busca de inovações que agreguem vantagens aos negócios. O aumento da concorrência, as rápidas mudanças tecnológicas e o aumento de vida útil dos produtos são as maiores exigências por parte dos consumidores e principais agentes que impulsionaram as empresas, para que tenham agilidade, produção e alta qualidade em seus produtos.

Sendo assim, busca-se atender rapidamente as necessidades do mercado, pois as indústrias e fábricas estão incessantemente em sobreaviso para vencer em competitividade, baseando-se em métodos e ferramentas já empregadas como artifícios para tal feito. Apesar da busca em maneiras inovadoras na prestação de serviços ou fornecimento de produtos, um dilema permanece: sempre triunfará aquela que fornece serviços e produtos com qualidade e agilidade superior, suprimindo deste modo, suas rivais.

Quando se depara com um grande desafio como esse, numa área crítica para a produção de bens manufaturados, se espera encontrar uma metodologia bem estruturada e eficaz, para poder atender a requisitos como a pouca disponibilidade de recursos e a grande expectativa dos clientes.

Muitas iniciativas foram tomadas para contribuir ao alcance desses objetivos, no entanto, este trabalho destaca a metodologia Seis Sigma como um programa de melhoria e alcance de novos padrões de qualidade. Metodologia esta, que é robusta, trazendo vantagens econômicas, de processo, ambientais e confiabilidade, onde as organizações podem ostentar resultados significativos na conquista de mercado.

De acordo com MARASH (2000), o Seis Sigma foi desenvolvido pela Motorola na década de 80, onde o método utilizado era o da Gestão pela Qualidade Total juntamente com a intensa utilização de métodos estatísticos e ferramentas da qualidade.

O Seis Sigma apresenta uma abordagem que vem alcançando excelentes resultados na busca pela redução da variabilidade, que como consequência, reduz os defeitos e os custos existentes nas empresas que realizam sua implementação. A metodologia empregada pelo Seis Sigma apresenta uma forma estruturada,

consistente e duradoura para implementação dos projetos, proporcionando uma redução significativa das falhas.

É de muitos anos esta discussão de controle de qualidade e corrida para se adequar às necessidades dos clientes, por motivos como, o aumento do consumismo das pessoas por serviços que podem contribuir com a qualidade de vida (ECKES, 2001).

No Brasil, o Seis Sigma foi difundido a partir de 1997, quando o Grupo Brasmotor introduziu o programa em suas atividades, e apurou em 1999 ganhos de R\$ 20 milhões (WERKEMA, 2002a). Diante desta informação, considera-se que a utilização do Seis Sigma no Brasil é, no que concerne, muito recente, portanto, torna-se um tema relevante quando a aplicação do programa tem possibilitado as empresas resultados e benefícios positivos.

Sua aplicação na área de manufatura, buscando o aumento de produção em atividades realizadas em máquinas de corte laser, sempre visando otimizar o processo ao máximo são tópicos abordados, de igual modo, vai se apresentar respostas para perguntas, tais como o funcionamento do Seis Sigma, ou como colocá-lo em prática e também o motivo para o adotar, esclarecidas no presente trabalho de forma sucinta e exemplificada através de pesquisa em empresa da região.

1.1.JUSTIFICATIVA

Com as informações coletadas na análise do projeto Seis Sigma, explanou-se os dados no referido trabalho. A tarefa buscou fornecer à organização, resultados satisfatórios, como uma melhoria imediata nos indicadores, e mantendo de igual modo, a qualidade final do produto.

Deste modo, o projeto contribuiu com a instituição, na redução de investimentos desnecessários, quanto a utilização de trabalhos terceiros, sendo que o processo anterior pode ser utilizado de forma mais eficiente, o que demonstra ser uma melhoria viável.

Quanto a competitividade em quesitos de valores em um produto, sabe-se que o mercado atual está em aviso, buscando enxugar processos da melhor forma possível, para obter maior chance nos seus produtos em relação aos seus

concorrentes. Portanto a utilização da metodologia em ênfase, busca entregar uma experiência positiva e diferenciada aos clientes seguintes do processo.

Para o Engenheiro Mecânico, tal estudo contribui para o desenvolvimento, tanto profissional, como pessoal, já que exige conhecimento de normas, regulamentos, como também, sobre o processo aplicado na referida empresa. É de suma importância ressaltar que o mesmo deve ter conhecimento sobre a aplicação e uso da metodologia Seis Sigma. Como registro, fica uma versão do mesmo, servindo de tal forma, de base para pesquisas futuras.

1.2.OBJETIVOS

O trabalho em questão tem o objetivo macro de otimizar a produção de máquinas de corte laser TRUMPF L 3030, empregando a metodologia Seis Sigma.

Engajados ao objetivo geral, o projeto em ênfase tem como objetivos específicos, os seguintes pontos:

- Intensificar a capacidade de corte interno da empresa em análise;
- Analisar a OEE (Eficiência Geral de Equipamento);
- Apresentar cálculos de redução e valores obtidos através da implementação do projeto;

Estes objetivos foram fundamentados por meio dos resultados e alinhamentos em relação as metas globais estipuladas pela empresa.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. LASER

De acordo com o que diz Faro (2006), a palavra laser é o acrônimo de *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, tendo sido inventado em 1960 por Maiman, sendo que possui um campo de utilização vastíssimo, englobando aplicações desde o processamento de materiais, instrumentação e até processamento de imagem.

O processamento de materiais é o mais importante e que representa o maior volume de negócios. Os equipamentos de corte por laser têm sido alvos de evoluções em vários aspectos, sempre tendo como objetivo aumentar a performance e a qualidade dos produtos fabricados.

Silva (2008) comenta que o corte de chapas por laser tem uma incrível vantagem de produzir superfícies de corte com uma precisão muito alta, uma variabilidade em relação a distorção dos produtos finais.

Para unir-se a tamanhos benéficos de processo, o ideal é uma alta produção, com redução de custos, aliados a qualidade do produto fornecido pelo processo de corte laser. O Seis Sigma é uma das opções capaz de fornecer esta aliança e combinação de qualidade e produtividade, de forma eficaz e objetiva.

2.2. SEIS SIGMA

A letra grega “sigma” (18ª letra do alfabeto grego) é também um símbolo matemático que representa a medida de variação, ou seja, é a distribuição de dados em torno da meta de qualquer processo ou procedimento (FIGUEIREDO, 2006).

Nível de qualidade Seis Sigma significa que a variação do processo está contida seis vezes nos requisitos do cliente, tornando-se uma medida de variabilidade. Neste caso, quanto maior for o número de sigmas no processo, melhores são os serviços, produtos e em contrapartida, menor o número de defeitos (ARIENTE, 2005).

Werkema (2004) refere-se a meta do Seis Sigma, como o objetivo de chegar próximo a zero defeito, ou seja, 3,4 defeitos para cada milhão de operações realizadas (DMPO), conforme quadro abaixo:

Tabela 1 – Tabela Simplificada de Conversão em Sigma

| Tabela Simplificada de Conversão em Sigma | | |
|--|----------------|-----------------|
| Seu nível de perfeição é ... | Seu DMPO é ... | Seu Sigma é ... |
| 30,9% | 690.000 | 1 |
| 69,2% | 308.000 | 2 |
| 93,3% | 66.800 | 3 |
| 99,4% | 61.210 | 4 |
| 99,98% | 320 | 5 |
| 99,9997% | 3,4 | 6 |

Fonte: Adaptado de Morando, 2003, p.4.

Como filosofia, este método é defensor da melhoria contínua de processos e redução de variabilidade, já que é baseado na correlação entre projeto, fabricação, qualidade final, entrega do produto e satisfação dos consumidores. Mostrando por outro ângulo, o programa busca levar a empresa a tornar-se a melhor em seu ramo.

Implementação rigorosa, altamente eficaz e concentrada de princípios e técnicas comprovadas de qualidade. Para Pyzdek (2003), este é o conceito básico da metodologia Seis Sigma, pois ao ter sido incorporada com trabalho de pioneiros da qualidade, a ferramenta em si, busca um desempenho virtual livre de erros. A metodologia citada fundamenta-se na implementação de métodos estatísticos à processos empresariais, tendo como orientação principal, eliminar defeitos.

Dentre todas as definições relatadas para o Seis Sigma, vale ressaltar o que diz Pande, Neuman e Cavanagh (2001):

[...] um sistema abrangente e flexível para alcançar, sustentar e maximizar o sucesso empresarial. Seis Sigma é singularmente impulsionado por uma estreita compreensão das necessidades dos clientes, pelo uso disciplinado de fatos, dados e análise estatística e pela atenção diligente à gestão, melhoria e reinvenção dos processos de negócios.

É reforçado ainda por Pyzdek (2003), que benefícios como, maior eficiência operacional, redução de custos e aumento de lucratividade são esperados ao decorrer da utilização do Seis Sigma, desde que a organização estabeleça uma estrutura, pois a implementação desta metodologia cria uma nova cultura, que é de alta qualidade e um sistema de gestão embasado no conhecimento.

De acordo com Werkema (2004), é uma estratégia altamente quantitativa e disciplinada.

“O 6-Sigma redefine qualidade como o valor agregado por um esforço produtivo e se concentra em que a empresa consiga alcançar seus objetivos estratégicos” (PYZDEK, 2003, p.63).

Vale ressaltar que o principal fator de todo o processo organizacional, é sempre a total satisfação dos clientes. Para o cumprimento desta meta, as decisões empresariais em conjunto com as tarefas operacionais, têm como necessidade, considerar as expectativas do consumidor e buscar superá-las. Porém principalmente em empreendimentos brasileiros, existe uma dificuldade de aceitação da opinião dos funcionários quando se trata de decisões gerenciais, algo que traz uma significância muito séria no desempenho de produtos e processos, já que aquele que é responsável pela tarefa têm mais facilidade em identificar problemas e propor soluções para a resolução dos mesmos com eficiência e eficácia (OLIVEIRA et. al., 2006).

Como sugere Pyzdek (2003), existem limitações para a aplicação deste sistema, que estão ligadas diretamente à natureza de resolução de problemas. É afirmado que esta metodologia aplica constantemente ferramentas estatísticas buscando a solução das falhas de um processo, porém, não leva em consideração a possível existência de uma nova forma para realizar o mesmo.

2.3. HISTÓRIA

Embora se diga que a qualidade é uma moda ultrapassada, vários movimentos demonstraram ao longo do caminho, que existe uma longa jornada a ser percorrida, e como consequência, muito por fazer em termo de qualidade. No relato

de Figueiredo (2006), existiu no Brasil, na década de 90, um forte movimento quanto às certificações do Sistema de Qualidade (SQ), normalmente a ISO 9000.

A ABNT-NBR ISO9000 (2005), tem como embasamento para um gerenciamento e sustentabilidade do Sistema de Gestão de Qualidade (SGQ), um total de oito princípios:

1. Organização com foco no cliente: toda e qualquer organização tem como dependência, os seus clientes, portanto, tem a necessidade de entender, atender e superar suas expectativas.

2. Liderança: tal virtude é extremamente necessária para criar um ambiente onde os colaboradores de uma organização tenham total envolvimento em atingir as metas propostas pela empresa.

3. Envolvimento das pessoas: permite que o conhecimento dos membros da organização seja plenamente utilizado para o alcance dos benefícios da corporação.

4. Abordagem de processo: os recursos e atividades têm a necessidade de serem gerenciados como forma de processos para que resultados tenham seu eficaz alcance.

5. Melhoria contínua: é a principal visão e objetivo da organização.

6. Abordagem sistêmica da gestão: só será alcançado o objetivo para o êxito e efetividade da corporação, se existir um sistema de processo onde se busca entender, identificar e gerenciar cada procedimento.

7. Abordagem com base em fatos para a tomada de decisão: análise lógica e intuitiva de dados e informações são o fundamento para a tomada de decisões eficazes.

8. Relacionamentos mutuamente benéficos de fornecedores: aumentam a possibilidade da criação de valores entre ambas as organizações.

Quando se fala de política da qualidade, deve estar incluso em seu contexto, o total comprometimento com o atendimento aos requisitos de qualidade da corporação, bem como a melhoria contínua do Sistema de Gestão da Qualidade (ABNT-NBR ISO9001, 2008).

Para atender todos os requisitos acima citados, teve-se a iniciativa de criação do Seis Sigma.

Scatolin (2005) conta que a abordagem Seis Sigma foi desenvolvida pela fábrica da Motorola, por volta da década de 80, com a finalidade de reduzir o percentual de erros e falhas na sua linha de produtos eletrônicos manufaturados. A metodologia do Seis Sigma foi introduzida como uma filosofia que tinha seus princípios baseados no processo de Gestão da Qualidade Total, sendo fortemente reforçada com a utilização de métodos estatísticos e ferramentas da qualidade. O desafio lançado, era a busca pelo desempenho com zero defeito, fazendo com que a confiabilidade do produto aumentasse significativamente, e reduzindo principalmente das perdas ou sucatas. A Motorola fez comparações com empresas que tinham um renome quando o assunto era alta qualidade e níveis elevados de satisfação do cliente. Estes dados foram compilados em um gráfico e o seu nível de falha associado a um nível de sigma, surgindo então, em 1993, a partir desta constatação, a meta de qualidade a obtenção do Seis Sigma, de 3,4 falhas por milhão de operações, implementada pela Motorola.

Porém foi só na década de 90, de acordo com Eckes (2001), que esta metodologia ganhou espaço e popularidade no mercado, tendo como principal líder, John F. Welch, então presidente da empresa General Eletric (GE). Algo interessante abordar, é que John desacreditava em qualquer programa de qualidade, enfatizando que isto geraria apenas custos, e não investimentos para a empresa. Tal afirmação foi desmistificada, quando em 1995, todo o processo da GE, partindo desde as turbinas de aviões até suas empresas financeiras, buscavam obter o desempenho Seis Sigma, afirmando ser a mais importante iniciativa que a General Eletric já havia empreendida.

Contudo, é necessário que o processo produtivo seja controlado, para que ao decorrer de seu desenvolvimento, não aumente o número de produtos não-conformes. Oliveira et. al. comenta que a produção buscando o zero defeito deve ser perseguida, mas de maneira alguma, deve afetar a qualidade do produto, e para que isso venha a ocorrer, tem-se a necessidade de ser incorporado no processo, ferramentas que possam detectar e apresentar as soluções, para que o programa de tratamento de pontos não satisfatórios que possam já ter ocorrido. Colocando de outra forma, é quase que obrigatório a utilização do processo de melhoria contínua, executada através de ferramentas que facilitem a tarefa.

2.4. MELHORIA CONTÍNUA

Segundo BARTZ (2014), qualquer empresa que busca o sucesso, deve acompanhar as constantes mudanças do mercado para que a postura por ela adotada possa monitorar as tendências de comportamento do cliente, podendo assim alinhar os objetivos das organizações com as exigências dos clientes.

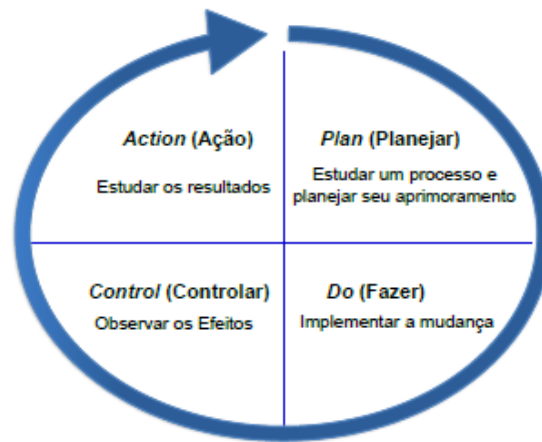
A ABNT-NBR ISO9001 (2008, p. 19), no requisito 8.5.1, faz a seguinte afirmativa:

A organização deve continuamente melhorar a eficiência do sistema de gestão da qualidade por meio do uso da política da qualidade, objetivos da qualidade, resultados de auditorias, análise de dados, ações corretivas e preventivas e análise crítica pela direção.

Oliveira et. al. apresenta um modelo de ciclo que é muito utilizado, e principalmente atende os requisitos da qualidade pelas empresas que adotam o início da utilização da metodologia Seis Sigma. É o ciclo de melhoria P: *Plan/Planejar*, D: *Do/Fazer*, C: *Control/Controlar*, A: *Action/Ação* (PDCA). O autor afirma que este mecanismo prega o continuo estudo e planejamento de todos os processos, assim como modificações e melhorias, para que desta forma, possa se monitorar e avaliar os resultados obtidos. Continuidade é a forma para desenvolver o ciclo PDCA, para que ao término da implementação, medição e idealização, possa ser utilizado em outro processo de melhoria, evoluindo de forma constante.

A figura 1 ilustra o ciclo PDCA.

Figura 1 – Ilustrando o ciclo PDCA



Fonte: Adaptado de Bartz, 2014, p. 28.

Para facilitar o processo e emprego do sistema PDCA, existem algumas ferramentas ou metodologias que, embutidas com o Seis Sigma, ajudam no desenrolar das atividades, melhorando o planejamento e facilitando o controle e implementação de melhorias no processo. O sistema que é abordado neste trabalho é o D: *Define/Definir*, M: *Measure/Medir*, A: *Analyse/Analisar*, I: *Improve/Melhorar* e C: *Control/Controlar* (DMAIC).

2.5. DMAIC

Tem relatado Werkema (2004), que o DMAIC é um dos elementos da infraestrutura do Seis Sigma, consistindo na formação de equipes de projeto, os quais contribuem para o alcance das metas estabelecidas estrategicamente pela organização. O DMAIC é baseado no ciclo citado anteriormente, que é o PDCA.

O DMAIC é de grande relevância para o sucesso do Seis Sigma, posto que age em sincronia com o PDCA, que foi concebido por Walter Shewhart, contando que consecutivo foi adaptado por Edwards Demming. Esta sincronia entre as etapas destes métodos é melhor enfatizada na figura 2 (WERKEMA, 2004).

Figura 2 – Correspondência entre o Método DMAIC e o Ciclo PDCA



Fonte: Adaptado de Werkema, 2004, p. 29.

É detalhado por Werkema (2004) as etapas *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve*, *Control* (DMAIC), juntamente com algumas das ferramentas estatísticas para a melhoria da qualidade necessárias para a implementação do Seis Sigma, e de igual modo, algumas entregas que são feitas a partir de cada uma delas.

2.5.1. D – *Define* (Definir)

Conforme Werkema (2004), na primeira etapa do DMAIC, o *Define*, o escopo do trabalho ou do projeto a ser realizado, metas, assim como o estado atual tem como obrigação serem claramente descritos. Para estabelecer um padrão, surgem respostas que devem ser dadas para algumas questões como:

- Qual é o problema que o projeto vai se referir?
- Qual é o propósito que se busca atingir?
- Quais são os consumidores prejudicados pelo problema?
- Qual é o processo pertencente ao problema?
- Qual o impacto que trará no processo?

Essas informações devem ser guardadas no *Project Charter*, que seria algo similar a um contrato entre os gestores da empresa juntamente com a equipe que está conduzindo o trabalho. Neste contrato existem informações como:

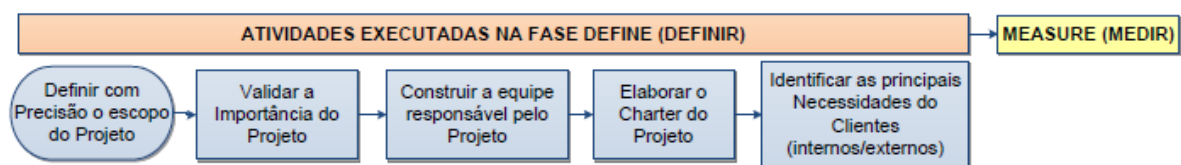
- Descrição do problema;
- Estipulação de metas quantitativas do planejamento;
- Histórico e situação atual da área que será trabalhada;
- Relação de prováveis restrições;
- Membros da equipe assim como suas responsabilidades;
- Cronograma inicial do projeto;

Em alinhamento ao que diz Bartz (2014), nesta etapa tem-se como objetivo, proporcionar uma vasta visão do processo em ênfase que é concedido pelo *Supplier, Input, Process, Output, Customer* (SIPOC).

Tendo a possibilidade desta visão total do projeto, avança-se para o próximo passo, onde o time monta um *brainstorming*, que tem a finalidade principal de reunir todas as prováveis variáveis que têm correlação com o procedimento adotado atualmente. Um método prático e simples de identifica-las.

Para melhor apresentar a sequência de atividades que devem ser adotadas na fase *Define* (Definir), a figura 3 mostra o fluxo que contempla a execução dessa etapa.

Figura 3 – Fluxo de atividades executadas na fase Define (Definir)



Fonte: Bartz,2014, p. 39.

2.5.2. M – Measure (Medir)

Este é momento que deve ser realizada uma medição completa, que tem como objetivo, localização ou o foco das adversidades do processo. De igual modo, esta fase também exige respostas para algumas interrogações, como:

- Que variáveis do processo devem ser mensuradas para a aquisição de dados relevantes quanto as evidencias do problema?

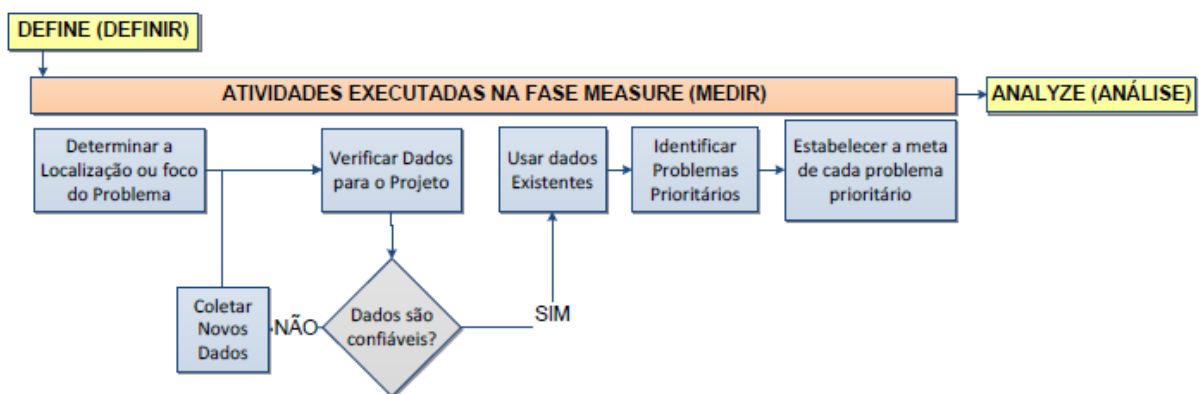
- Quais são os centros relevantes do problema?

A primeira ferramenta que tem necessidade de utilização neste processo, é a ferramenta de estratificação, pois todo e qualquer problema deve ser analisado sob diversos ângulos – tempo, local, sintoma, indivíduo (BARTZ, 2014).

A coleta de informações parte quando a estratificação já tiver sido definida, e de acordo com Werkema (2004), as informações devem ser agrupadas de acordo com suas relevâncias, e para tal, o Diagrama de Pareto ou até mesmo a Matriz de Priorização são exemplos de maior utilização na implementação do Seis Sigma.

De forma resumida, a figura 4 demonstra o passo-a-passo das atividades que devem ser entregues na fase *Measure* (Medir) do DMAIC.

Figura 4 – Fluxo de atividades executadas na fase Measure (Medir)



Fonte: Bartz,2014, p. 40.

2.5.3. A – *Analyse* (Analisar)

Determinação das não-conformidades de cada problema em particular, isso é o que define a terceira fase do DMAIC. Para esta parte da metodologia, responde-se o seguinte questionamento:

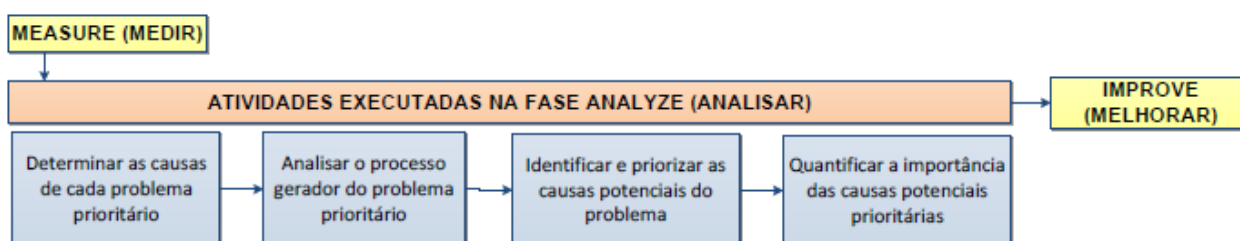
- Qual o motivo da existência do problema prioritário?

Para a consumação da análise dos dados colhidos e estruturados de acordo com a relevância, surgem ferramentas como Fluxograma, Mapa de Processo,

Diagrama de Causa e Efeito, Diagrama de Dispersão, Matriz de Priorização, entre outros.

A sequência das atividades da fase *Analyse* fica clara na figura 5.

Figura 5 – Fluxo de atividades executadas na fase *Analyse* (Analisar)



Fonte: Bartz, 2014, p. 41.

2.5.4. I – *Improve* (Melhorar)

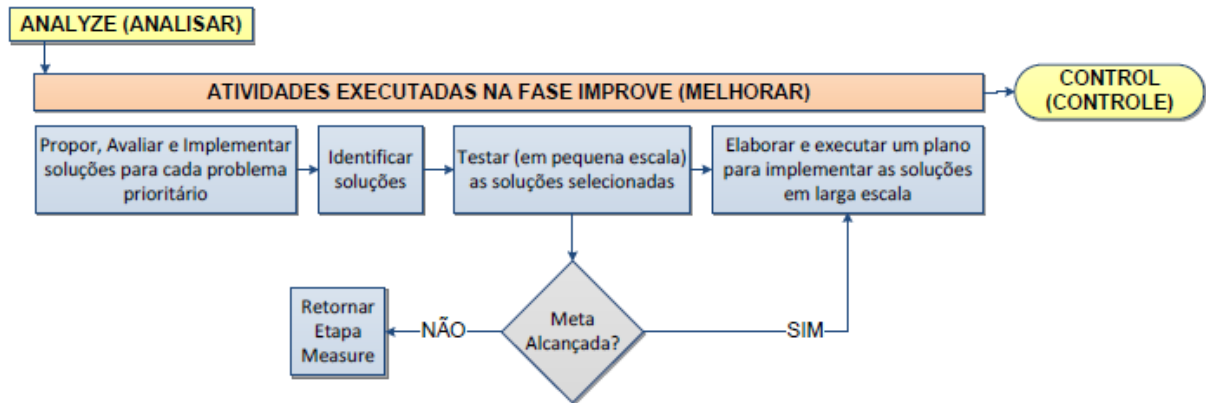
Propor, avaliar e implementar soluções são o que elucidam a fase *Improve*. Werkema (2004) sugere a utilização de um *brainstorming* para responder as questões:

- Quais as sugestões sobre a maneira de suprimir as causas essenciais dos problemas?
- Todas as sugestões têm condições de se transformar em soluções com possível execução?
- Quais ideias potenciais auxiliarão no alcance do objetivo, tendo o menor custo e maior simplicidade de implementação?
- Qual a maneira de testar as ideias selecionadas, com a finalidade de assegurar o alcance da meta e extinguir efeitos não esperados.

Como suporte e auxílio na busca por estas respostas, pode-se valer de ferramentas de diagrama causa e efeito ou diagrama de afinidades. Tendo as soluções agrupadas, deve-se priorizar as mesmas, valendo-se de uma matriz de priorização. Para dar sequência, faz-se testes pilotos com as propostas apresentadas, e ao decorrer dos testes, surgem correções que podem ser abordadas, para só então criar e implementar as propostas em larga escala, utilizando ferramentas como 5W2H ou também o Diagrama de Gantt. Vale ressaltar que esta é a fase do DMAIC, em que

as melhorias no projeto são desenvolvidas a partir do plano de ação. As ações executadas na fase *Improve* estão melhor esplanadas na figura abaixo.

Figura 6 – Fluxo de atividades executadas na fase Improve (Melhorar)



Fonte: Bartz, 2014, p. 42.

2.5.5. C – Control (Controlar)

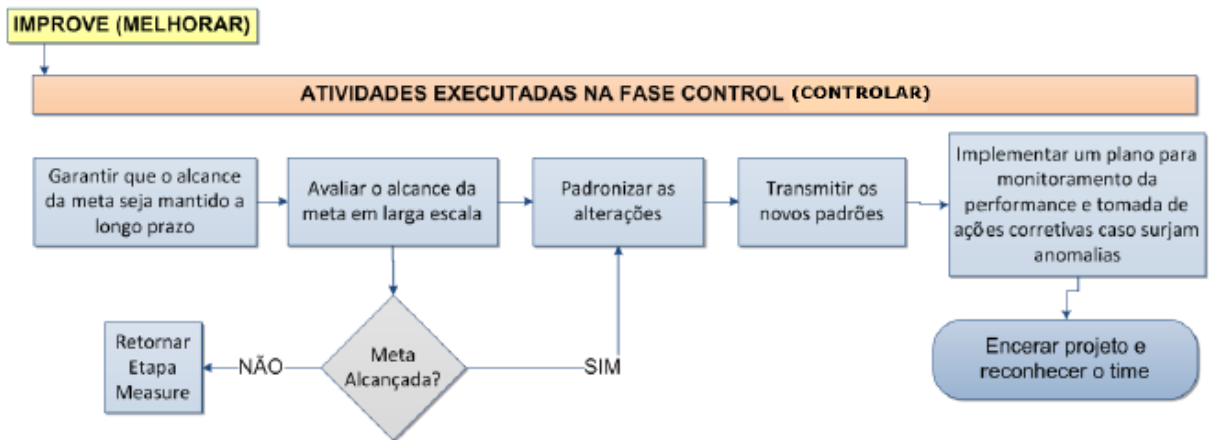
Esta é a última fase da metodologia DMAIC, onde busca-se garantir que o objetivo do trabalho realizado seja mantido ao decorrer das operações futuras.

Ao que diz respeito Werkema (2004), para monitorar esta fase, Diagrama de Pareto, Cartas de controle e Histogramas, são ferramentas uteis e facilitam a coleta de dados.

Bartz (2014) comenta que, caso os resultados do estudo não sejam agradáveis, ficando distante da meta estipulada, o projeto deve retroceder para a etapa de Medição (*Measure*), para novamente recolher dados e partir para uma nova análise.

Esta sequência de procedimentos e entregas pode ser visualizada e compreendida na figura 7.

Figura 7 – Fluxo de atividades executadas na fase Control (Controlar)



Fonte: Bartz, 2014, p. 43.

3. METODOLOGIA

3.1. MÉTODOS E TÉCNICAS APLICADAS

O reconhecimento de uma orientação de melhoria em uma organização de agronegócio na região, teve como fruto um estudo baseado no processo de gestão da metodologia Seis Sigma, na busca de ações corretivas concernentes ao processo de corte laser.

Diante desta sugestão, houve a inevitabilidade de averiguar o processo atual da organização, visando reconhecer conjunturas que estabeleçam resultados gratificantes, de igual modo entre a organização e o acadêmico.

Nesta acepção, o propósito diretor deste estudo, é a melhoria e aumento de produção e redução de custos com mão de obra terceirizada, valendo-se de ferramentas e passo-a-passo já estabelecidos pela cultura Seis Sigma.

Turrioni e Mello (2010) atesta que o referente trabalho pertence a categoria de pesquisa-ação, já que desenvolvida e estruturada seguindo um regime intermitente que contém cinco estágios, que são:

- Planejamento de pesquisa;
- Coleta de dados;
- Análise de dados;
- Tomada de ação;
- Avaliação da ação;

Tal regime fornece a permissão de solução de aspectos problemáticos no processo em ênfase (melhoria e aumento de produção e redução de custos com mão de obra terceirizada), e conseqüentemente, a extensão dos conhecimentos do acadêmico.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

Tendo como missão o crescimento sustentável através do atendimento ao cliente, inovação, qualidade e comprometimento superiores, a empresa em estudo possui uma herança de soluções de alta tecnologia no ramo agrícola que alimentam o mundo.

A organização está em constante crescimento, com solidez da reputação mundial, e uma rede de aproximadamente 2.600 concessionárias, sendo uma das maiores redes de distribuição da indústria, sendo proprietária de 4 marcas renomadas no setor agrícola, presente em mais de 140 países, tais como Estados Unidos, Argentina, Venezuela, Chile e África do Sul.

Possui 3 fábricas de equipamentos e maquinários agrícolas no Brasil, localizadas no Rio Grande do Sul. A unidade de desenvolvimento deste trabalho, aborda produção de plataformas e colheitadeiras.

4.2. IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA E O MÉTODO DMAIC NA OPORTUNIDADE IDENTIFICADA

Sendo de conhecimento a deficiência presente no processo de corte laser, como também a situação de baixa produção atual, este trabalho busca encontrar o foco e causas-raízes para este elevado tempo de corte, assim como, a grande demanda de mão-de-obra terceirizada que é necessário para atender a necessidade de produção, e então apresentar uma proposta de melhoria eficaz.

Para o estudo da situação presente, localizar prováveis causas, análise de informações, apontar as causas-raízes e plano de ação para acompanhar a execução de melhorias, tudo foi baseado na metodologia Seis Sigma, tendo como ferramenta o método DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar), e demonstra a sequência de atividades desdobrando e explanando cada ação tomada durante o período de testes e implementações decorridos no projeto assim como seus respectivos resultados.

4.2.1. Aplicação da etapa D – *Define* (Definir)

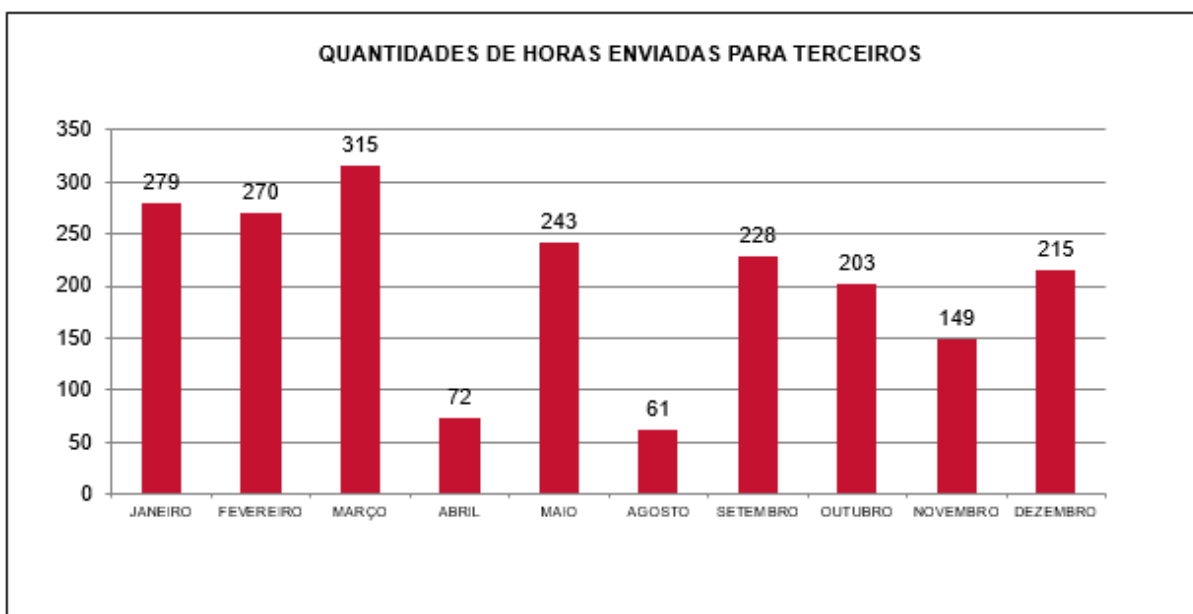
Durante esta primeira etapa do projeto, embasado na decorrência da situação atual relacionado a baixa produção das máquinas de corte laser de modelo TRUMPF L 3030, definiu-se o projeto com o título “Aumento de produção em máquinas de corte laser”. Para maior credibilidade do projeto, foi definido um grupo multifuncional, para abranger colaboradores ligados a processos como Engenharia de Manufatura, Suprimentos e Qualidade. Composto o time, foram ditadas as metas para o deferido projeto, que são detalhadas nos itens seguintes.

4.2.1.1. Estudo da situação atual

Dados do sistema de controle interno da organização validaram as informações coletadas para a análise da situação atual, onde extraiu-se dados para estudo, desde janeiro/2014 até dezembro/2014.

Na figura 8, é apresentado um gráfico constando o número de horas que se teve necessidade de terceirizar para um atendimento adequado da demanda.

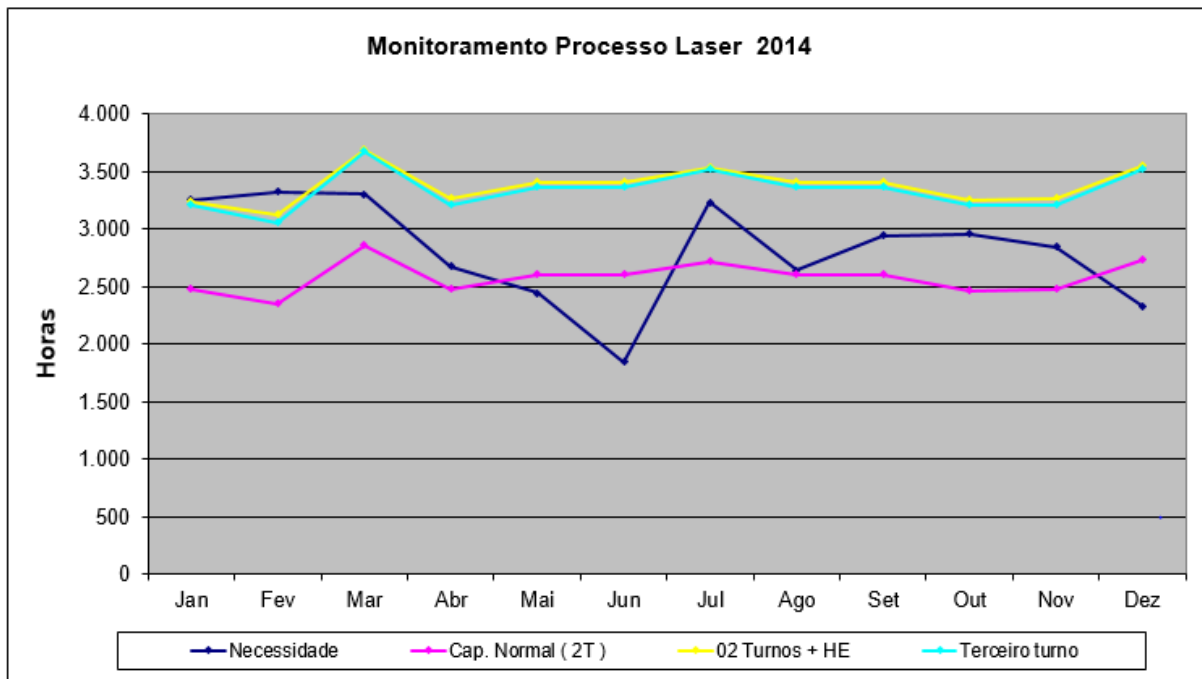
Figura 8 – Gráfico apresentando a quantidade de horas terceirizadas



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2015.

O gráfico da figura 9 apresenta o quanto está defasado a produção em relação a necessidade para atender a produção, sendo que foi utilizado uma grande quantidade de horas extras, o que acarreta em um elevado custo para a empresa.

Figura 9 – Gráfico apresentando a produtividade de corte laser atual



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2015.

4.2.1.2. Project Charter

Com sustentação nos estudos realizados, deu-se origem ao documento de protocolização do projeto (*Project Charter*), onde abrange entre outras notas:

- O grupo comprometido com o projeto;
- Síntese do estado atual;
- Escopo do projeto;
- Objetivos do projeto;
 - Estratificar os problemas para poder agir em cima dos mesmos;
 - Identificar as causas-raízes;
 - Desenvolver método para amenizar ou eliminar as não-conformidades do processo;

- Redução de custos em horas extras e terceirizadas;
- Atendimento da demanda;
- Estipular datas para a entrega de cada etapa do DMAIC;
 - *Define*: julho/2014
 - *Measure*: setembro/2014
 - *Analyse*: novembro/2014
 - *Improve*: janeiro/2015
 - *Control*: março/2015

No apêndice A, todos estes dados estão registrados de forma mais clara e detalhada.

4.2.1.3. SIPOC

Para um bom alinhamento de informações e conhecimento do grupo que está diretamente ligado ao projeto, a construção do SIPOC auxilia nestes objetivos, e permite a identificação de itens relevantes que tem necessidade de serem estudados, tais como:

- A maior atuação no processo de solução de discordâncias do projeto em ênfase é do investigador da ação;
- O acompanhamento, aprovação das propostas de melhoria e o suporte ao grupo, é de responsabilidade do gestor do processo;
- O início da ação de correção se dá posterior à definição do time;

O apêndice B contém o SIPOC na íntegra, compreendendo todas as fases, entradas e saídas das propostas de melhorias do projeto.

4.2.1.4. *Brainstorming*

Conforme citado no item 2.4.1, após alcançado o objetivo de visualizar o processo de corte laser de uma forma crítica, porém construtiva, concedida pela utilização do SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Customer*), montou-se um *brainstorming* com o auxílio das pessoas envolvidas diretamente no processo, já que, para o projeto ser de maior efetividade, as pessoas ligadas ao time são multifuncionais, podendo então valer-se das mais diversas ideias, sendo possível

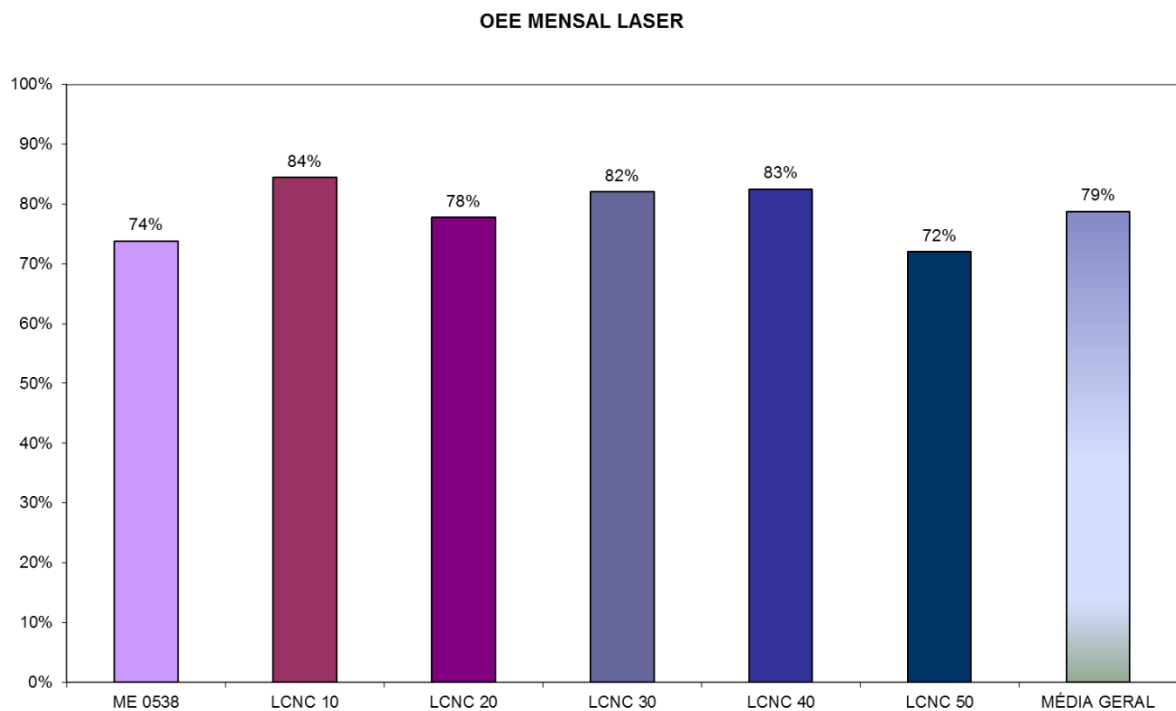
reunir todas as prováveis variáveis que têm correlação com o procedimento adotado atualmente.

Como resultado, obteve-se alguns pontos que foram considerados pelos integrantes, como motivos para a baixa produção enfrentada pela empresa no setor de corte laser, apresentados no apêndice C.

4.2.2. Aplicação da etapa M – *Measure* (Medição)

Com as variáveis identificadas na etapa anterior (Definição), deu-se início a etapa de Medição, onde dados foram retirados das OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), onde se encontra várias métricas que podem ser utilizadas na indústria para avaliar se algum processo é eficiente ou não. Fez-se a coleta de dados de todas as máquinas de corte laser, de acordo com o cronograma do projeto. A figura 10 demonstra a comparação das OEE's entre as máquinas.

Figura 10 – OEE's Mensal Laser



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2015.

Diante destas informações, foi analisado a capacidade do processo, tendo como objetivo conhecer como está operação atual, buscando encontrar o nível de sigma para controle, conforme apresenta a figura 11.

Figura 11 – Medição da Capacidade do Processo

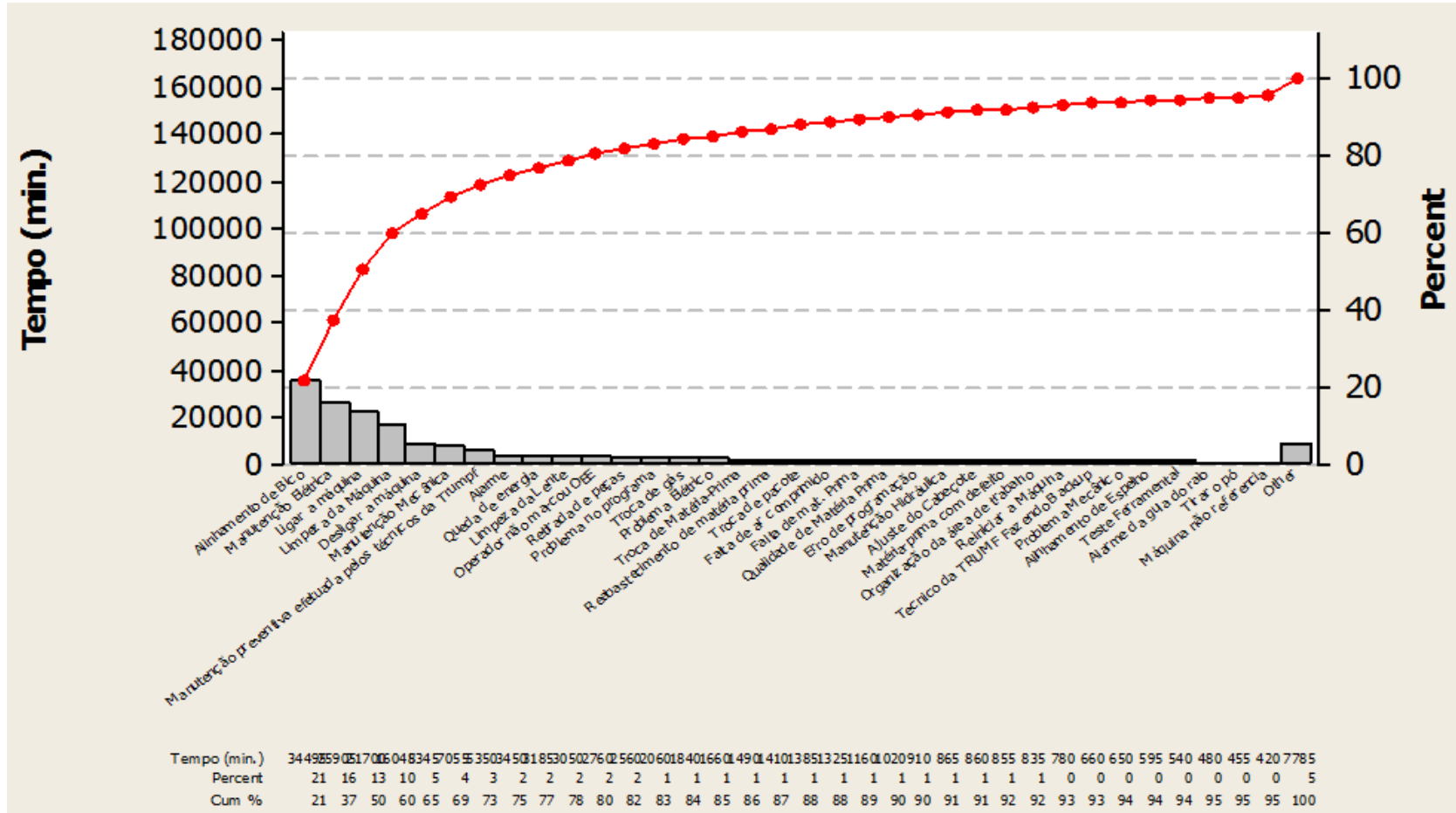
| Variável | OEE abaixo de 85% | Equipamentos | Oport | Total Oport | DPU | DPO | DPMO | Shift | Capabilidade Long Term | Sigma |
|--------------------|-------------------|--------------|-----------|-------------|---------------|-----------------|-----------------|--------------|------------------------|--------------|
| | <i>D</i> | <i>U</i> | <i>OP</i> | <i>TOP</i> | <i>DPU</i> | <i>DPO</i> | <i>DPMO</i> | <i>Shift</i> | <i>ZLT</i> | <i>ZST</i> |
| jan/14 | 6 | 6 | 1 | 6 | 1,0000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,5 | -2,52 | -1,02 |
| fev/14 | 6 | 6 | 1 | 6 | 1,0000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,5 | -2,52 | -1,02 |
| mar/14 | 6 | 6 | 1 | 6 | 1,0000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,5 | -2,52 | -1,02 |
| abr/14 | 6 | 6 | 1 | 6 | 1,0000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,5 | -2,52 | -1,02 |
| mai/14 | 6 | 6 | 1 | 6 | 1,0000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,5 | -2,52 | -1,02 |
| jun/14 | 6 | 6 | 1 | 6 | 1,0000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,5 | -2,52 | -1,02 |
| jul/14 | 6 | 6 | 1 | 6 | 1,0000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,5 | -2,52 | -1,02 |
| ago/14 | 6 | 6 | 1 | 6 | 1,0000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,5 | -2,52 | -1,02 |
| set/14 | 6 | 6 | 1 | 6 | 1,0000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,5 | -2,52 | -1,02 |
| out/14 | 6 | 6 | 1 | 6 | 1,0000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,5 | -2,52 | -1,02 |
| nov/14 | 6 | 6 | 1 | 6 | 1,0000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,5 | -2,52 | -1,02 |
| dez/14 | 6 | 6 | 1 | 6 | 1,0000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,5 | -2,52 | -1,02 |
| Total Anual | 72 | 72 | 1 | 72 | 1,0000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,5 | -2,52 | -1,02 |

Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2015.

4.2.2.1. Diagrama de Pareto

Nota-se um sigma muito baixo para estas máquinas de corte laser, e, portanto, foi necessária uma medição nas possíveis causas desta baixa produção, onde se utilizou um Diagrama de Pareto, conforme figura 12. Os pontos mais críticos encontrados, são o alinhamento de bicos das máquinas e a manutenção elétrica, sendo responsáveis, respectivamente, por 21% e 16% da baixa produção. Porém, vale ressaltar que o tempo para ligar as máquinas é de 13% e também a limpeza que compreende 10%, exigem uma atenção especial.

Figura 12 – Gráfico de Pareto por Motivo de Ocorrência



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2015.

4.2.3. Aplicação da etapa A – Analyse (Analisar)

Nesta fase, o motivo da existência dos problemas prioritários é estudado, e conforme já citado no item 2.4.3, a determinação das não-conformidades de cada problema em particular é o que define a terceira fase do DMAIC. Para esta parte da metodologia.

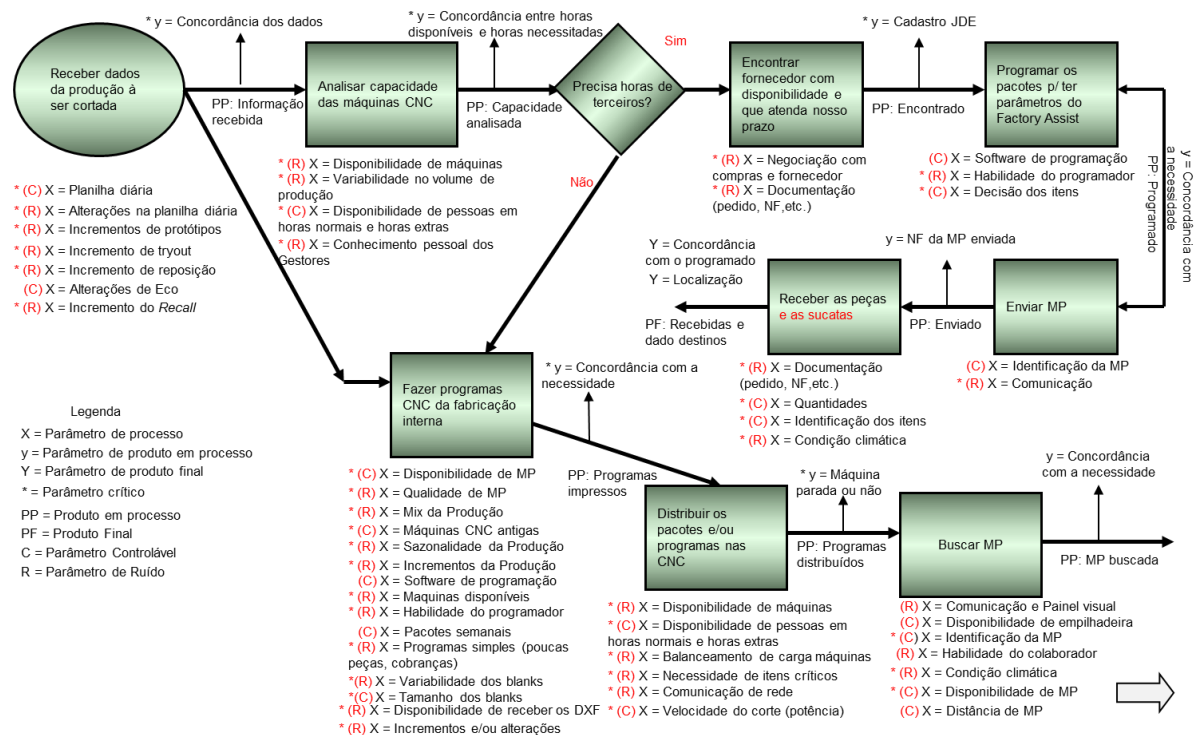
- Qual o motivo da existência do problema prioritário?

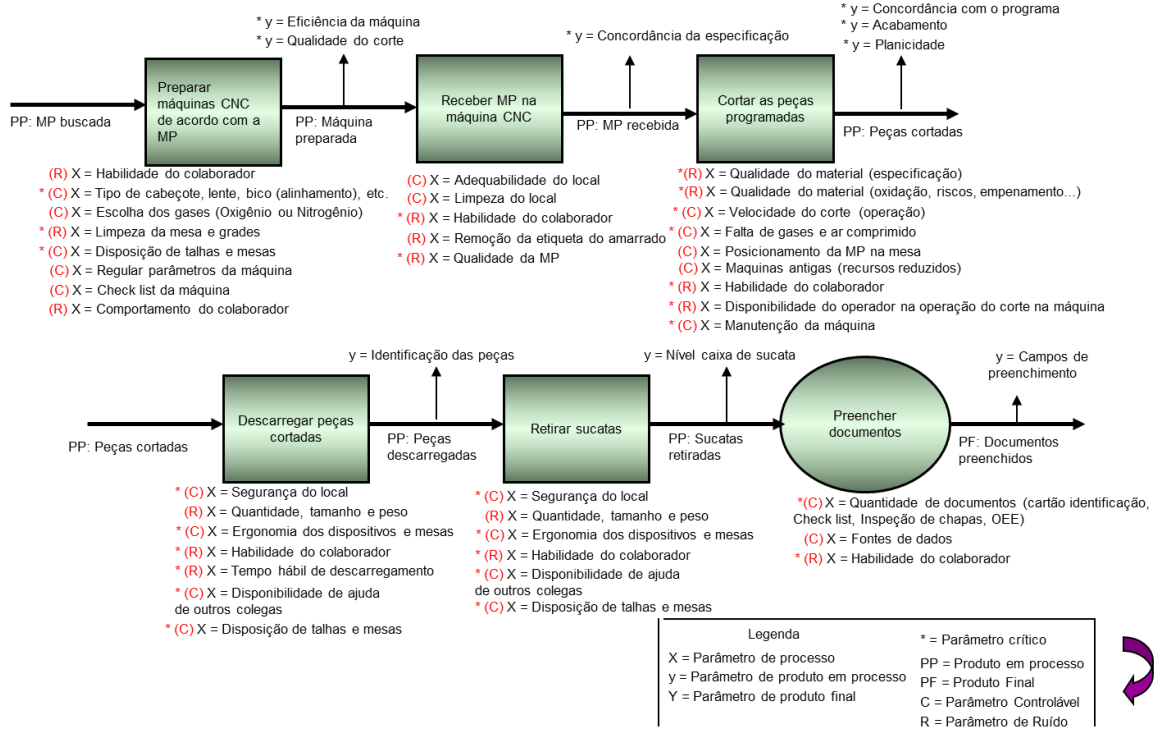
Para a consumação da análise dos dados colhidos e estruturados de acordo com a relevância, surgem ferramentas como Fluxograma, Mapa de Processo, Diagrama de Causa e Efeito, Diagrama de Dispersão, Matriz de Priorização, entre outros.

4.2.3.1. Fluxograma

Para apresentar as principais variáveis do processo, o Fluxograma do processo foi desenhado e utilizado, conforme demonstra a figura 13.

Figura 13 – Fluxograma do Processo



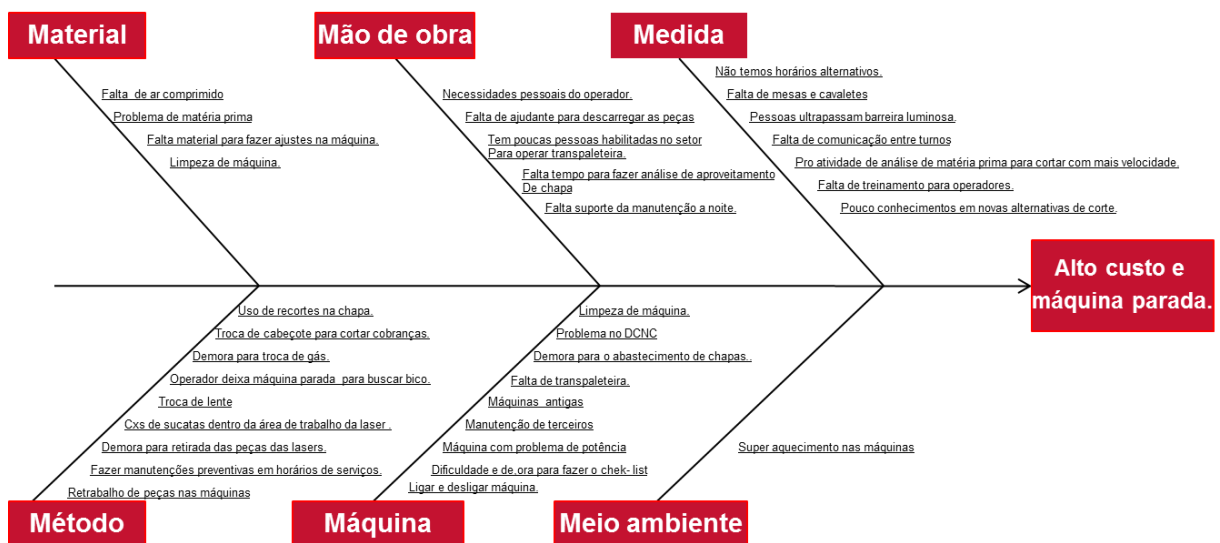


Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2015.

4.2.3.2. Diagrama de Causa e Efeito

Após a compreensão do fluxo de processo, criou-se um Diagrama de Causa e Efeito, dividindo as ideias do item 4.2.1.4 de acordo com suas características.

Figura 14 – Diagrama de Causa e Efeito



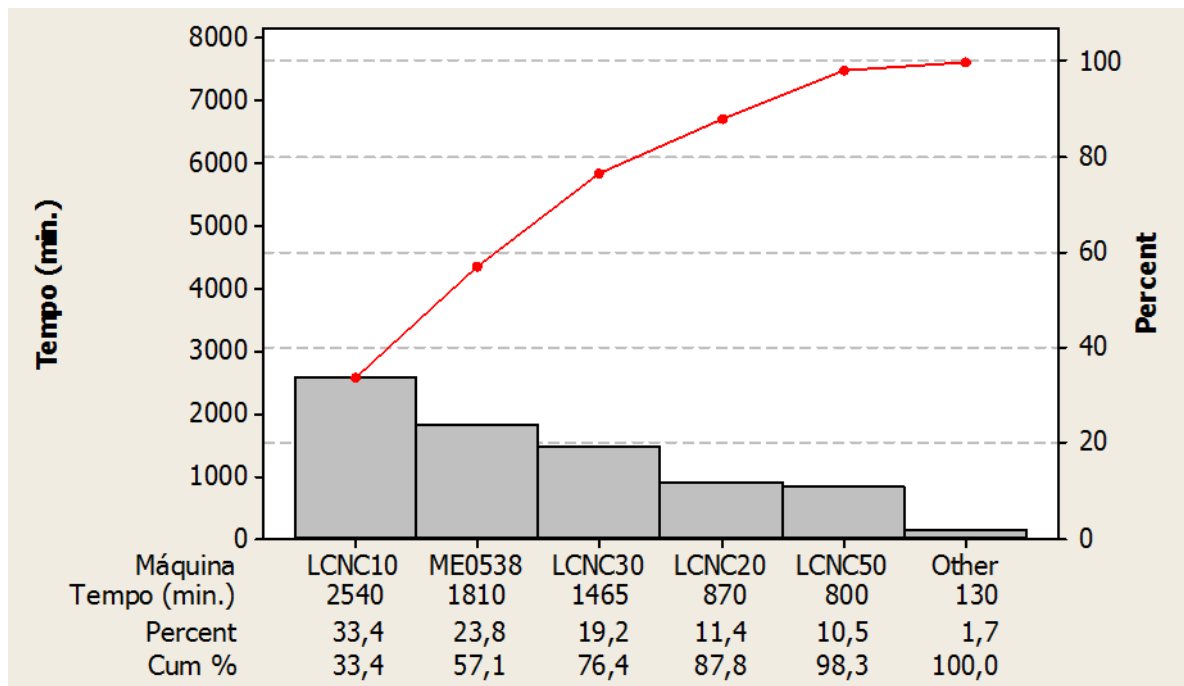
Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2015.

4.2.3.3. Análise dos principais problemas

Baseado nas informações contidas no item 4.2.2.1, onde foi criado um gráfico por motivo de ocorrência, e os itens mais relevantes são, o alinhamento de bicos das máquinas e a manutenção elétrica, sendo responsáveis, respectivamente, por 21% e 16% da baixa produção. Foi analisado estes dois pontos, o que gerou gráficos que apresentam melhor esta situação.

Na figura 15, é demonstrado o tempo gasto em manutenção mecânica para o alinhamento dos bicos de corte e também qual a máquina que teve maior ocorrência.

Figura 15 – Máquina com maior tempo de Manutenção Mecânica

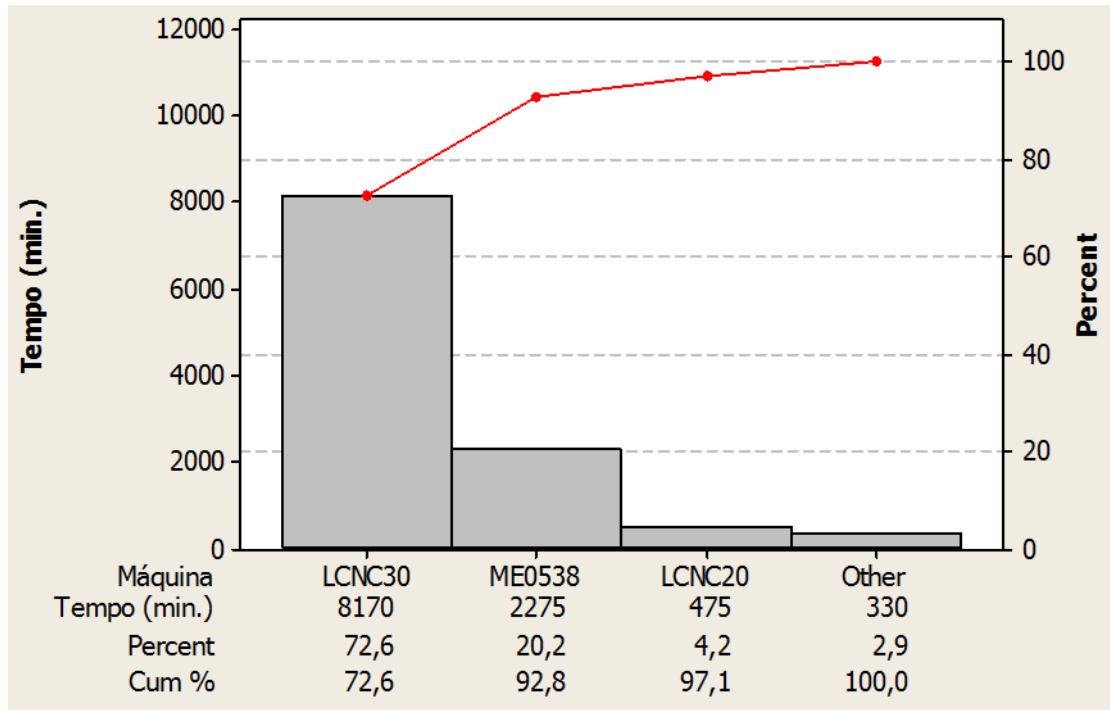


Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2015.

Dando continuidade ao projeto, explanou-se as informações referentes ao outro ponto relevante que está afetando o processo, que é a manutenção elétrica.

Na figura 16, é apresentado o tempo gasto em manutenção elétrica no conjunto de máquinas de corte laser e, de igual modo, qual a máquina que teve maior incidência.

Figura 16 - Máquina com maior tempo de Manutenção Elétrica



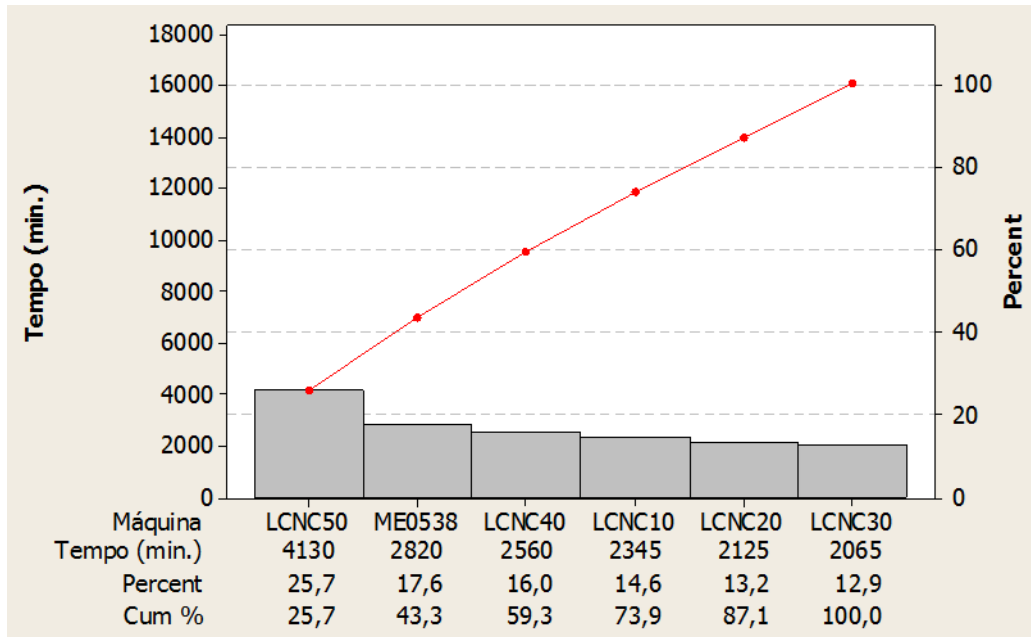
Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2015.

Quanto ao tempo de manutenção mecânica e elétrica, devido à dificuldade de suas tratativas, durante esta fase (*Analyse*), concluiu-se que não seriam trabalhados.

Porém ainda existem 2 indicadores extremamente preocupantes, que é o tempo de limpeza e a demora para ligar a máquina, sendo que são estes pontos que foi definido como problemas que devem ser atacados. Em relação ao procedimento de limpeza, foi comprovado na coleta de informações, que 10% das paradas de máquina são por este motivo, o que é equivalente a 267 horas de máquina parada no ano. As máquinas que mais se destacam quanto ao tempo de limpeza, é a LCNC50 e a ME0538, porém o motivo é justificado, já que são as máquinas que tem a maior demanda de corte de chapas de menor espessura. Quando são chapas de menor espessura, o tempo de corte é menor, e, portanto, para a limpeza interna e externa, é necessário parar a máquina.

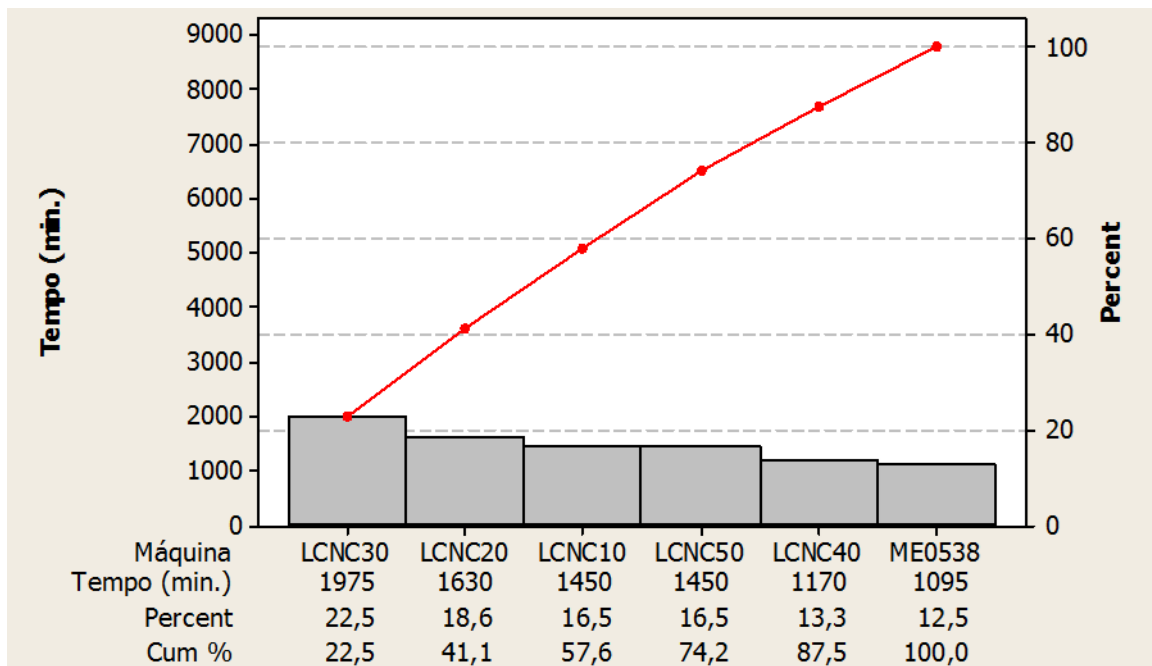
Durante a fase *Measure*, foi constatado que outro ponto impactante, é ligar a máquina, já que este problema representa 361 horas de máquina parada no ano. O problema é equivalente a 13% de todas as paradas no ano de 2014. Os dados de limpeza e tempo necessário para ligar as máquinas são acurados nas figuras 17 e 18.

Figura 17 – Tempo de limpeza das máquinas de corte laser



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2015.

Figura 18 – Tempo necessário para ligar as máquinas de corte laser



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2015.

4.2.4. Aplicação da etapa I – *Improve* (Melhorar)

Como primeiro passo da fase *Improve*, foi dado início à um *brainstorming* com os membros do grupo, com a finalidade de identificar as possíveis soluções levantadas na fase *Analyse*, e vários pontos foram considerados de grande importância, como:

- Deslocamento de horários alternativos para os operadores com a finalidade de ligar a máquina com um pouco de antecedência;
- Deixar pronto as luvas e aventais nas máquinas;
- Fazer limpeza no horário de almoço;
- Fazer limpeza de máquina em horários alternativos

4.2.4.1. 5W1H

Tendo estudado estes pontos, criou-se um 5W1H para uma melhor compreensão do assunto, e uma gestão mais aprofundada do tema “Seis Sigma” dentro do processo a ser estudado. As ideias e sugestões registradas no 5W1H estão no apêndice D.






É de suma importância ressaltar as dificuldades encontradas, o que abrange os procedimentos legais da empresa, que tem como principal objetivo, o bem-estar de seus colaboradores, portanto, na criação de horários alternativos, deve-se levar em consideração que se o funcionário iniciar seu turno com antecedência, o mesmo deve encerra-lo assim que finalizar a carga horária estabelecida pela organização.

4.2.4.2. Evidências

Dando continuidade ao projeto, fez-se uma estimativa dos benefícios das melhorias citadas no item 4.2.4.1, e constatou-se um aumento de produção de 53 horas de corte adicionais a cada mês.

Quanto ao número de paradas abordadas no item 4.2.2.1, criou-se um *check list* para um controle mais apurado e para amenizar os motivos de parada. O *check list* é mostrado na figura 19, levando em consideração já os itens de limpeza.

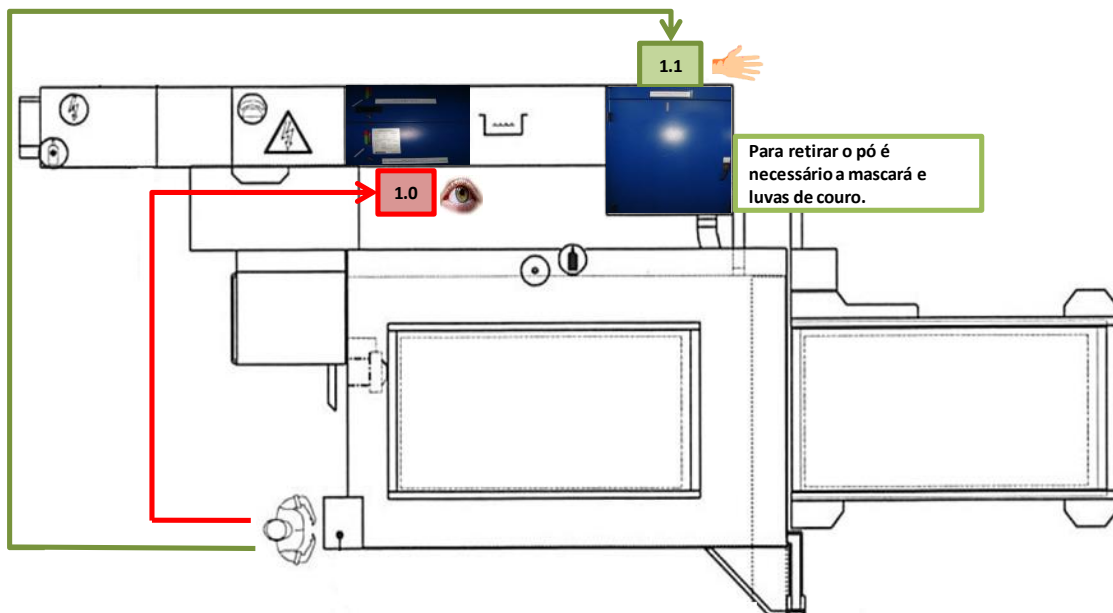
Figura 19 – Check list Laser

| Legenda | | Equipamento: LASER | | TPM - MÁQUINA LASER LCNC10,20,ME0538 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|--|--|
| OK - Equipamento encontra-se em condições de trabalho | | Nº Equip.: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X - Equipamento encontra-se com alguma anomalia. Registrar no verso da folha. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº | TAREFA | MÉTODO DE ANÁLISE. | OBSERVAÇÕES | 01/jan | 02/jan | 03/jan | 04/jan | 05/jan | 06/jan | 07/jan | 08/jan | 09/jan | 10/jan | 11/jan | 12/jan | 13/jan | 14/jan | 15/jan | 16/jan | 17/jan | 18/jan | 19/jan | 20/jan | 21/jan | 22/jan | 23/jan | 24/jan | 25/jan | 26/jan | 27/jan | 28/jan | 29/jan | 30/jan | 31/jan | | | |
| | DIÁRIO | | (operador) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | Verificar o nível de água |  | Se estiver baixo tem que repor. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 | Verificar o reservatório de limpeza da sucção do pó. |  | É obrigatório o uso da mascarã contra o pó e luva de couro. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.2 | Inspeccionar se não existe material impedindo o funcionamento da máquina. |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.3 | Verificar as condições de segurança da máquina. |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4 | Verificar vazamentos em geral. |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SEMANAL | | (operador) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2015.

Foi adicionado um mapa para facilitar a auditoria do operador e também para garantir a integridade da informação conforme apresentado na figura 20.

Figura 20 - Mapa do Check list



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2015.

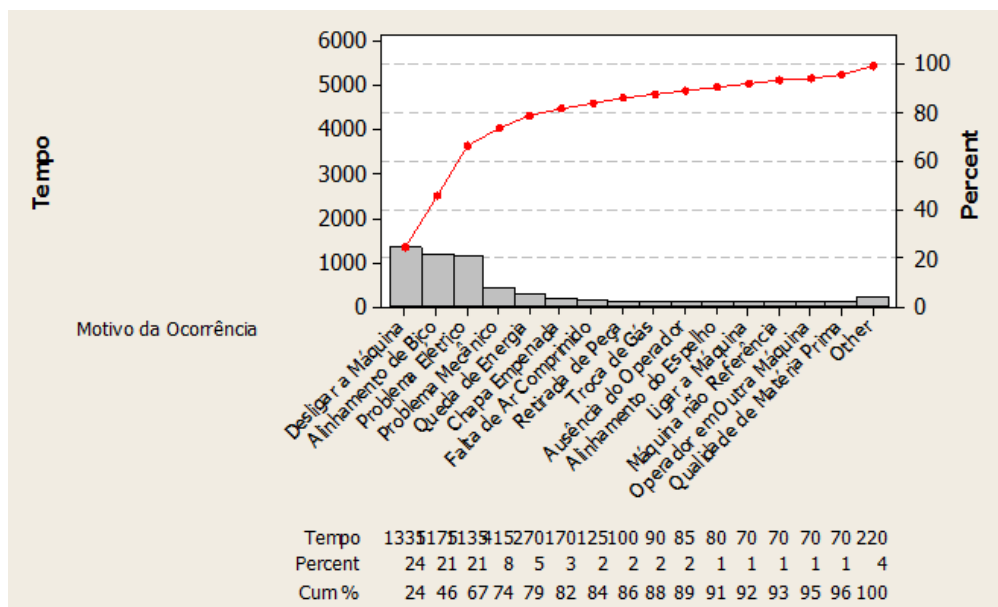
4.2.5. Aplicação da etapa C – Control (Controlar)

A implementação das melhorias do plano, buscam atender as metas do projeto, que foram definidos no *Project Charter*. A base de coleta de dados foi realizada com informações dos últimos 12 meses, sempre observando os formatos dos indicadores corporativos. O gráfico da figura 21 mostra a evolução do processo de corte laser quando comparado com o gráfico do item 4.2.2.1, em relação as paradas de máquinas.

Tendo por base a data de início deste projeto Seis Sigma (julho/2014), é possível identificar reduções bastante significativas ao longo dos meses, resultado das ações do referido projeto (descritas nos itens anteriores).

É de suma importância ressaltar, que para verificar e efetividade real das ações implementadas e validar o projeto diante da corporação, foi necessário a validação financeira, apresentando a redução de custos e a diminuição de horas terceirizadas que produziu o projeto, conforme apresentado na figura 22.

Figura 21 – Gráfico de Pareto por Motivo de Ocorrência da fase Control

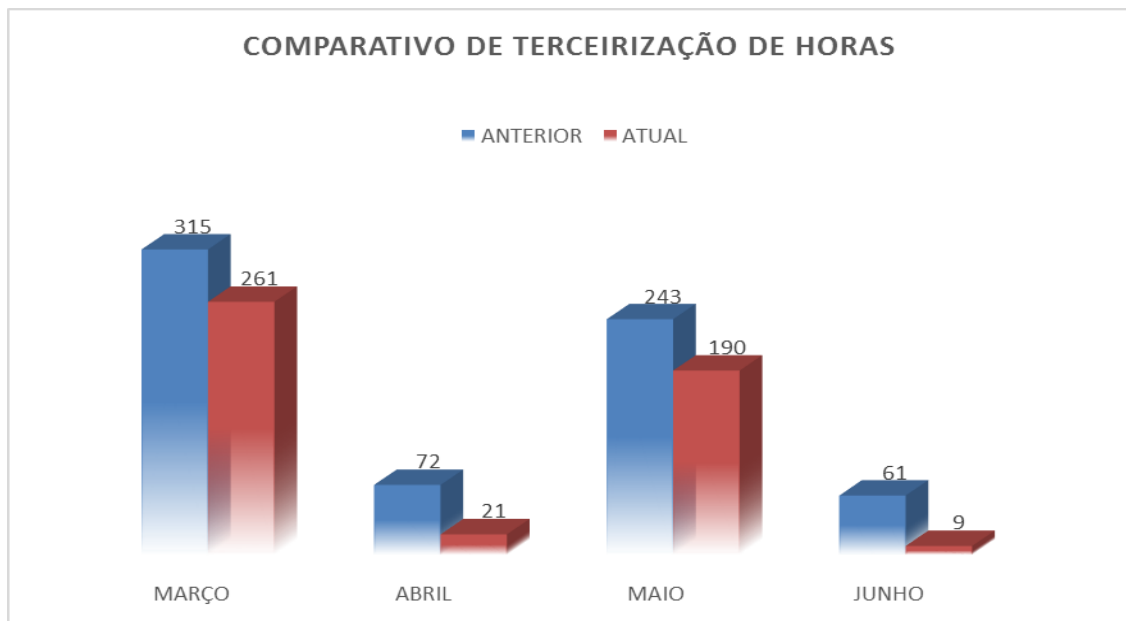


Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2015.

Para garantir a eficiência do projeto em análise, foi feito o levantamento de dados em relação ao número de horas terceirizadas, comparando os meses a partir do início da etapa *Control* (Março) com os dados do ano anterior neste mesmo período.

A figura 22 apresenta a melhoria do processo de corte mostrando a diminuição das horas terceirizadas.

Figura 22 – Comparativo da terceirização de horas entre 2014/2015



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2015.

Dando uma maior sustentabilidade ao projeto, foi repassado os dados ao setor financeiro, e como abordado no item 4.2.4.2, houve um adicional de produção para a corporação de 53 horas mensais, o que acarreta diretamente em um aumento de produção e uma diminuição da necessidade de terceirizar horas de trabalho para atender a demanda apresentada pela empresa.

A figura 22 apresenta o gráfico de validação financeira feita para o projeto de aumento de produção nas máquinas de corte laser utilizando metodologia Seis Sigma.

Figura 23 – Validação Financeira do Projeto

| | | | | | | | | |
|--|---|-----------------------------|-------------------|---|------------------------------|--|----------------|---------------|
| Líder do Projeto: | João Remonti | Validação Financeira | Data: | 25/06/2015 | | | | |
| Champion: | Oldair Cobalchini | | Planta: | Santa Rosa | | | | |
| <hr/> | | | | | | | | |
| PROJETO: | Redução de Custo e Aumento de Produtividade o processo de corte laser | | | | | | | |
| <hr/> | | | | | | | | |
| I - Demonstrativo | | | | | | | | |
| Ganhos anuais: | | | | | | | | |
| <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;"><u>Situação Implementada</u></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Valores em R\$</td> <td style="text-align: right;">R\$ 94.717,54</td> </tr> </table> | | | | | <u>Situação Implementada</u> | | Valores em R\$ | R\$ 94.717,54 |
| <u>Situação Implementada</u> | | | | | | | | |
| Valores em R\$ | R\$ 94.717,54 | | | | | | | |
| <hr/> | | | | | | | | |
| II - Resumo de Ganhos | | | | | | | | |
| | Moeda | Valor | | | | | | |
| Ano Fiscal: | 2015 | R\$ | 94.717,54 | | | | | |
| | | | | Iniciativa AIM (x) Seis Sigma | | | | |
| Categoria do PMA | Moeda | 2015 | | | | | | |
| Overhead Reduction | R\$ | ---- | | | | | | |
| Material Reduction | R\$ | ---- | | | | | | |
| Other Mfg Costs | R\$ | 94.717,54 | | | | | | |
| Warranty Reduction | R\$ | ---- | | | | | | |
| Leases of Equipment | R\$ | ---- | | | | | | |
| | | | Planta | Moeda | | | | |
| | | | Santa Rosa | 2015 | | | | |
| | | | R\$ | Total | | | | |
| | | | 94.717,54 | 94.717,54 | | | | |
| <hr/> | | | | | | | | |
| III - Assinaturas | | | | | | | | |
| Líder do Projeto: _____ | Champion: _____ | | | | | | | |
| AIM: _____ | Gerência: _____ | | | | | | | |
| Financeiro: _____ | Organização: _____ | | | | | | | |
| <hr/> | | | | | | | | |
| Ano Fiscal : | 2015 | 2015 | 2015 | 2015 | 2015 | | | |
| | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | | | |
| Plano | | | | | | | | |
| Apurado | R\$ 22.997,49 | R\$ 20.248,03 | R\$ 21.100,20 | R\$ 5.477,72 | R\$ 24.894,10 | | | |

Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2015.

A evolução gradativa dos valores entre os anos de 2014 e 2015 são consequência das ações implementadas através da metodologia Seis Sigma, baseado no sistema DMAIC, sendo que, desde o início do projeto, as ações foram implementadas com a finalidade de alcançar os objetivos definidos no item 1.2, para a melhoria deste processo.

5. CONCLUSÕES

Ao se deparar com o mundo corporativo em evolução, surge a grande obrigação sentida pelas empresas, onde o aprimoramento de produtos e seus respectivos processos é altamente prioritário para manter a competitividade e as exigências dos clientes e sócios, já que a maximização de resultados e produção nos negócios é de suma importância.

O princípio da minimização dos custos é um conceito básico que caminha ao lado do Pensamento de Manufatura Enxuta, pois a sobrevivência da organização depende da redução de gastos. Isto requer a eliminação completa de tais variações. O pensamento de Manufatura Enxuta não é uma metodologia de solução de problemas, mas sim uma transformação na maneira de administrar os processos.

A iniciativa do Seis Sigma, ligada ao método DMAIC, vem na direção destas expectativas, uma vez que provoca a cultura de melhoria contínua nas empresas que adotaram este processo, gerando altos níveis de excelência operacional, assim com a qualidade garantida em seus produtos.

Com base no exposto, por intermédio do uso da metodologia Seis Sigma, comprovada no capítulo 4, evidencia-se o atendimento ao objetivo geral desta pesquisa de aumentar a produção em máquinas de corte laser. Este processo, de maneira resumida, envolveu a busca de indicadores, divulgação de resultados, implementação de ações corretivas e a apresentação e aprovação pela liderança da empresa, sendo utilizado para o controle desses dados.

Em relação ao atendimento dos objetivos específicos, o item 4.2.4 apresenta o alcance das metas, onde se evidenciou um aumento significativo de produção no corte laser, o que em contrapartida, reduziu a necessidade e a quantidade de horas terceirizadas para atender a produção.

Vale ressaltar que, além dos ganhos no processo, o item 4.2.5 destaca a importância deste projeto em relação aos ganhos financeiros, onde outra vez é demonstrado a relevância do presente TCC para a empresa analisada, que teve, a partir deste projeto Seis Sigma, resultados significativos.

É de suma importância salientar que a fase *Control* deve continuar sendo monitorada, para que qualquer variação possa ser observada e atacada o mais rápido possível, lembrando que não existe um fim para os processos de melhorias, pois todo e qualquer processo e produto pode ser melhorado constantemente.

Por fim, baseado em uma metodologia sólida e passos/fases executados detalhadamente com foco na aplicação de ferramentas da qualidade, realça-se que este projeto e suas informações não são de total e exclusiva propriedade da organização onde foi realizado o estudo, mas pelo contrário, está em disponibilidade para profissionais e estudantes, bem como empresas e organizações que pretendem valer-se de explicações e métodos contidos neste projeto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____. NBR ISO 9001:2008. **Sistema de gestão da qualidade – requisitos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2008.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 9000:2005. **Sistema de gestão da qualidade – fundamentos e vocabulário**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005.

ARIENTE, Marina, CASADEL, Marco A., **Processo de mudança organizacional: estudo de caso do Seis Sigma**. Rev. FAE, Curitiba, v. 8, p. 81-92, junho, 2005.

BARTZ, Aline B., **Aplicação da Metodologia Seis Sigma para Gerenciamento das Ações Corretivas do Sistema de Gestão da Qualidade**. Horizontina, p. 1-97, novembro, 2014.

ECKES, George, **A Revolução Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucros**. 6ª reimp. Rio de Janeiro: Elsevier, 2001.

FARO, Tiago M. C. C. B., **Estudo e Otimização do Corte Laser de Alta Velocidade em Chapa Metálica Fina**. Porto, p. 1-155, junho, 2006.

FIGUEIREDO, Thiago G., **Metodologia Seis Sigma como estratégia para redução de custos: Estudo de caso sobre a redução de consumo de óleo sintético na operação de usinagem**. Minas Gerais, p. 1-48, dezembro, 2006.

MARASH, S. A. **Six Sigma: Business Results Through Innovation**. ASQ's 54th Annual Quality Congress Proceeding, 2000.

MORANDO, Guilherme H. F., **Gestão da qualidade: Seis Sigma na 3M do Brasil**. Convibra, São Paulo, p. 1-15, junho, 2003.

OLIVEIRA, O.J. et. al., **Gestão da qualidade: tópicos avançados**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

PANDE, Peter S., NEUMAN, Robert P. e CAVANAGH, Ronald R., **Estratégia Seis Sigma: como a GE, a Motorola e outras grande empresa estão aguçando seu desempenho**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PYZDEK, Thomas. **Uma Ferramenta em busca do defeito Zero**. HSM Management, p. 63-75, junho, 2003.

SCATOLIN, André C., **Aplicação da Metodologia Seis Sigma na Redução das Perdas de um Processo de Manufatura**. Campinas, p. 1-155, setembro, 2005.

SILVA, Maria E. R., **Instalação, Teste e Lançamento em Exploração de Equipamento de Corte por Laser**. Porto, p. 1-90, julho, 2008.

TURRIONI, João, MELLO Carlos. Pesquisa-ação. In: Miguel, P.A.C. et al., **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 145-150, março, 2010.

WERKEMA, M. C. C. **Criando a Cultura Seis Sigma**. Nova Lima: Werkema, 2004.

APÊNDICES

APÊNDICE B – SIPOC do Projeto



APÊNDICE C – *Brainstorming* do Projeto

| <i>Brainstorming</i> | |
|----------------------|--|
| 1 | Falta de mesas e cavaletes. |
| 2 | Demora para retirar as peças da laser. |
| 3 | Necessidades pessoais do operador |
| 4 | Caixas de sucatas dentro da barreira fazendo com que na hora da retirada pare a máquina. |
| 5 | Pessoas atravessam a barreira atrapalhando a troca de mesas. |
| 6 | Troca de lente. |
| 7 | Falta de ar comprimido. |
| 8 | Máquina com problema na regulagem de potência. |
| 9 | Manutenção de terceiros (Trumpf) . |
| 10 | Aquecimento das máquinas. |
| 11 | Falta de ajudante para descarregar peças. |
| 12 | Falta de comunicação entre turnos. |
| 13 | Má qualidade de MP. |
| 14 | Máquinas antigas com poucos recursos para entrada de corte, não tem como memorizar onde parou o corte. |
| 15 | Queda de energia. |
| 16 | Proatividade para a análise da MP e aumentar a velocidade. |
| 17 | Falta de transpaleteira |
| 18 | Tem poucas pessoas abilitadas a noite para operar paleteira contratar e logo treinar operadores. |
| 19 | Problemas no sistema DCNC. |
| 20 | Fazer manutenção preventiva em horários de serviço. |
| 21 | Falta dados da capacidade de produção. |
| 22 | Falta de materiais para ajustes nas máquinas |
| 23 | Retrabalho de peças nas máquinas |
| 24 | Falta de tempo para analisar melhorias na programação (aproveitamento, cortes comuns e micro juntas). |
| 25 | Falta suporte da manutenção a noite. |
| 26 | Demora para a troca de gás. |
| 27 | Demora para o abastecimento das chapas (alimentador). |
| 28 | Troca de cabeçote para atender cobranças (problema cabeçote 3200). |
| 29 | Uso de recortes na chapa. |
| 30 | Falta treinamento para os operadores. |
| 31 | Pouco conhecimento das alternativas de corte que visam melhor programação e aumento de eficiência. |
| 32 | Operador deixa máquina parada para trocar o bico. |
| 33 | Limpeza de máquina |
| 34 | Dificuldade e a demora para fazer a análise do check list. |
| 35 | Ligar e desligar máquina. |

APÊNDICE D – 5W1H

| | CAUSA | O QUÊ ? | QUEM? | QUANDO? | ONDE? | COMO? | PORQUÊ? | Status |
|---|--|--|--------------|------------|----------------------------|--|---|-----------|
| 1 | Ligar a máquina | Deslocamento de horários alternativos para os operadores. | João Remonti | 10/01/2015 | LCNC10;20;30;40;50; ME0538 | Deslocar um horário de um funcionário para as 07:00 da manhã, assim essa pessoa deixa todas as máquinas ligadas e retira o pó. | Através desta melhoria estaremos ganhando uma hora a mais por dia de produção. | Concluído |
| 2 | Luvas e aventais estão longe da máquina. | Deixar pronto nas máquinas as luvas e aventais de cada operador. | Davi | 10/01/2015 | LCNC10;20;30;40;50; ME0538 | Será designado um local na máquina onde será deixado as luvas e aventais para cada operador e será deixado um responsável para abastecer quando necessário. | Hoje estamos indo buscar as luvas e aventais antes de ligar a máquina e isso acaba aumentando o tempo para se começar a trabalhar. | Concluído |
| 3 | Limpeza de máquina | Fazer limpeza em horário do intervalo. | Davi | 10/01/2015 | LCNC10;20;30;40;50; ME0538 | Estaremos enviando duas pessoas almoçar antes do horário normal de almoço do setor sem parar a máquina e na volta os dois vão limpar internamente as máquinas. | Porque teremos um ganho de 8 horas a mais de produção a cada 5 dias. | Concluído |
| 4 | Limpeza de máquina | Fazer limpeza em horários alternativos | João Remonti | 10/01/2015 | LCNC10;20;30;40;50; ME0538 | Estaremos utilizando esta ação quando não será possível fazer as limpezas nos horários de almoço. | Pode acontecer que vamos precisar do horário de almoço para corte e por este motivo vamos ter a possibilidade de fazer em outros horários onde teremos ganhos iguais. | Concluído |

