

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Diego Ferreira da Silva Ribeiro

**USO DO SEIS SIGMA PARA REDUÇÃO DO ÍNDICE DE
REFUGO NO PROCESSO DE TRATAMENTO TÉRMICO**

Taubaté – SP

2016

Diego Ferreira da Silva Ribeiro

**USO DO SEIS SIGMA PARA REDUÇÃO DO ÍNDICE DE
REFUGO NO PROCESSO DE TRATAMENTO TÉRMICO**

Monografia apresentada para obtenção do Certificado de Pós-Graduação e Especialização pelo Curso Engenharia da Qualidade Lean Seis Sigma Green Belt do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade.

Orientador: Prof. Álvaro de Azevedo Cardoso, PhD.

Taubaté – SP

2016

Diego Ferreira da Silva Ribeiro

**USO DO SEIS SIGMA PARA REDUÇÃO DO ÍNDICE DE REFUGO NO
PROCESSO DE TRATAMENTO TÉRMICO**

Monografia apresentada para obtenção do Certificado de Pós-Graduação e Especialização pelo Curso Engenharia da Qualidade Lean Seis Sigma Green Belt do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade.

Data:

Resultado:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Álvaro Azevedo Cardoso, PhD - Universidade de Taubaté

Assinatura_____

Prof. Espec. Juliana de Lima Furtado, Universidade de Taubaté

Assinatura_____

RESUMO

O objetivo desta monografia é a utilização da ferramenta Seis Sigma como método para solução de problemas em um setor de tratamento térmico numa fábrica de transmissões para reduzir o índice de refugo. Antes da aplicação da metodologia DMAIC, eram refugadas por ano uma média de 2139 peças devido a análise metalográfica. Para resolver esse problema foi utilizado a metodologia Seis Sigma DMAIC, devido sua característica de solução de qualquer tipo de problema, onde a solução é desconhecida, e pela possibilidade de ser aplicado em qualquer processo. Na metodologia foram: definido o problema a ser resolvido: alto índice de refugo gerado através das análises metalográficas; e o escopo: colocar um corpo de prova específico devidamente identificado junto com a carga a ser tratada a cada quatro horas para ser realizado a análise metalográfica do processo de tratamento térmico garantindo a qualidade do processo e do lote produzido conforme instrução de trabalho. Após a implementação das melhorias necessárias ao processo, começou a se utilizar peças de refugo não tratadas que contenham os dentes da engrenagem para serem utilizadas como corpos de prova nas análises metalográficas, essa redução foi possível devido a colaboração dos operadores do setor de tratamento térmico e dos times de usinagem por cederem as peças de refugo para ser utilizadas como corpos de prova nas análises metalográficas. Antes da implementação no ano de 2014 o índice de refugo era de 7,1%, durante a implementação os corpos de prova representavam 10% das peças analisadas por mês, desde abril de 2015, após a melhoria ter sido definitivamente implementada no ano de 2015 o índice de refugo anual caiu para 4,8%. Concluindo no ano 2015 foram utilizados 203 corpos de prova, permitindo assim uma redução de 32,39% do refugo anual gerado por análises metalográficas.

Palavras-Chave: Qualidade, Seis Sigma, DMAIC, Ferramentas, Tratamento Térmico.

ABSTRACT

The purpose of this monograph is the use of Six Sigma tool as a method to solve problems in a heat treatment industry in a transmissions factory to reduce the scrap rate. Before applying the DMAIC, were scrapped an average per year 2139 parts due to metallographic analysis. To solve this problem we used the Six Sigma DMAIC, due to its characteristic solution of any problem where the solution is unknown, and the ability to be applied in any process. The methodology were defined the problem to be solved: high scrap rate generated through metallographic analysis; and scope: placing a specific specimen properly identified along with the feedstock to be treated every four hours to complete the metallographic analysis of the heat treatment process ensures process quality and the lot produced as work instruction. After the implementation of the necessary improvements to the process, began using scrap parts untreated containing the gear teeth to be used as specimens in metallographic analysis, this reduction was possible due to cooperation of the operators of the heat treatment industry and the machining times by cede the scrap pieces to be used as specimens in the metallographic analysis. Before the implementation in 2014 the scrap rate was 7.1%, during implementation the samples represented 10% of the parts analyzed per month, since April 2015, after the improvement in 2015 the annual scrap rate fell to 4.8%. Concluding, in 2015 were used 203 specimens, allowing a reduction of 32.39% of annual scrap generated by metallographic analysis.

Keywords: Quality, Six Sigma, DMAIC, Tools, Heat Treatment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Simbologia de Fluxograma.....	18
Figura 2 – Diagrama de Ishikawa.....	20
Figura 3 – Categorias 6M.....	20
Figura 4 – Exemplo de Diagrama de Ishikawa.	22
Figura 5 – Gráfico de Pareto	25
Figura 6 – Plano de Ação 5W2H.....	26
Figura 7 – Histograma e Distribuição Normal.....	27
Figura 8 – Melhoria contínua, baseado no ciclo PDCA.	29
Figura 9 – PDCA para Gerenciamento de Processos	31
Figura 10 – Giro do PDCA.....	31
Figura 11 – O Ciclo PDCA para solução de problemas	34
Figura 12 – Nível Sigma e DPMO	36
Figura 13 – Metodologia DMAIC	36
Figura 14 – Metodologia DMAIC simplificada.....	46
Figura 15 – Fases Metodológicas PDCA e DMAIC	48
Figura 16 – Peças refugadas em 2014 por análise metalográfica.....	60
Figura 17 – Peças refugadas mensalmente em 2014 por análise metalográfica.	60
Figura 18 – Fluxograma simplificado do processo de fabricação da Transmissão. ..	61
Figura 19 – Diagrama de Causa e Efeito para o Efeito Refugo.....	62
Figura 20 – Matriz de Causa e Efeito para possíveis causas Refugo.	63
Figura 21 – Diagrama de Pareto para as causas do resultado Refugo.....	63
Figura 22 – Capabilidade do processo em 2014.....	64
Figura 23 – Peça cortada.	65
Figura 24 – Amostra polida e atacada com reagente químico.	65
Figura 25 – Peças de refugo a serem utilizadas como corpos de prova.	66
Figura 26 – Corpos de prova.....	66
Figura 27 – Capabilidade do processo em 2015.	67
Figura 28 – Peças e corpos de prova analisados no ano de 2015.....	68
Figura 29 – Fluxograma da Instrução de Trabalho atualizada.	69
Figura 30 – Etiqueta de identificação de peças para Análise.....	72

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivo	11
2. REVISÃO	12
2.1 Qualidade	12
2.1.1 Qualidade na Empresa	14
2.2 Ferramentas da Qualidade	14
2.2.1 Brainstorming	16
2.2.2 Fluxograma	17
2.2.3 Diagrama de Causa e Efeito	19
2.2.3.1 Etapas da construção de um Diagrama de Causa e Efeito	21
2.2.4 Folha de Verificação	22
2.2.5 Diagrama de Pareto	23
2.2.6 5W2H	26
2.2.7 Histograma	27
2.2.8 PDCA	28
2.2.8.1 Melhoria Continua	28
2.2.8.2 Ciclo PDCA	30
2.2.8.2.1 <i>Plan</i> – Planejar	32
2.2.8.2.1.1 Identificação do problema	32
2.2.8.2.1.2 Observação do problema	32
2.2.8.2.1.3 Análise do problema	33
2.2.8.2.1.4 Plano de ação	33
2.2.8.2.2 <i>Do</i> - Fazer	33
2.2.8.2.3 <i>Check</i> - Checar	34
2.2.8.2.4 <i>Act</i> – Agir	34
2.3 Seis Sigma	35
2.4 DMAIC	36
2.4.1 Fases do DMAIC	37
2.4.1.1 Define – Definir	37
2.4.1.1.1 Formação da equipe do projeto	38
2.4.1.1.2 Documentação dos processos de negócio do cliente	38

2.4.1.1.3 Briefing do Projeto	38
2.4.1.1.4 Desenhar um mapa SIPOC	38
2.4.1.1.5 Fechamento da fase de definição	39
2.4.1.2 Measure – Medir	39
2.4.1.2.1 Plano para coleta de dados	40
2.4.1.2.2 Coleta de dados	40
2.4.1.2.3 Análise dos dados.....	40
2.4.1.2.4 Análise de modos de falhas e efeitos	41
2.4.1.3 Analyze – Analisar	41
2.4.1.3.1 Análise de Causa Raiz.....	41
2.4.1.3.2 Análise dos Processos.....	42
2.4.1.3.3 Análise de Dados.....	42
2.4.1.3.4 Análise de Recursos	42
2.4.1.3.5 Análise de Comunicação	42
2.4.1.3.6 Conclusão.....	43
2.4.1.4 Improve – Implementar	43
2.4.1.4.1 Levantamento de possíveis soluções	44
2.4.1.4.2 Implantação das soluções	44
2.4.1.4.3 Analisar a Eficiência da Solução.....	44
2.4.1.5 Control - Controlar	44
2.4.1.5.1 Documentar as mudanças	44
2.4.1.5.2 Monitoramento Contínuo	45
2.4.1.5.3 Conclusão do projeto	45
2.4.2 Controle de um projeto DMAIC por meio de softwares.....	46
2.4.2.1 Análise Estatística.....	46
2.4.2.2 Controle de Cronogramas, Ações e Recursos.....	47
2.4.2.3 Coleta de Dados	47
2.4.3 DMAIC e PDCA	47
2.5 Tratamento Térmico.....	48
2.5.1 Fatores de influência nos tratamentos térmicos	49
2.5.1.1 Aquecimento	49
2.5.1.2 Tempo de permanência na temperatura de aquecimento	50
2.5.1.3 Resfriamento.....	50

2.5.2 Classificação dos Tratamentos Térmicos	51
2.5.2.1 Tratamentos Termofísicos	51
2.5.2.1.1 Recozimento	51
2.5.2.1.1.1 Recozimento total ou pleno	52
2.5.2.1.1.2 Recozimento para alívio de tensões ou subcrítico	52
2.5.2.1.1.3 Esferoidização	52
2.5.2.1.2 Normalização	52
2.5.2.1.3 Têmpera	53
2.5.2.1.4 Revenimento	53
2.5.2.2 Tratamentos Termoquímicos	54
2.5.2.2.1 Cementação	54
2.5.2.2.1.1 Carburação	54
2.5.2.2.2 Carbonitretação	55
2.5.3 Metalografia	56
2.5.3.1 Etapas da preparação da amostra	56
2.5.3.2 Microscopia	57
2.5.3.3 Macroscopia	57
2.5.3.4 Metalografia qualitativa	58
3. MÉTODO	59
4. RESULTADOS	60
5. CONCLUSÃO	73
REFERÊNCIAS	74

1. INTRODUÇÃO

A nossa sociedade tem passado por constantes mudanças econômicas, culturais, políticas e sociais. O cenário empresarial tem sido um dos principais afetados por essas transformações. As empresas vêm buscando resultados e diminuição de seus custos, e aumentando cada vez mais o foco na qualidade, produtividade, competitividade e excelência. Esses conceitos estão alterando o enfoque organizacional. A cada dia, as tradicionais abordagens da administração vêm sendo substituídas por outras mais modernas que atendam mais rapidamente as necessidades de mudança. Em consequência, são desenvolvidas diversas ferramentas que auxiliam as empresas a obterem mais informações para a realização de suas mudanças organizacionais. Essas mudanças organizacionais objetivam uma empresa mais ágil e eficaz com processos de trabalhos otimizados. Processos empresariais bem projetados e administrados são diferenciais da empresa, fazendo com que as suas operações sejam enxutas e eficazes, reduzindo os desperdícios e apresentando resultados superiores a de seus concorrentes, e permitem que a empresa possa se adaptar rapidamente e continuamente as mudanças (MATTOS, 2002).

Cada vez mais são requeridas competências funcionais obtidas na aplicação de conhecimentos aliados às técnicas e ferramentas específicas. Convergir o conhecimento e direcioná-lo para o objetivo estratégico é o grande desafio. As novas necessidades empresariais exigem mais e mais dos profissionais e os estimulam na busca de formas para soluções de problemas. As técnicas desenvolvem a busca pela inovação, atuando de forma planejada e sistêmica com processos e pessoas. Na busca as possibilidades são diversas, somando conhecimentos que trazem resultados extremamente positivos para os cenários corporativos. Por isso, é sempre importante entender o cenário, a estratégia adotada e então buscar a melhor ferramenta que venha a colaborar para que a mudança aconteça, de forma clara e efetiva. É importante o profissional de mudança compor nas suas competências o conhecimento de processos e projetos, o coaching, a visão sistêmica e integrada, o planejamento estratégico e a análise de indicadores de resultados. Todas essas características unidas permitirão que ele atue de forma mais abrangente. Ao trabalhar as competências e técnicas de forma unificada, os profissionais de gestão

de mudanças apoiam as necessidades das estruturas organizacionais para que haja sucesso em seus projetos (RAMOS, 2015).

1.1 Objetivo

O objetivo desta monografia é utilizar a metodologia DMAIC para reduzir o índice de refugo gerado através das análises metalográficas no setor de tratamento térmico de uma fábrica de transmissões.

2. REVISÃO

2.1 Qualidade

Ao longo dos anos a qualidade tem desempenhado um papel relevante no que se refere ao aumento da vantagem competitiva para as organizações, uma vez que atrelado ao acréscimo da qualidade, encontra-se o aumento dos níveis de satisfação dos clientes, o aumento da produtividade – gerado pela redução de refugo ou retrabalho – que, por sua vez, resulta em maior lucratividade à organização proporcionando maior participação do mercado. A palavra ou termo qualidade possui extrema diversidade de interpretações dada por vários estudiosos e organizações. Cada um desses procura definir a qualidade de modo coeso, assimilável e, principalmente, aplicável a todos os ramos de atividade e portes empresariais (RAMOS, 2016).

A palavra qualidade deriva do latim *qualitas*. O seu significado nem sempre apresenta uma definição clara e objetiva, possuindo um conceito altamente subjetivo, ligado diretamente à percepção individual das pessoas e influenciado por fatores culturais, modelos mentais e necessidades e expectativas pessoais. Embora o termo qualidade seja normalmente empregado para significar excelência de um produto ou serviço, a qualidade de um produto pode ser olhada por duas ópticas: a do produtor e a do cliente. Do ponto de vista da produção, a qualidade associa-se à concepção e produção de um produto, na busca do atendimento da satisfação das necessidades do cliente e, do ponto de vista do cliente, a qualidade está associada ao valor e à utilidade que ele reconhece no produto (ROTH, 2011).

O que se entende atualmente por qualidade foi definido por várias pessoas ao longo das últimas décadas. A importância dessas pessoas foi enorme, e por isso que hoje são conhecidos como os “Gurus” da qualidade, então, ninguém melhor do que eles para responder essa intrigante pergunta (FREITAS, 2009).

Feigenbaum (1994), “Qualidade é a correção dos problemas e de suas causas ao longo de toda a série de fatores relacionados com marketing, projetos, engenharia, produção e manutenção, que exercem influência sobre a satisfação do usuário”.

Deming (1990), “Qualidade é tudo aquilo que melhora o produto do ponto de vista do cliente”. Deming associa qualidade à impressão do cliente, somente o

cliente é capaz de definir a qualidade de um produto, portanto não é estática. A dificuldade em definir qualidade está na renovação das necessidades futuras do usuário em características mensuráveis, de forma que o produto possa ser projetado e modificado para dar satisfação por um preço que o usuário possa pagar. O conceito de qualidade muda de significado na mesma proporção em que as necessidades dos clientes evoluem.

Juran (1992), “Qualidade é ausência de defeitos, ou seja, quanto menos defeitos, melhor a qualidade”.

Crosby (1986), “Qualidade é a conformidade do produto às suas especificações”, ou seja, é fornecer ao cliente exatamente aquilo que foi prometido.

Crosby (1979), “Qualidade não custa dinheiro, o que custa dinheiro são as coisas desprovidas de qualidade”. Embora não seja um dom, é gratuita e lucrativa. Cada centavo que se deixa de gastar não se repetindo erroneamente alguma coisa, ou usando-se alternativas, torna-se centavo ganho.

Ishikawa (1993), “Qualidade é desenvolver, projetar, produzir e comercializar um produto de qualidade que seja econômico, mais útil e sempre satisfatório para o consumidor”. A qualidade é uma revolução da própria filosofia administrativa, exigindo uma mudança de mentalidade de todos os integrantes da organização, principalmente da alta cúpula.

Campos (1992), “Um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo às necessidades do cliente”.

De acordo com a definição da ABNT NBR ISO 9001:2015, Qualidade é o cumprimento de normas e requisitos do produto e do cliente com o propósito de aumentar a satisfação do cliente.

Conceituado isto, a qualidade deve se estender a todos os membros da organização.

Segundo Ishikawa (1993), os programas da qualidade só podem ser bem sucedidos se todas as pessoas envolvidas assumirem as suas responsabilidades e os líderes da empresa tiverem conhecimento de todos os colaboradores devem obrigatoriamente participar dos grupos de controle de qualidade, algumas pessoas participaram do programa através do dia-a-dia, o desempenho de suas funções.

A Qualidade Total sugere algumas estratégias para a qualidade: buscar a melhoria de processos, pois muitos erros no produto são consequências do

processo utilizado; melhorar a forma de encontrar e corrigir defeitos; identificar a causa dos erros que produziram defeitos (JUNQUEIRA, 2009).

2.1.1 Qualidade na Empresa

A qualidade dentro da organização é orientada a partir da conscientização da necessidade de melhoria, aliados ao conhecimento de métodos e técnicas, que permitam a uma organização aumentar a produtividade, eliminando o desperdício, permitindo a empresa a reduzir os custos e adequar o resultado final às necessidades dos clientes. Quanto mais próximos estiverem os produtos das necessidades dos clientes, mais próximo estará a empresa da qualidade total (WIKIPEDIA / 2, 2016).

O conceito de qualidade pode ser definido de várias maneiras, porém sua aplicação é que vai determinar o sucesso ou não das empresas. Nos últimos anos a palavra qualidade tem sido sinônimo de sucesso ou fracasso para muitas organizações, fruto da capacidade que cada uma tem de interpretar adequadamente o conceito. Dentro de um contexto impulsionador e estimulador de profundas transformações, em nome da qualidade têm-se alterado padrões, expectativas, exigências, comportamentos econômicos e sociais, criando-se e consolidando-se novos paradigmas. E a ampliação dos limites de abordagem tem feito com que a qualidade abandone o conceito relativo ao simples ato de controlar produtos e processos, evoluindo para uma visão sistêmica da gestão da qualidade que abrange toda a organização (WIKIPEDIA / 2, 2016).

A seguir descreve-se algumas ferramentas da qualidade, que podem ajudar a equacionar o problema das empresas.

2.2 Ferramentas da Qualidade

Produzir com qualidade é a imposição do mercado e questão de sobrevivência para a empresa, os clientes atuais exigem produtos com qualidade e preços competitivos. Para ter esta qualidade em seus produtos a empresa precisa de organização e flexibilidade para que se consiga um bom sistema de produção.

Bidoia (2014), ferramentas da qualidade são técnicas utilizadas com a finalidade de definir, mensurar, analisar e propor soluções para problemas que eventualmente são encontrados e interferem no bom desempenho dos processos de trabalho para melhorar a qualidade de projetos, produtos, sistemas e processos.

Algumas ferramentas de gestão da qualidade ajudam a identificar possíveis problemas que venham a ocorrer em um determinado projeto e/ou produto de modo que haja uma ação preventiva para um futuro desvio, ou ainda fornecem uma maneira de analisar a negatividade ou ineficácia de um processo em questão (BIDOIA, 2014).

Outras ferramentas da qualidade são usadas para priorizar ações, e outras apenas servem para listar causas e efeitos dos elementos em um projeto ou processo que possam ter resultados afetados (BIDOIA, 2014).

Existem muitas ferramentas da qualidade utilizadas para implementação e gestão de um sistema da qualidade, dentre as mais importantes podemos citar:

- Brainstorming;
- Fluxograma;
- Diagrama de causa e efeito;
- Diagrama de Pareto;
- Folhas de verificação (Check list);
- 5W2H;
- Histograma;
- PDCA;

Bidoia, (2014), as ferramentas da qualidade devidamente aplicadas, poderão levar a organização a:

- Elevar os níveis de qualidade por meio da solução eficaz de problemas;
- Diminuir os custos, com produtos e processos mais uniformes;
- Executar projetos melhores;
- Melhorar a cooperação em todos os níveis da organização;
- Identificar problemas existentes nos processos, fornecedores e produtos;
- Identificar causas raízes dos problemas e solucioná-los de forma eficaz etc.

É necessário saber para que serve cada ferramenta e como aplicá-la, pois somente assim será possível obter bons resultados.

2.2.1 Brainstorming

O brainstorming é uma dinâmica de grupo criada pelo publicitário Americano Alex Osborn com o objetivo de resolver problemas específicos ou desenvolver novas ideias para um projeto. Ele junta informações posteriores e estimula o pensamento criativo dentro de uma organização ou em atividades informais (MATTOS, 2015).

O brainstorming é uma poderosa ferramenta para geração de muitas idéias sobre um tema pré-definido. Estimula a criatividade e a inovação das pessoas através do envolvimento entre os participantes e gera em cada colaborador a sensação de contribuição para o trabalho ou produto a ser desenvolvido, ou melhoria a ser implementada. Em geral é conduzido por um membro durante uma reunião de geração e discussão de idéias com pessoas que podem ser de diversas áreas e inclusive empresas (RIGONI, 2010).

O brainstorming pode ser conduzido de dois modos:

- Estruturado: A cada rodada cada membro deve dar uma idéia sobre o tema escolhido. Podem ser definidas em função do tempo quantas rodadas serão feitas ou ainda deixar que o brainstorming prossiga até que todos não tenham mais idéias para apresentar. Esse brainstorming tem uma vantagem, evitar que os membros mais comunicativos predominem sobre os mais quietos. Ajuda a ainda a impedir a inibição de opiniões em reuniões onde pessoas de diferentes níveis hierárquicos de uma organização participem.

- Não estruturado: É menos metódico e mais dinâmico. Todos podem, a qualquer momento, dar uma opinião, não existe vez como no brainstorming estruturado, o que cria uma atmosfera mais relaxada, porém existe o risco da dominação pelos participantes mais extrovertidos. O ideal é quando as pessoas do grupo são todas comunicativas e pouco tímidas.

De acordo com Mattos (2015), regras básicas para um bom Brainstorming:

- Mantenha o foco: o ambiente preparado para sua tempestade mental não é lugar para focar sobre os acontecimentos da empresa. Todos estão ali para gerar novas soluções, então, não fique de conversinha mole, vá direito ao ponto. E isso vale para todos os membros da reunião.

- Não critique as ideias: sejam elas as suas ou a dos seus colegas, é importante não criticar pensamentos, por mais comum e irresistível que isso seja.

- Anote as ideias sem parar: Não é hora de se expressar ainda, isso vai ocorrer no final, então apenas eleja alguém para tomar nota e o instrua para fazer isso constantemente. Aqui você vai querer preencher a folha o mais rápido possível, não importa se você achou uma ideia ruim ou não, é hora de botar as cabeças para funcionar. Por isso, quem tiver escrevendo não pode dar opinião.

- Dispare ideias em sequencia: especialistas afirmaram e comprovaram que um pensamento precisa sair da frente para vir o outro, ou seja, um desbloqueia o outro, criando uma série saudável.

- Não se prenda a primeira ideia: Esse mandamento tem muito a ver com o anterior, pois é importantíssimo manter o pensamento fluindo. Quando a próxima concepção desbloquear a primeira e o ciclo for estabelecido, outras opções mais adequadas vão certamente surgir. Isso não é apenas convenção, é verdade, digo por experiência própria. Quase sempre a primeira ideia é ruim, e ninguém vai escapar disso.

- Não insista na sua ideia, ela não é soberana: não existe coisa mais chata numa assembléia de brainstorming do que aquele sujeito que não desapega da sua abstração. Fazendo isso você não só atrapalha os outros como também o resultado final.

- Tenha poder de síntese: A última dica, ou regra, não é menos importante do que todas as outras e nem as exclui. É essencial que você, ao comunicar sua idealização, não se estenda e tente explica-la. Esse não é o momento para isso, é apenas para soltar e colocar na mesa, ou melhor, no papel. Falou, calou, simples assim.

2.2.2 Fluxograma

Fluxogramas são gráficos descritivos e dinâmicos que descrevem analiticamente as tarefas ou operações executadas, seja por órgãos ou por ocupantes de cargos. Indicam a sequência do processo envolvido, as unidades envolvidas e os responsáveis pela execução, permitindo a visualização de eventuais atividades desnecessárias, que poderão se abreviadas, canceladas ou distribuídas em outras atividades relevantes (CHIAVENATO, 2001).

O fluxograma utiliza símbolos facilmente reconhecíveis para representar cada etapa do processo. O fluxograma pode ser aplicado em qualquer caso, como por exemplo: percurso de documentos, fluxo de matérias-primas, etc (JUNQUEIRA, 2009).

Antes de entender como construir um fluxograma é necessário conhecer os símbolos envolvidos e seus significados, conforme apresentado na Figura 01.

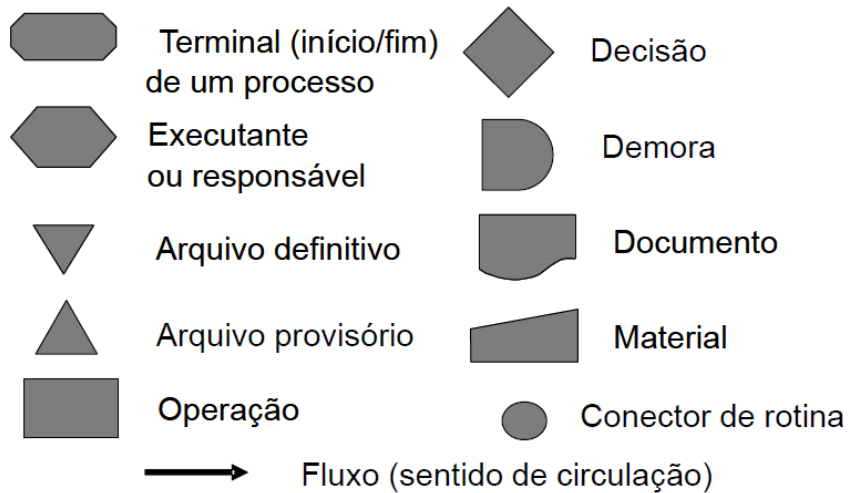


Figura 1 – Simbologia de Fluxograma - Fonte: Menezes (2013, p.29).

Segundo Menezes (2013), os passos para a construção de um fluxograma são:

1) Determinar os limites ou fronteiras do processo. Definir claramente onde o processo em análise começa (entrada) e termina (saída). Os membros da equipe devem concordar sobre o nível de detalhamento a ser utilizado;

2) Determinar as etapas do processo. Elabore uma lista (brainstorming) com as principais atividades, entradas, saídas e decisões em um flipchart do início até o final do processo;

3) Colocar as etapas em seqüência. Coloque as etapas na ordem em que elas são realizadas;

4) Desenhar o fluxograma usando os símbolos apropriados;

Seja consistente com o nível de detalhe demonstrado

- Um macro-fluxo irá mostrar as atividades chaves e não caixas de decisões;

- Um nível intermediário irá apresentar ações e pontos de decisões;

- Um micro-fluxograma irá mostrar detalhes minuciosos.

Nomeie cada etapa do processo com palavras que sejam entendidas pelos usuários.

Desenhe as setas para mostrar a direção do fluxo das etapas dos processos. Para facilitar o entendimento do fluxograma, você pode desenhar todas as setas de decisão “sim” para baixo e “não” para o lado.

Não se esqueça de identificar o seu trabalho.

5) Revisar o fluxograma:

Os símbolos foram utilizados corretamente?

As etapas do processo (entradas, saídas, ações, decisões, esperas / atrasos) foram claramente identificadas?

Verifique que cada laço de feedback esteja fechado, isto é, cada passo leva a frente ou de volta para outro passo.

Verifique se todo o ponto de quebra tem o seu correspondente ponto de continuidade no fluxograma na mesma ou em outra página.

Usualmente só existe uma seta de saída de uma caixa de atividades. Se existir mais de uma seta de saída, você pode precisar de um losango de decisão;

Valide o fluxograma com pessoas que não pertençam a equipe e pelos que operam o processo. Traga e discuta com a equipe as recomendações e incorpore no fluxograma final.

6) Analisar o fluxograma:

O processo está operando como deveria?

As pessoas seguem o processo conforme o fluxograma?

Existem complexidades ou redundâncias que podem ser reduzidas ou eliminadas?

O quanto diferente o processo atual é diferente do ideal? Desenhe o fluxograma ideal. Compare os dois (atual versus ideal) para identificar discrepâncias e oportunidades para melhorias.

2.2.3 Diagrama de Causa e Efeito

O Diagrama de Causa e Efeito, também conhecido como Diagrama Espinha de Peixe e Diagrama de Ishikawa, foi desenvolvido por Kaoru Ishikawa na década

de 60, para representar a relação entre o "efeito" e todas as possíveis "causas" que podem estar contribuindo para este efeito.

Menezes (2013), o diagrama recebe o nome de espinha de peixe pelo seu formato. Sua estrutura consiste em ordenar as causas iniciais para os seus efeitos finais, ou seja, os problemas são colocados do lado direito do gráfico (onde seria a cabeça do peixe) e suas causas do lado esquerdo, conforme Figura 02. A principal utilidade do diagrama é identificar as causas de um problema.

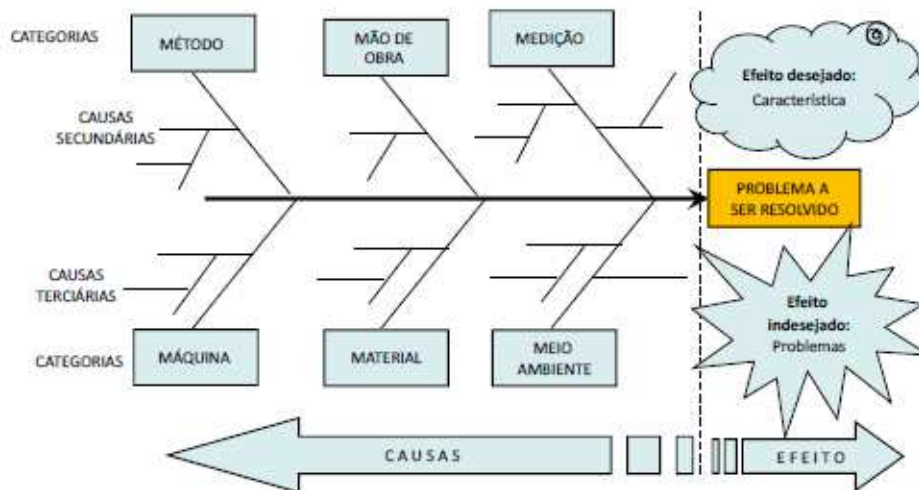


Figura 2 – Diagrama de Ishikawa – Fonte: Menezes (2013, p.38).

Menezes (2013) o diagrama dá uma ideia clara das “causas” prováveis que contribuem para um “efeito”. As categorias de causas mais utilizadas são: método, mão-de-obra, material e máquina, meio ambiente e medições (6M). A explicação de cada categoria dos 6M's podem ser verificadas na Figura 03.

MÉTODO	Procedimentos, métodos, maneiras de executar cada trabalho
MÃO DE OBRA	Conhecimentos e habilidades necessárias para o bom desempenho das pessoas
MATERIAIS	Tipo de materiais e disponibilidades para utilização no processo
MÁQUINA	Condições e capacidade das instalações e recursos físicos
MEIO AMBIENTE	Condições de fatores relacionados ao ambiente de negócio
MEDIÇÃO	Referentes à medições (medidas)

Figura 3 – Categorias 6M – Fonte: Menezes (2013, p.38).

Menezes (2013), dentre as aplicações do diagrama de Ishikawa pode-se destacar:

- Capacitar a equipe para focar sobre o conteúdo do problema;
- Construir um conhecimento coletivo e consenso da equipe sobre o problema, formando uma base para os esforços de melhoria;
- Focalizar as ações da equipe sobre as causas e não sobre os sintomas.

2.2.3.1 Etapas da construção de um Diagrama de Causa e Efeito

Menezes (2013), o diagrama de causa e efeito é feito em quatro etapas:

- Definição do problema: iniciar o processo estabelecendo de comum acordo com os integrantes do grupo de trabalho, estabelecer uma definição para descrever o problema selecionado em termos claros onde ocorre o problema, quando ocorre e a extensão do problema.

- Pesquisa as causas: a pesquisa das causas para a construção do diagrama de causa e efeito pode ser feita a partir da técnica de *brainstorming*, buscando identificar todas as possíveis causas dos problemas, ou, utilizando a folha de verificação para detectar as causas e examinar as etapas do processo mais de perto.

- Diagrama: representar o diagrama por uma seta horizontal apontada para a direita, ao final da seta, desenhar um retângulo. Colocar o problema já definido dentro do retângulo à direita. Desenhar seis retângulos paralelos a seta principal (três em cima e três embaixo) onde serão escritas as tradicionais categorias de causas principais (meio ambiente, mão-de-obra, método, material, máquina, medida). Estes retângulos são ligados a seta principal também por setas. Nelas são colocadas a causa ou causas que afetam um processo por classificação e relação das causas. Para cada efeito existem seguramente, inúmeras categorias de causas, que podem se desdobrar em subcausas (causa da causa do efeito).

- Interpretação: no sentido de definir as causas básicas do problema, observe as causas que aparecem repetidamente, circundar as causas mais prováveis, com base no consenso e no conhecimento do grupo, coletar os dados dessas causas para verificar sua incidência. Depois de serem analisadas as causas do efeito indesejado, é necessário buscar soluções, uma por uma, destinando sempre uma pessoa que fique responsável pela solução do problema identificado. Quando o

problema for resolvido, a equipe se reúne novamente e cada pessoa deve explicar que atitudes foram tomadas para a resolução do efeito.

A Figura 04 mostra um diagrama de causa e efeito tendo como efeito uma derrota em uma partida esportiva.

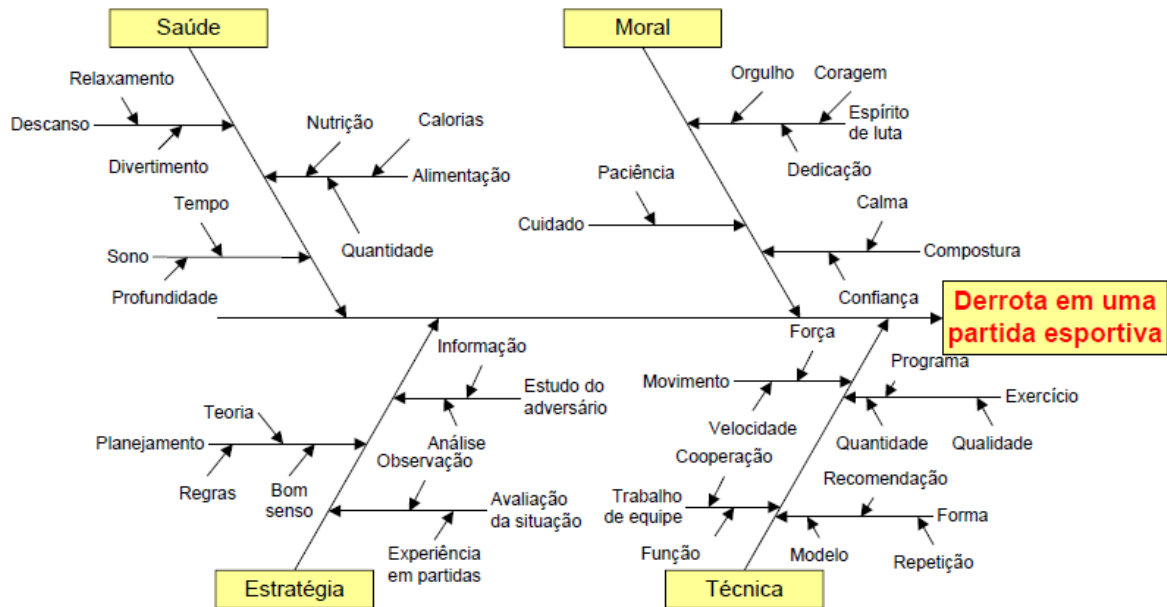


Figura 4 – Exemplo de Diagrama de Ishikawa – Fonte: Menezes (2013, p.40).

Pode-se perceber pelo exemplo do diagrama de Ishikawa que não é necessário utilizar as 6 categorias tradicionais (6M) para construir o diagrama, o diagrama também pode ser feito com menos categorias.

2.2.4 Folha de Verificação

As folhas de verificação ou check list, são tabelas ou planilhas usadas para facilitar a coleta e análise de dados (BIDOIA, 2014).

Considerada a mais simples das ferramentas da qualidade, a folha de verificação apresenta uma maneira de se organizar e apresentar os dados em forma de um quadro, tabela ou planilha, facilitando desta forma a coleta e análise dos dados (MARTINS, 2012).

A utilização da folha de verificação economiza tempo, eliminando o trabalho de se desenhar figuras ou escrever números repetitivos, não comprometendo a análise dos dados.

A padronização e a facilidade na coleta de dados irão garantir uma maior probabilidade de que os dados coletados reflitam os fatos e a realidade do processo em análise, caso contrário todas as ações subsequentes do projeto de melhoria poderão estar fundamentadas sobre dados falsos. É neste documento que são incorporadas as categorias de dados necessárias para a validação das hipóteses sobre a influência de alguns parâmetros. Com a folha de verificação é possível avaliar os itens de controle do processo, os itens de verificação, classificar os dados, localizar defeitos e identificar uma possível relação causa-efeito (desde que o documento seja devidamente construído).

A folha de verificação é o ponto de partida para a análise da solução de problemas. É utilizada sempre que se precisa definir a ferramenta a ser utilizada. Pode ser registro, conferência ou posição.

Registro: a coleta de dados é feita de acordo com o esquema definido de modo a preservar a informação para a análise posterior. É o tipo mais utilizado.

Conferência: é utilizada em situações em que os itens escolhidos exigem um tipo de resposta simples como: sim ou não, dentro ou fora, ligado ou desligado, etc.

Posição: é utilizada para verificar a localização do defeito no produto. Há casos em que a posição dos defeitos é importante para o diagnóstico do problema.

2.2.5 Diagrama de Pareto

O Princípio de Pareto foi criado no séc. XIX por um economista chamado Wilfried Fritz Pareto, que em 1897 executou um estudo sobre a distribuição de renda. Através deste estudo, percebeu-se que a distribuição de riqueza não se dava de maneira uniforme, havendo grande concentração de riqueza (80%) nas mãos de uma pequena parcela da população (20%). Após concluir que este princípio estava válido em muitas áreas da vida cotidiana, estabeleceu o designado método de análise de Pareto, também conhecido como dos 80-20 (20% dos defeitos afetam 80% dos processos). (WIKIPEDIA / 1 / 3, 2016).

O Diagrama de Pareto é um gráfico de barras que ordena as frequências das ocorrências, da maior para a menor, permitindo a priorização dos problemas. Mostra ainda a curva de porcentagens acumuladas. Sua maior utilidade é a de permitir uma

fácil visualização e identificação das causas ou problemas mais importantes, possibilitando a concentração de esforços sobre os mesmos. É utilizado para dados qualitativos (PORTALACTION, 2016).

O termo Gráfico de Pareto ficou conhecido depois que Juran começou a utilizá-lo (GODOY, 2010).

O Diagrama de Pareto foi criado pelo economista italiano Vilfredo Pareto, que realizou estudos e desenvolveu modelos matemáticos para descrever a distribuição desigual das riquezas (distribuição da renda per capita). Através de gráficos, mostrou que a maior renda estava concentrada nas mãos de uma minoria da população. Ele chegou à conclusão de que 20% da população ficavam com 80% da arrecadação, enquanto para os outros 80% da população restavam apenas 20%. Essa assertiva ficou conhecida como Princípio de Pareto ou também como princípio 80-20 (SCHITTLER, 2013).

No ambiente empresarial, este tipo de análise encontra a sua aplicação verificando-se que 80% (ou um percentual alto) dos problemas são causados por 20% (ou um percentual baixo) das causas. Nesta linha, conclui-se que poucas causas são responsáveis pela maioria dos problemas, levando um bom gestor a atacar essas causas prioritariamente, pois assim, resolvem-se grande parte de problemas (GODOY, 2010).

Schittler (2013), passos para construção de um Diagrama de Pareto:

- Realize uma reunião com a equipe envolvida e determine o objetivo do diagrama, ou seja, que tipo de perda você quer investigar;
- Definir o aspecto do tipo de perda, ou seja, como os dados serão classificados, tempo de coleta (dia, semana, mês);
- Em uma tabela, ou folha de verificação, organizar os dados conforme definido na etapa anterior;
- Fazer os cálculos de frequência total e a porcentagem de cada item sobre o total e o acumulado;
- Ordenar os dados do maior para o menor, segundo a ocorrência de cada anomalia.
- Traçar o diagrama e a linha de porcentagem acumulada.

A Figura 05 exemplifica o Diagrama de Pareto.

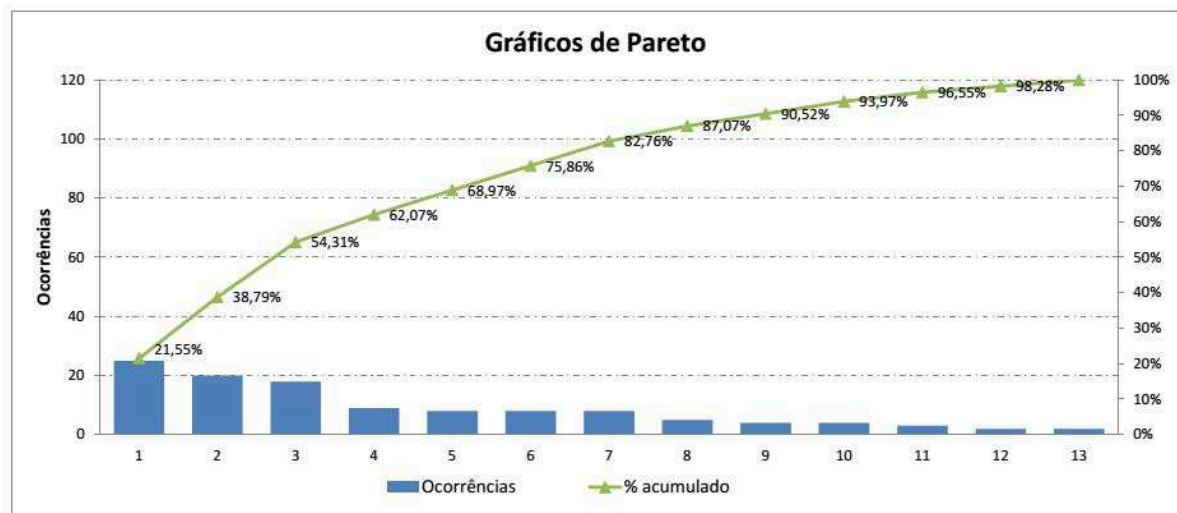


Figura 5 – Gráfico de Pareto – Fonte: Schittler (2013).

De acordo com Schittler (2013), as vantagens da utilização do Pareto:

- A análise de Pareto permite a visualização dos diversos elementos de um problema, ajudando a classificá-los e priorizá-los (Campos, 1992, p. 199);
- Permite a rápida visualização dos 80% mais representativos;
- Facilita o direcionamento de esforços;
- Pode ser usado indefinidamente, possibilitando a introdução de um processo de melhoria contínua na Organização;
- A consciência pelo “Princípio de Pareto” permite ao gerente conseguir ótimos resultados com poucas ações.

De acordo com Schittler (2013), as desvantagens da utilização do Pareto:

- Existe uma tendência em se deixar os “20% triviais” em segundo plano. Isso gera a possibilidade de Qualidade 80% e não 100%;
- Não é uma ferramenta de fácil aplicação: Você pode pensar que sabe, mas na hora de fazer pode mudar de opinião.
- Nem sempre a causa que provoca não conformidade, mas cujo custo de reparo seja pequeno, será aquela a ser priorizada.

Resumindo, a análise do gráfico de Pareto permite a divisão de um problema grande em problemas menores priorizando os projetos mais importantes e viabilizando o estabelecimento de metas, como também, vem a complementar o uso das demais ferramentas já vistas e sempre deve ser usada em conjunto com estas e não isoladamente, para atingir um melhor resultado e direcionar os esforços das equipes na solução dos problemas.

2.2.6 5W2H

É um documento que serve para identificar as ações e as responsabilidades de quem irá executar, através de um questionamento, capaz de orientar as diversas ações que deverão ser implementadas.

(VENKI, 2015) O 5W2H recebe este nome devido as iniciais em inglês para cada uma das etapas que o compõem, que na verdade tratam-se de perguntas pertinentes e fundamentais a qualquer processo empresarial ou plano de ação:

WHAT - O que será feito (etapas);

WHY - Por que deve ser executada a tarefa (justificativa);

WHERE - Onde cada etapa será executada (local);

WHEN - Quando cada uma das tarefas deverá ser executada (tempo);

WHO - Quem realizará as tarefas (responsabilidade);

HOW - Como deverá ser realizado cada tarefa/etapa (método);

HOW MUCH - Quanto vai custar (Cálculo do custo estimado);

(VENKI, 2015) O 5W2H se destaca das demais metodologias de gestão por ser uma ferramenta ao mesmo tempo simples, completa e eficiente, além de ser dinâmica, pois permite ajustes e modificações pontuais mesmo depois que o plano de ação é colocado em prática. O conceito 5W2H pode ser usado por qualquer pessoa, com foco empresarial ou individual.

A Figura 06 apresenta um exemplo de plano de ação elaborado através da ferramenta 5W2H.

Contramedida	Responsável	Prazo	Local	Justificativa	Procedimento	Investimento
O quê? What?	Quem? Who?	Quando? When?	Onde? Where?	Porque? Why?	Como? How?	Quanto? How much?
Reduzir interferência na placa de assinantes	João	Abril/2009	Supervisão	Evitar propagação de radiointerferência	Trocando placa tipo A por placa tipo B	R\$ 100.0
.
.

Figura 6 – Plano de Ação 5W2H – Fonte: Menezes (2013, p.52).

2.2.7 Histograma

O Histograma é um diagrama de barras que representa a distribuição de frequências de uma população. É uma representação gráfica na qual um conjunto de dados é agrupado em classes uniformes, representado por um retângulo cuja base horizontal são as classes e seu intervalo e a altura vertical representa a frequência com que os valores desta classe estão presente no conjunto de dados. Serve para verificar o comportamento de um processo em relação à especificação (MENEZES, 2013).

A Figura 07 apresenta graficamente a definição de um Histograma e a sua relação com a distribuição normal.

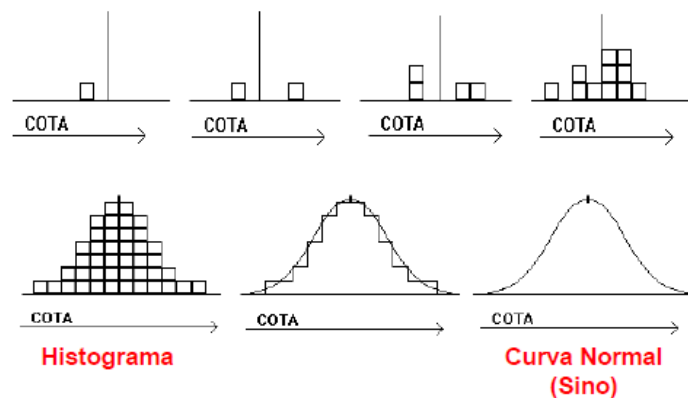


Figura 7 – Histograma e Distribuição Normal – Fonte: Menezes (2013, p.42).

A distribuição normal é uma das mais importantes distribuições da estatística, conhecida também como Distribuição de Gauss ou Gaussiana. Além de descrever uma série de fenômenos físicos e financeiros, possui grande uso na estatística inferencial. É inteiramente descrita por seus parâmetros de média e desvio padrão, ou seja, conhecendo-se estes consegue-se determinar qualquer probabilidade em uma distribuição Normal (MENEZES, 2013).

O Histograma apresenta as seguintes aplicações:

- Apresentar uma grande quantidade de dados que são difíceis de serem interpretados em uma tabela;
- Mostrar a frequência relativa de ocorrência de vários valores de dados;
- Revelar a centralização, dispersão (variação) e forma da distribuição dos dados;
- Ilustrar rapidamente a distribuição do conjunto de dados;

- Fornecer informações para previsão de desempenho futuro dos processos;
- Auxiliar a indicar se ocorreu alguma mudança no processo;
- Auxiliar a responder a questão: “O processo é capaz de atender os requisitos do cliente?”

2.2.8 PDCA

2.2.8.1 Melhoria Contínua

A palavra “melhoria” deriva do latim *meliore*, expressa a transição para melhor estado ou condição, indicando superioridade, supremacia ou benfeitoria. Enquanto a palavra “contínua”, proveniente do latim *continuu*, significa constante, ininterrupto e sempre no mesmo sentido. Desse modo, juntando os termos “melhoria” e “contínua” tem-se uma expressão que designa um estado permanente de mudança positiva. Pode-se dizer, portanto, que melhoria “contínua expressa” a mudança como uma função de melhoria, contínua o seu domínio (HOUAISS e VILLAR, 2001).

A melhoria contínua pode ser descrita como um processo, em toda organização, focado na inovação incremental e contínua. Expressa a busca permanente por melhoramento e está relacionada a capacidade de resolução de problemas por meio de pequenos passos, alta frequência e ciclos curtos de mudança (JUNQUEIRA, 2009).

(MCG, 2016) A norma NBR ISO 9004 bem como a norma NBR ISO 9001:2008 enfatizam que é conveniente para uma organização que ela estabeleça como um dos seus objetivos estratégicos a melhoria contínua de processos de modo a alcançar melhor desempenho e beneficiar a todas as partes interessadas no seu sucesso (acionistas, colaboradores, fornecedores, clientes, etc). Para a condução de um processo de melhoria contínua há pelo menos duas formas:

- Projetos de mudanças radical, de ruptura da forma até então praticada. Esses projetos possibilitam a revisão e melhoria dos processos existentes ou até mesmo a implementação de novos processos ou atividades. Geralmente são projetos de melhoria executados por equipes multifuncionais, além dos limites das operações de rotina. Às vezes leva a uma reengenharia do processo sob análise e ao rompimento de velhos paradigmas e premissas.

- Atividades de melhoria contínua, através de pequenos passos, conduzidas pelas pessoas (gerentes, executores e verificadores).

Melhoria da Contínua é a abordagem sistemática, coordenada e baseada em prioridades relacionadas à melhoria das normas de desempenho da qualidade e à redução dos custos em todas as funções da organização, procurando atingir níveis de desempenho, significativos e mais altos, através da identificação e solução de problemas da qualidade. Concentrando-se no cliente (interno e externo). Os benefícios da melhoria contínua são medidos a partir dos custos evitados, apesar de manter-se a melhoria da qualidade de produtos e serviços entregues aos clientes (MARINS, 2009).

A melhoria contínua necessita do comprometimento e do envolvimento de todos, desde os que integram as equipes de trabalho, até a alta administração, e busca de resultados melhores; também precisa estar alinhada estrategicamente com os objetivos da empresa.

A norma ABNT NBR ISO 9001:2015 item 8.5.1 estabelece que a organização deve continuamente melhorar a eficácia do sistema de gestão de qualidade por meio do uso da política de qualidade, objetivos da qualidade, resultados de auditorias, análise de dados, ações corretivas e preventivas e análise crítica pela direção.

A Figura 08 demonstra a sequencia de atividades que são percorridas de maneira cíclica para melhorar as atividades.

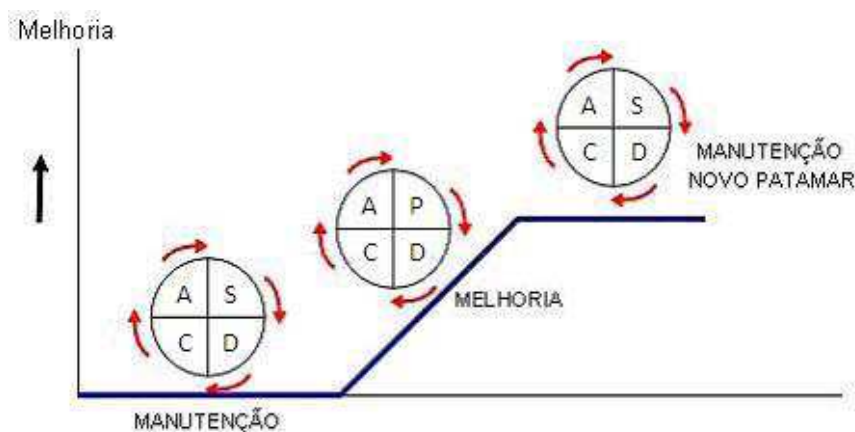


Figura 8 – Melhoria contínua, baseado no ciclo PDCA. Fonte: Campos (1990).

O processo é mantido sob controle por meio do ciclo SDCA (processo com operações padronizadas). Quando acontece algum problema, tudo é feito para fazê-

lo retornar aos parâmetros iniciais (manutenção do processo sob controle). Quando a situação atual não é mais desejada, há necessidade de melhoria. Nesse caso, deve-se usar o ciclo PDCA para estabelecer novos parâmetros, analisando o que precisa ser feito para alcançar a melhoria, atuando na causa, padronizando e estabelecendo novos controles para que o resultado anterior não volte a acontecer. Com isso, elevamos o processo a um novo patamar de desempenho (MARCHINI, 2016).

As melhorias constituem o ciclo do PDCA, Plan, Do, Check, Action, usado para manter e melhorar os padrões de desempenho, sendo composto por quatro fases: planejamento, execução, verificação e atuação corretiva (CAMPOS, 1992).

2.2.8.2 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA, ciclo de Shewhart ou ciclo de Deming, foi uma das primeiras ferramentas de gestão da qualidade (ou ferramentas gerenciais) e permite o controle do processo. Introduzido no Japão após a guerra, idealizado por Walter A. Shewhart, na década de 20, e disseminado por William Edward Deming no mundo todo, a partir da década de 50, o ciclo PDCA passou a ser conhecido como “Ciclo Deming” (DATALYZER, 2007).

O ciclo de Deming tem por princípio tornar mais claros e ágeis os processos envolvidos na execução da gestão, como, por exemplo, na gestão da qualidade, dividindo-a em quatro principais passos.

O PDCA é aplicado principalmente nas normas de sistemas de gestão e deve ser utilizado (pelo menos na teoria) em qualquer empresa de forma a garantir o sucesso nos negócios, independentemente da área ou departamento (vendas, compras, engenharia, etc...).

O ciclo começa pelo planejamento, em seguida a ação ou conjunto de ações planejadas são executadas, checa-se o que foi feito, se estava de acordo com o planejado, constantemente e repetidamente (ciclicamente) e toma-se uma ação para eliminar ou ao menos mitigar defeitos no produto ou na execução.

ABNT NBR ISO 9001:2015 o PDCA pode ser descrito como:

Plan (planejar): estabelecer os objetivos do sistema e seus processos e os recursos necessários para entregar resultados de acordo com os requisitos dos clientes e com as políticas da organização;

Do (fazer): implementar o que foi planejado;

Check (checar): monitorar e (onde aplicável) medir processos e os produtos e serviços resultantes em relação a políticas, objetivos e requisitos, e reportar os resultados;

Act (agir): executar ações para melhorar desempenho, conforme necessário.

A Figura 09 ilustra o ciclo PDCA da forma como é amplamente conhecido.

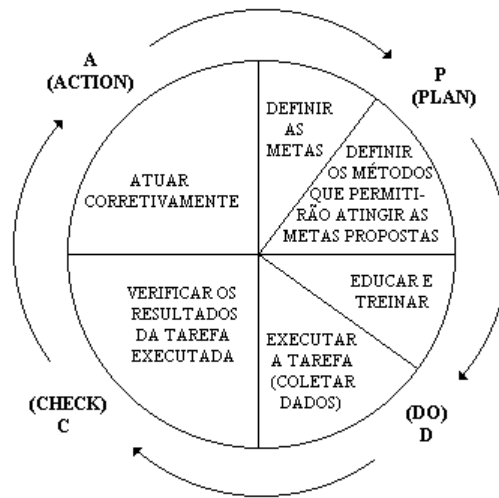


Figura 9 – PDCA para Gerenciamento de Processos - Fonte: Datalyzer (2007).

Note que há uma seta dando uma idéia de rotação, ou seja, o ciclo PDCA é sequencial, sempre que se completa um ciclo considera-se que alguma melhoria no processo aconteceu.

A Figura 10 ilustra o giro do PDCA.

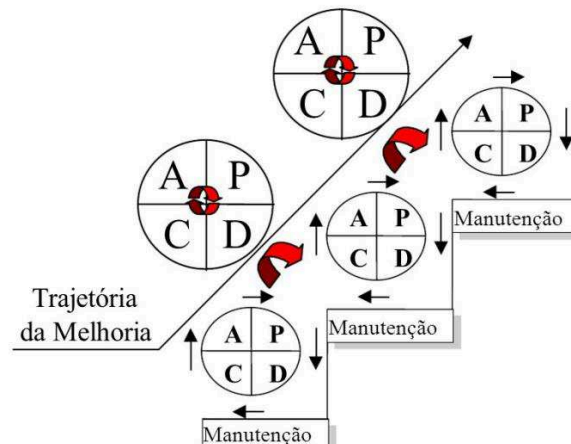


Figura 10 – Giro do PDCA - Fonte: Gratão, B. (2016).

Portanto, toda vez que se “gira o ciclo PDCA”, algum novo problema será descoberto e o processo (Empresa) encontrará um novo nível de excelência.

2.2.8.2.1 Plan – Planejar

Esta é, sem dúvida, uma das principais fases do gerenciamento, antes da execução de qualquer processo as atividades devem ser planejadas, com as definições de onde se quer chegar (meta) e do caminho a seguir (método).

Nesta fase do ciclo PDCA é composto pelos seguintes itens:

- Identificação do problema;
- Observação do problema;
- Análise do problema;
- Plano de ação.

2.2.8.2.1.1 Identificação do problema

Definição clara do problema a ser solucionado.

Nesta etapa de identificação do problema é importante que todos os funcionários da empresa sejam capazes de identificá-lo e não apenas as pessoas ligadas ao setor qualidade.

Para cada problema detectado e analisado, em função de riscos, custos e benefícios para o negócio, pode ser estabelecido um projeto de análise e solução.

2.2.8.2.1.2 Observação do problema

Investigar as características específicas do problema com uma visão ampla e sob vários pontos de vista.

Nesta etapa de observação espera-se que sejam feitas descobertas quanto às características do problema. Neste momento é feita a coleta de dados e, através destes dados e a utilização de gráficos de Pareto, estratifique o problema quanto às características. Quanto mais tempo for gasto nesta etapa, mais fácil será para

resolver o problema no decorrer da aplicação do método. O 5W1H pode ser especialmente útil nesta etapa auxiliando na distribuição de tarefas para a coleta de dados.

2.2.8.2.1.3 Análise do problema

Através do uso de algumas ferramentas da qualidade, tais como o brainstorming, diagrama de causa e efeito entre outros, é possível descobrir as causas fundamentais do problema.

Nesta etapa deve-se chegar à conformação de alguma causa que seja a mais provável.

2.2.8.2.1.4 Plano de ação

Elaborar um plano de ação para bloquear o problema, eliminando suas causas fundamentais.

Nesta etapa são feitas a elaboração da estratégia de ação e do plano de ação para o bloqueio das causas fundamentais do problema que está sendo tratado.

2.2.8.2.2 Do - Fazer

Nesta fase, ocorre a execução de todas as ações do Plano de ação, deve ser feita a divulgação do plano de ação a todas as pessoas relacionadas à área atingida pelo projeto. É importante certificar-se de quais ações necessitam de uma cooperação ativa de todos.

Nesta fase é essencial a capacitação, o treinamento e a educação básica. Assim como o treinamento, o registro dos dados necessários deve fazer parte integrante da tarefa e não ser encarado como um complemento desta.

2.2.8.2.3 Check - Checar

Após a conclusão de todos os itens do plano de ação, nesta fase ocorre a monitoração e avaliação, onde os resultados da execução são comparados com o planejamento (metas e métodos) para, a seguir, registrar os desvios encontrados (problemas).

2.2.8.2.4 Act – Agir

Esta última fase ocorre a definição de soluções para os problemas encontrados com contínuo aperfeiçoamento do processo.

Nesta fase também, é feita uma revisão do processo usado na solução de problema e identifica as dificuldades encontradas.

A Figura 11 mostra todo o giro do PDCA e em como ele é utilizado para controlar o processo, com as funções básicas de planejar, executar, verificar e atuar corretamente. Para cada uma dessas funções, existe uma série de atividades que devem ser realizadas.

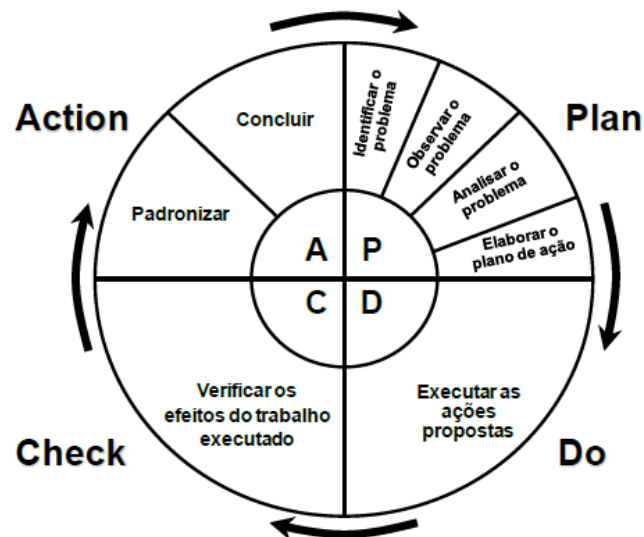


Figura 11 – O Ciclo PDCA para solução de problemas - Fonte: Menezes (2013, p.9).

2.3 Seis Sigma

O Seis Sigma é uma metodologia usada para melhorar processos utilizando análises estatísticas em vez de suposições (DIAS, 2014).

O programa Seis Sigma foi desenvolvido em 1987 por Bill Smith, funcionário da Motorola, para reduzir perdas e ao mesmo tempo aumentar a qualidade e eficiência nas manufaturas. Apoiado pela Six Sigma Academy e Ph.D. Mikel Harry foi estruturada uma metodologia para solução de problemas baseada em 4 passos: Medir, Analisar, Implementar e Controlar.

Para resolução de problemas que utilizou as ferramentas clássicas da qualidade e como inovação trouxe também a estatística avançada para análise, solução e decisão sobre problemas de manufatura.

Após seu sucesso na Motorola, a metodologia Seis Sigma passou a ser aplicada em outras empresas globais, como por exemplo, a GE (General Electric), liderada por Jack Welch (presidente da companhia), o principal nome por trás de sua implementação, que conseguiu por durante 20 anos, lucros anuais na casa de 2 dígitos percentuais.

A aplicação do Seis Sigma na GE foi considerado o caso de maior sucesso do uso desta ferramenta numa empresa de nível mundial. Ela foi aplicada sistematicamente em todos os processos da organização, desde o projeto até a fabricação. Quando a GE implementou o Seis Sigma, esta metodologia foi melhorada com a inclusão da fase Definir.

Diferentemente do que se pensa, o Seis Sigma é uma metodologia para a melhoria de todos e qualquer processo, possuindo a finalidade de aprimorar a qualidade, aumentar a produtividade e reduzir os custos organizacionais. No geral, ele visa promover mudanças significativas nas empresas, buscando a melhoria dos produtos, processos e serviços que são oferecidos aos clientes, ou seja, é uma união entre: a satisfação do cliente, a redução dos defeitos e o desempenho da empresa (PORTAL ADMINISTRAÇÃO, 2014).

O Seis Sigma que tem como principal característica a condução de projetos sem investimentos alinhados aos objetivos e estratégias da organização com forte vínculo ao retorno financeiro (COSTA, 2016).

Um dos princípios por trás do Seis Sigma é que a variação em um processo cria desperdícios e erros; assim, se eliminarmos as variações, os processos serão

mais eficientes. O termo sigma se refere a uma escala de medida de qualidade em processos, e quando se usa essa escala em particular, o seis sigma equivale a apenas 3,4 DPMO (defeitos por milhão de oportunidades) (DIAS, 2014).

A Figura 12 mostra a relação entre os níveis sigma e os defeitos por milhão de oportunidades.

Sigma Level	Defects per million	Defects percentage
1	691,462	69%
2	308,538	31%
3	66,807	6.7%
4	6,210	0.62%
5	233	0.023%
6	3.4	0.00034%
7	0.019	0.0000019%

Figura 12 – Nível Sigma e DPMO - Fonte: Dias (2014).

O objetivo fundamental da metodologia é a implementação de uma estratégia baseada em medições focadas na melhoria de processos e redução de variação através da aplicação do método DMAIC (DIAS, 2014).

2.4 DMAIC

O DMAIC é um método que faz parte do conjunto de práticas dos Seis Sigmas e tem como meta melhorar um processo existente na empresa. Um projeto DMAIC é efetivo para o aumento da produtividade, redução de custos, melhoria em processos administrativos e outros afins.

A Figura 13 ilustra o acrônimo do DMAIC, sua tradução do inglês significa: Definir (Define), Medir (Measure), Analisar (Analyze), Melhorar (Improve) e Controlar (Control).



Figura 13 – Metodologia DMAIC - Fonte: Dias (2014).

O DMAIC também estabelece a definição dos objetivos de melhorias dos processos de acordo com as demandas dos clientes e o plano estratégico da companhia, para que isso ocorra, os dados são coletados, verificados e comparados com as metas pré-estabelecidas. Posteriormente é feita as melhorias e correções nos processos visando o melhor desempenho.

2.4.1 Fases do DMAIC

A seguir serão definidas as fases da metodologia DMAIC.

2.4.1.1 Define – Definir

A fase “Definir” (Define) é a primeira fase da metodologia DMAIC.

A fase Definir no processo DMAIC foca na seleção de projetos de alto impacto e na compreensão de quais métricas irão refletir o sucesso do projeto. Nesta etapa do DMAIC são definidos os problemas (ou oportunidades de melhoria como alguns preferem denominar) vinculados aos processos. Aqui são definidas as metas e o escopo do projeto com clareza (SILVEIRA, 2013).

É muito importante levantar os problemas de forma quantitativa. A utilização de KPI (em inglês, Key Performance Indicators, ou Indicadores de Performance na tradução) será utilizada em todo processo do DMAIC. Sendo assim, na definição, é preciso definir quais são os problemas do processo a serem estudados, entender seu propósito e o que é esperado dele informando também qual a melhoria de KPI é esperada (SILVEIRA, 2013).

As metas quantitativas devem estar relacionadas com a solução do problema e geralmente recebe uma atribuição em porcentagem (Ex.: 3 % no aumento da produção) e um tempo determinado (Ex.: 3 meses) (SILVEIRA, 2013).

De acordo com Silveira, (2013), a fase de Definir é dividida em 5 etapas:

- 1- Formação da equipe do projeto;
- 2- Documentação dos processos de negócio do cliente;
- 3- Briefing do projeto;
- 4- Desenho de um mapa SIPOC;
- 5- Finalização da fase de definição;

2.4.1.1.1 Formação da equipe do projeto

É interessante formar equipes multidisciplinares compostas por pessoas que pertencem à áreas diferentes ou mesmo fazem parte de diferentes partes do processo. Desta forma, o grupo pode oferecer diferentes perspectivas diante de um mesmo problema (SILVEIRA, 2013).

É válido também a contratação de consultorias especializadas, uma vez que estas poderão ter maior imparcialidade no levantamento de problemas e ainda terão um olhar menos “viciado” sobre o processo (SILVEIRA, 2013).

2.4.1.1.2 Documentação dos processos de negócio do cliente

O “cliente” é o objeto envolvido no projeto, pode ser um cliente interno (departamento da empresa) ou um cliente externo (fornecedores ou o cliente final). É importante na documentação especificar qual o tipo de cliente está sendo tratado e quais são suas necessidades (SILVEIRA, 2013).

2.4.1.1.3 Briefing do Projeto

O Briefing é o documento que identifica o projeto. Nele será apresentado quais são as problemáticas, justificativas, orçamentos, prazos e objetivos do projeto. Também estará especificado neste documento a equipe que estará envolvida no projeto (SILVEIRA, 2013).

O briefing norteará as ações e decisões que serão tomadas no projeto (SILVEIRA, 2013).

2.4.1.1.4 Desenhar um mapa SIPOC

“SIPOC” (Supplier, Input, Process, Output, Customer) é um mapa de alto nível do processo relacionado ao problema em análise. Esta ferramenta permitirá ver todas as inter-relações dentro do processo e será utilizada posteriormente no projeto

para mostrar os processos que estão sendo alterados e melhorados (SILVEIRA, 2013).

2.4.1.1.5 Fechamento da fase de definição

Ao final, a equipe do projeto terá documentado os clientes envolvidos, o que eles precisam, quais as restrições do projeto e os desafios que serão enfrentados. Deve-se então elaborar uma carta do projeto, contendo todas as informações resumidamente para que esta possa ser revista e atualizada com a equipe de liderança (SILVEIRA, 2013).

Seja cauteloso no levantamento das informações. É importante frisar que é preciso ser meticuloso no levantamento das informações que abrange desde o desenvolvimento do Briefing do Projeto até o desenho do SIPOC. Isto é importante para evitar surpresas no final e conseqüentemente atrasos e problemas no projeto (SILVEIRA, 2013).

2.4.1.2 Measure – Medir

A fase “Medir” (Measure) é a segunda fase da metodologia DMAIC.

A medição trata da documentação do processo atual, validando como ele é medido e estabelecendo uma linha base com relação a performance. Algumas ferramentas importantes neste processo são os gráficos de tendência, pareto, fluxogramas e ferramentas de medição de capacidade do processo. Enquanto que na definição foram estabelecidos os KPIs do projeto, nesta fase do DMAIC, serão analisadas as metas e as variáveis que implicam nos resultados esperados.

De acordo com Silveira (2013), a fase Medir pode ser dividida em 4 etapas:

- 1- Plano para coleta de dados;
- 2- Coleta de dados;
- 3- Análise dos dados;
- 4- Análise de modos de falhas e efeitos.

2.4.1.2.1 Plano para coleta de dados

Devido a grande quantidade de dados que podem ser coletados durante os processos, torna-se necessário fazer um plano para a coleta de dados. No plano é preciso identificar as fontes de entrada, o processo e as saídas. Basicamente, tem-se que as saídas são influenciadas pelas entradas e portanto, como é desejado que a saída seja modificada, deve-se atuar nas entradas. Neste sentido, é fundamental medir as entradas. Lembre-se que para controlar, primeiramente é preciso medir (SILVEIRA, 2013).

Segundo Silveira (2013), as medidas de eficiência mais comumente utilizadas são:

- Tempo do processo;
- Taxa de defeito;
- Taxa de rejeição;
- Custo de produção.

O plano visa também a coleta de dados em diferentes períodos do dia. Isto pode ser necessário para que haja uma boa medição (SILVEIRA, 2013).

2.4.1.2.2 Coleta de dados

Na coleta dos dados há uma maior aproximação do processo. Este é um momento em que a equipe envolvida no projeto pode entender com maior profundidade o processo. É muito importante que a coleta de dados seja confiável e que as informações reflitam o que de fato ocorre, pois é utilizando esta base de dados que os próximos passos serão desenvolvidos (SILVEIRA, 2013).

2.4.1.2.3 Análise dos dados

Todas as entradas devem ser levantadas com base em uma análise do processo. Uma vez definidas as entradas que impactam diretamente nas saídas, é preciso priorizar (SILVEIRA, 2013).

2.4.1.2.4 Análise de modos de falhas e efeitos

A análise FMEA (Failure Modes, Effects Analysis) tem como objetivo identificar potenciais modos de falha de um produto ou processo de forma a avaliar o risco associado a estes modos de falhas, para que sejam classificados em termos de importância e então receber ações corretivas, com o intuito de diminuir a incidência de falhas (SILVEIRA, 2013).

2.4.1.3 Analyze – Analisar

A fase “Analisar” (Analyze) é a terceira fase da metodologia DMAIC.

Na fase de medição, foram levantadas as principais entradas do processo e as causas e efeitos. Nesta fase são realizados cruzamentos estatísticos para determinar se há relações de causas e efeitos (SILVEIRA, 2013).

Segundo Silveira (2013), a fase Analisar pode ser dividida em 5 etapas de análise:

- 1- Análise de Causa raiz
- 2- Análise de Processo
- 3- Análise de Dados
- 4- Análise de Recurso
- 5- Análise de Comunicação
- 6- Conclusão

2.4.1.3.1 Análise de Causa Raiz

Esta análise visa identificar as origens dos defeitos. Para isso, geralmente é realizado um Brainstorm sobre as possíveis causas e posteriormente é efetuada uma redução de hipóteses através de rodadas de discussão. Para encerrar esta fase, é efetuado testes para apurar se as causas levantadas são verdadeiras (SILVEIRA, 2013).

2.4.1.3.2 Análise dos Processos

Nesta fase os processos são analisados procurando estabelecer e até comparar a eficiência de diferentes processos. Para isso, um mapa detalhado do processo é criado e a análise neste mapa deve ser feita de forma a visualizar onde é possível aplicar melhorias. Há uma sobreposição de função na análise de causa raiz e na análise de processo. Todavia, geralmente a análise de causa raiz é focada nas origens dos problemas e a análise dos processos está focada em encontrar problemas no fluxo de produção (SILVEIRA, 2013).

2.4.1.3.3 Análise de Dados

Esta é uma fase de análise, validação e verificação de padrões dos dados. A validação dos dados é necessária para verificar se ocorreu algum erro na coleta dos dados e horários, locais e métodos de coletas são repassados. A verificação de padrões nos dados é realizada para levantar a existência de correlações estatísticas entres os processos (SILVEIRA, 2013).

2.4.1.3.4 Análise de Recursos

Para um fluxo produtivo consistente é necessário recursos, desde a matéria-prima do fornecedor até o número de racks e empilhadeiras existentes na infraestrutura. A análise de recursos tem como objetivo levantar quais componentes faltam no processo para viabilizá-lo (SILVEIRA, 2013).

2.4.1.3.5 Análise de Comunicação

A análise da comunicação tem como objetivo levantar falhas e problemas no processo causados por falha na comunicação, seja naquela apresentada ao cliente ou a cadeia de informações gerada dentro do processo (SILVEIRA, 2013).

2.4.1.3.6 Conclusão

É necessário documentar todas as análises efetuadas. Os defeitos levantados devem ser apresentados e uma análise sobre suas consequências relatadas (SILVEIRA, 2013).

2.4.1.4 Improve – Implementar

A fase “Implementar” (Improve – implementar melhoria) é a quarta fase da metodologia DMAIC.

Nesta fase serão aplicadas as melhorias nas causas dos problemas. Para isso, é importante trabalhar próximo das pessoas que estão no desenvolvimento do produto e processos (SILVEIRA, 2013).

De acordo com Silveira (2013), na fase de Melhoria o documento mais importante a ser elaborado pela equipe é o Plano de Ação. Nele devem constar, no mínimo:

- Ação a ser tomada (com base nas fontes de variação identificadas durante a fase de Análise);
- Responsável por cada ação;
- Data prevista de implementação;
- Data de emissão do documento e data de revisão;
- Se possível, um indicador de acompanhamento da ação.

Uma boa recomendação é o uso da ferramenta conhecida como 5W2H.

Segundo Silveira (2013), possivelmente muitas soluções serão apresentadas e algumas serão testadas. As etapas deste processo são:

- 1- Levantamento de possíveis soluções;
- 2- Implantação das soluções;
- 3- Avaliação de eficiência;

2.4.1.4.1 Levantamento de possíveis soluções

Nesta etapa convoca-se a equipe e faz-se com ela uma sessão de Brainstorm, para listar as possíveis soluções. Depois é realizada uma triagem nas soluções mais pertinentes e por final documenta-se o plano de ação (SILVEIRA, 2013).

2.4.1.4.2 Implantação das soluções

Considere envolver e treinar todas as pessoas envolvidas na resolução do problema. Toda a implantação deve ser monitorada para não impactar no cronograma do projeto (SILVEIRA, 2013).

2.4.1.4.3 Analisar a Eficiência da Solução

Utilizar as KPIs levantadas no começo do processo para analisar se o processo está eficiente (SILVEIRA, 2013).

2.4.1.5 Control - Controlar

A fase “Controlar” é a quinta fase da metodologia DMAIC.

De acordo com Silveira (2013), na fase final do DMAIC as melhorias no processo serão avaliadas e deverá ser verificado se as melhorias estão ocorrendo como previstas e se os resultados são contínuos. Esta fase tem vários objetivos, sendo assim, a equipe do projeto deverá:

2.4.1.5.1 Documentar as mudanças

É preciso documentar a mudanças ocorridas. Neste momento é reavaliado todo o mapa de melhorias definido anteriormente e o que antes era proposta, agora

é a implantação real. Devem ser documentados: desde novos procedimentos no uso de máquinas, até mesmo novas programações de manutenção (SILVEIRA, 2013).

2.4.1.5.2 Monitoramento Contínuo

Uma rotina de monitoramento deve ser estabelecida para que o projeto seja acompanhado, para assim garantir que o alcance da meta seja mantido ao longo do tempo. Uma ferramenta que pode ser usada neste momento é o Controle Estatístico de Processo. Com esta ferramenta é possível analisar e acompanhar variações na produção (SILVEIRA, 2013).

É importante mostrar como fazer o monitoramento para todos os envolvidos na operação e posteriormente documentar todo o procedimento e os responsáveis pelo acompanhamento no dia-a-dia (SILVEIRA, 2013).

2.4.1.5.3 Conclusão do projeto

Ao final é necessário apresentar o projeto desenvolvido para o gerente de produção ou para o responsável pelo processo. Este relatório final deve incluir uma análise do próprio processo, identificar se o problema foi corrigido, o custo do projeto e se o cronograma será cumprido (SILVEIRA, 2013).

A Figura 14 apresenta um modelo resumido da metodologia DMAIC.

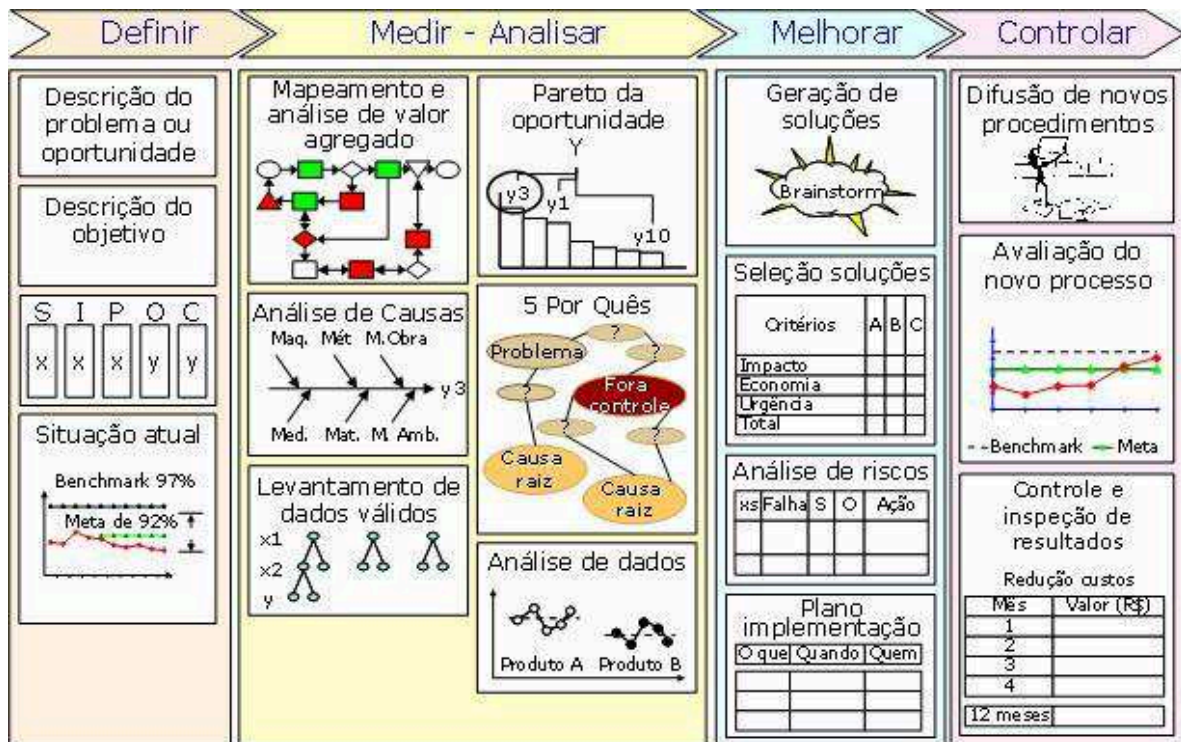


Figura 14 – Metodologia DMAIC simplificada - Fonte: M.I.Domenech (2016).

2.4.2 Controle de um projeto DMAIC por meio de softwares

Segundo Silveira, (2013), existem vários os softwares que podem ser utilizados aplicando o DMAIC. Podemos utilizar desde softwares de documentação, softwares para análise estatísticas, controle de cronograma e coleta de dados. A seguir são descritos alguns deles.

2.4.2.1 Análise Estatística

Para realizar correlações e análises estatísticas, o Minitab é sem dúvida uma das melhores ferramentas. Com ele é possível obter todos os cálculos estatísticos com utilização de funções básica e avançadas (SILVEIRA, 2013).

2.4.2.2 Controle de Cronogramas, Ações e Recursos

Para o acompanhamento do cronograma, o MS-Project da Microsoft é uma excelente ferramenta. Com ele é possível planejar as atividades pertinentes do projeto e controlar as fases do projeto, monitorando desde os prazos e responsáveis quanto os custos envolvidos na execução das ações (SILVEIRA, 2013).

2.4.2.3 Coleta de Dados

A automatização de coleta de dados é um desafio e uma necessidade cada vez mais frequente. Sabemos que a coleta de informações realizada de forma manual pode implicar em erros humanos. Para evitar este tipo de problema, a coleta automática pode ser uma boa alternativa. Um exemplo de automatização de coleta de dados na indústria é a utilização de sensores e equipamentos para coleta de informações de máquina parada, tempo de parada, refugo de produtos, etc. Com isto, softwares de coleta de informações, registro e geração de relatórios tornam-se uma excelente ferramenta e são utilizados mais a cada dia (SILVEIRA, 2013).

2.4.3 DMAIC e PDCA

Os dois métodos se baseiam em métodos científicos e em dados estatísticos, ambos os métodos visam o atendimento ao cliente, os dois estão integrados, de forma lógica, a um conjunto de ferramentas para coleta, processamento e disposição das informações necessárias para a execução de cada fase dos métodos. A metodologia básica do Seis Sigma, é derivada do ciclo PDCA, é uma série de processos sistemáticos caracterizados pelo acrônimo DMAIC. Como no ciclo PDCA, o DMAIC também é caracterizado pela aplicação contínua ao final de cada etapa segue-se para a próxima ao final do ciclo dá-se início a um novo ciclo.

O DMAIC é estreitamente ligado ao Seis Sigma e as possibilidades de utilização deste método como elemento motivador de sucesso são relativamente grandes. Além disso, este método possui uma acentuada ênfase na observação das características críticas para o cliente e na medição destas características. Estes

aspectos que não eram observados com igual intensidade na utilização do PDCA. Mas a grande diferença entre PDCA e DMAIC, é que este dá muita ênfase a fase de planejamento do projeto, as etapas do DMAIC – definir, medir e analisar englobam apenas a etapa planejar do PDCA, conforme a Figura 15.

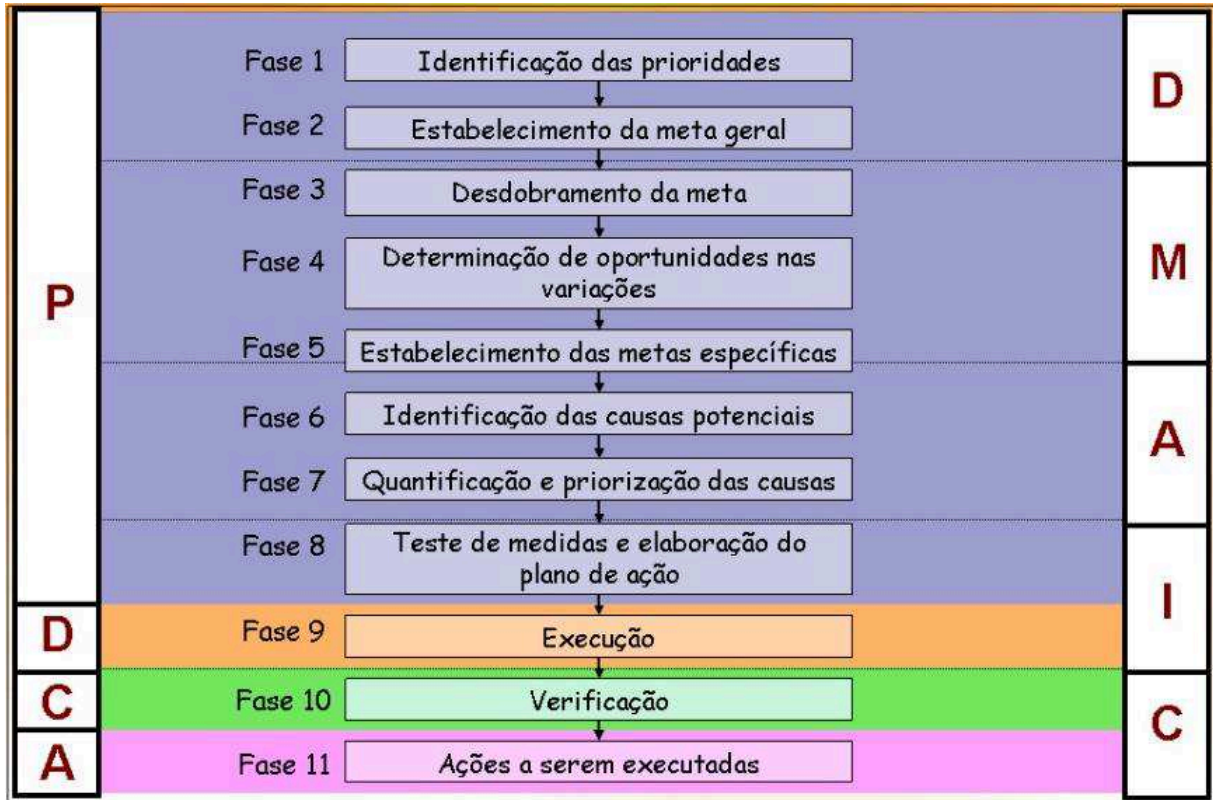


Figura 15 – Fases Metodológicas PDCA e DMAIC - Fonte: Junqueira (2009).

2.5 Tratamento Térmico

O tratamento térmico é um termo dado a qualquer tecnologia de tratamento de resíduos que envolvem altas temperaturas durante o processamento dos resíduos, sendo que na maior parte dos processos, não ocorre a combustão do resíduo (WIKIPÉDIA / 10, 2016).

De acordo com a norma ABNT NBR ISO 8653:1998, tratamento térmico é uma operação ou conjunto de operações realizadas no estado sólido compreendendo o aquecimento, a permanência em determinadas temperaturas e resfriamento, realizados com a finalidade de conferir ao material determinadas características.

De acordo com Roque e Oliveira (2016), os principais objetivos dos tratamentos térmicos são os seguintes:

- Remoção de tensões internas (oriundas de resfriamento desigual, trabalho mecânico ou outra causa);
- Aumento ou diminuição da dureza;
- Aumento da resistência mecânica;
- Melhora da ductilidade;
- Melhora da usinabilidade;
- Melhora da resistência ao desgaste;
- Melhora das propriedades de corte;
- Melhora da resistência a corrosão;
- Melhora da resistência ao calor;
- Modificação das propriedades elétricas e magnéticas.

2.5.1 Fatores de influência nos tratamentos térmicos

2.5.1.1 Aquecimento

O aquecimento é geralmente realizado a uma temperatura acima da crítica, para que se obtenha a completa austenização do aço, ou seja, total dissolução do carboneto de ferro gama, essa austenização é o ponto de partida para as transformações posteriores desejadas, as quais se processarão em função da velocidade de esfriamento adotada. Na fase de aquecimento, dentro do processo de tratamento térmico, devem ser apropriadamente consideradas a velocidade de aquecimento e a temperatura máxima de aquecimento (ROQUE e OLIVEIRA, 2016).

A austenita (ou ferro na fase γ) é uma fase sólida não magnética constituída de ferro na estrutura CFC. O ferro possui a propriedade de transformar-se da estrutura CCC (cúbico de corpo centrado, característica da ferrita- α) para a estrutura CFC (cúbico de face centrada, característica principal da austenita- γ). A transformação de cúbico de corpo centrado para cúbico de face centrado pode ocorrer a várias temperaturas, temperaturas as quais são determinadas pelos elementos presentes na liga metálica em questão, por exemplo essa transformação ocorre a 912°C (1185K) para o ferro puro e a

727°C (1000K) para o aço carbono eutetóide (perlita). A austenita é o ponto de partida para vários tratamentos térmicos nas ligas de ferro, pois partindo da austenita é possível a transformação da liga em vários microconstituintes, como por exemplo a têmpera que consiste na transformação da austenita em martensita por meio de um rápido resfriamento da peça tratada termicamente. A fase foi denominada em homenagem a um metalúrgico inglês, sir William Chandler Roberts-Austen (1843-1902) (WIKIPÉDIA / 4 , 2016)

2.5.1.2 Tempo de permanência na temperatura de aquecimento

A influência do tempo de permanência do aço à temperatura escolhida de aquecimento é mais ou menos idêntica à da máxima temperatura de aquecimento, isto é, quanto mais longo o tempo à temperatura considerada de austenização, quanto mais completa a dissolução do carboneto de ferro ou outras fases presentes (elemento de liga) no ferro gama, maior o tamanho de grão resultante (ROQUE e OLIVEIRA, 2016).

2.5.1.3 Resfriamento

Segundo Roque e Oliveira (2016), o resfriamento é o fator mais importante, pois é ele que determinará efetivamente a estrutura e, em consequência, as propriedades finais dos aços. A variação da velocidade de resfriamento pode-se obter desde a perlita grosseira de baixa resistência mecânica e baixa dureza até a martensita que é o constituinte mais duro resultante dos tratamentos térmicos.

A martensita é formada quando ligas ferro - carbono austenitizadas são resfriadas rapidamente ou bruscamente (WIKIPÉDIA / 9, 2016).

Os meios de resfriamento mais utilizados são: soluções aquosas, águas, óleo e ar (ROQUE e OLIVEIRA, 2016).

A escolha apropriada do aço permite a conciliação do meio resfriamento adequado para obtenção da estrutura e das propriedades desejadas à profundidade

prevista e, ao mesmo tempo, evitar empenamento distorção ou mesmo ruptura da peça quando submetida ao resfriamento (ROQUE e OLIVEIRA, 2016).

2.5.2 Classificação dos Tratamentos Térmicos

Os tratamentos térmicos são classificados em: termofísicos e termoquímicos.

2.5.2.1 Tratamentos Termofísicos

De acordo com Jané (2016), os tratamentos termofísicos são consistem os processos de aquecimento do material a temperaturas que propiciam mudanças no seu retículo cristalino, permanência durante certo período nestas condições e posterior resfriamento (lento ou rápido).

Os tratamentos termofísicos mais comuns são os seguintes:

- Reozimento;
- Normalização;
- Têmpera;
- Revenimento.

2.5.2.1.1 Reozimento

De acordo com Jané (2016), o reozimento de um aço, tem como objetivos:

- Diminuir a dureza do material, melhorando sua usinabilidade sob o ponto de vista do desgaste da ferramenta de corte;
- Aliviar as tensões internas, originadas por processos de soldagem, fundição e tratamentos mecânicos a frio (encruamento);
- Eliminar quaisquer outros tratamentos termo-físicos realizados anteriormente no material.

Existem basicamente, 3 tipos de reozimento:

- Reozimento total ou pleno;
- Reozimento para alívio de tensões ou subcrítico;

- Esferoidização.

2.5.2.1.1.1 Recozimento total ou pleno

O recozimento total ou pleno constitui no aquecimento do aço acima da zona crítica, durante o tempo necessário e suficiente para ter a solução do carbono ou dos elementos de liga no ferro gama, seguido de um resfriamento lento, realizado ou mediante o controle da velocidade de resfriamento do forno. (ROQUE e OLIVEIRA, 2016).

2.5.2.1.1.2 Recozimento para alívio de tensões ou subcrítico

O Recozimento para alívio de tensões é um processo que tem como objetivo aliviar as tensões e originadas em processos anteriores, levando a uma condição de melhor estabilidade, por aumento da ductilidade e dureza (FERMAC / 1, 2016).

2.5.2.1.1.3 Esferoidização

Esferoidização é utilizada para redução significativa da dureza de aços de alto teor de carbono, aumentando sua usinabilidade (WIKIPÉDIA / 6, 2016).

2.5.2.1.2 Normalização

A Normalização tem como objetivo a diminuição da granulação do aço refinando a estrutura do aço, proporcionando melhores propriedades que as obtidas no recozimento (FERMAC / 3, 2016).

2.5.2.1.3 Têmpera

A têmpera tem como objetivo a obtenção de uma microestrutura que proporcione propriedades de dureza e resistência mecânica elevada (WIKIPÉDIA / 9, 2016).

A peça a ser temperada é aquecida à temperatura de austenização e em seguida é submetida a um resfriamento brusco, ocorrendo aumento de dureza. O aquecimento na fase da austenização tem como objetivo obter a organização dos cristais do metal. O esfriamento brusco visa obter a estrutura martensita (FERMAC / 5, 2016).

Durante o resfriamento, a queda de temperatura promove transformações estruturais que acarretam o surgimento de tensões residuais internas. Sempre após a têmpera, é preciso realizar o revenimento, para a transformação da martensita em martensita revenida (WIKIPÉDIA / 9, 2016).

2.5.2.1.4 Revenimento

Revenido ou Revenimento é um tratamento térmico utilizado no aço para corrigir inconvenientes decorrentes da têmpera, como tenacidade e dureza excessiva, conseguindo o aumento da tenacidade dos aços (FERMAC / 4, 2016).

O revenimento aumenta a ductilidade e a elasticidade do aço e é usado especialmente na fabricação de molas.

A têmpera deixa o aço mais frágil (com menor resistência ao choque) e cria tensões internas, o que é corrigido pelo revenimento, que consiste em reaquecer a peça temperada a uma temperatura muito inferior à da têmpera (WIKIPÉDIA / 9, 2016).

A temperatura de revenimento e o tempo de manutenção desta temperatura influem decisivamente nas propriedades finais obtidas no aço: tanto maior o tempo e/ou tanto maior a temperatura, mais dúctil se tornará o aço. Os elementos de liga do aço também influem no revenimento, mudando o seu comportamento no processo (endurecimento secundário) (WIKIPÉDIA / 9, 2016).

A temperatura de revenimento normalmente situa-se entre 150°C e 600°C e o tempo de processo entre 1h e 3h. Quanto maior a temperatura empregada, mais o

revenimento tenderá a reduzir a dureza original obtida na têmpera (WIKIPÉDIA / 9, 2016).

2.5.2.2 Tratamentos Termoquímicos

Os tratamentos termoquímicos são processos que também envolvem aquecimento do material, porém com adição de elementos externos (ambiente onde o tratamento é executado) que reagindo com os elementos do material, modificam suas características (JANÉ, 2016).

2.5.2.2.1 Cementação

Cementação é o tratamento termoquímico que consiste em se introduzir carbono na superfície do aço pelo mecanismo de difusão atômica com o objetivo de se aumentar a dureza superficial do material, depois de convenientemente temperado (WIKIPÉDIA / 5, 2016).

Quando o ferro ou o aço é rapidamente resfriado por têmpera, o maior teor de carbono na superfície exterior torna-se duro através da transformação da austenita em martensita, enquanto que o núcleo permanece macio e resistente como uma microestrutura ferrítica e/ou perlita (WIKIPÉDIA / 5, 2016).

A cementação tem sido usada por um longo tempo. No entanto, este processo evoluiu com os avanços nas técnicas de tratamento de calor que têm melhorado a dureza e durabilidade dos produtos. A parte do gás-carburado (nitreto de carbono) consiste de um material compósito, em que a superfície carburada é dura, mas o núcleo inalterado é mais macio e dúctil (WIKIPÉDIA / 5, 2016).

2.5.2.2.1.1 Carburação

A carburação do aço é composta por um tratamento através do calor da superfície metálica utilizando uma fonte de carbono (WIKIPÉDIA / 5, 2016).

A carbonização pode ser utilizada para aumentar a dureza da superfície de aço de baixo carbono. Muitas peças mecânicas necessitam ter elevada dureza externa para resistirem ao desgaste. Essas peças geralmente possuem um aço com baixa porcentagem de carbono (WIKIPÉDIA / 5, 2016).

2.5.2.2.2 Carbonitreção

A carbonitreção é um processo de tratamento térmico utilizado para obtenção em peças com camadas de pequenas a médias profundidades de carbono. Além de carbono recebe nitrogênio na camada. Este processo é utilizado em aços não ligados ou de baixo carbono. Em alguns casos de aços com maior porcentagem de manganês a risco da formação de austenita retida (FERMAC / 2, 2016).

A carbonitreção ocorre em temperaturas entre 800°C e 880°C e as profundidades de carbonitreção ficam entre 0,05 e 0,60 mm, na maioria dos casos e isto acontece em função da temperatura e do tempo do tratamento térmico (FERMAC / 2, 2016).

Após o resfriamento brusco, as peças carbonitretadas são revenidas. Nos aços não ligados, isto normalmente é feito entre 150°C e 180°C e com aços ligados entre 160°C e 200°C (FERMAC / 2, 2016).

A resistência ao desgaste e as características funcionais sob condições desfavoráveis da camada superficial enriquecida em nitrogênio são melhores e a resistência após revenimento é maior do que é possível obter com a cementação convencional. Quanto maior o teor de nitrogênio da camada cementada, maior poderá ser a temperatura de revenimento escolhida (FERMAC / 2, 2016).

A carbonitreção ocorre em etapas é fornecido o gás endotérmico, o qual propicia para as outras etapas o fornecimento de gás GLP, como fonte de carbono, e na terceira, e o nitrogênio e em seguida têmpera (FERMAC / 2, 2016).

A carbonitreção é normalmente feita em peças pequenas que requerem resistência à fadiga e dureza superficial elevadas (FERMAC / 2, 2016).

2.5.3 Metalografia

Metalografia é o estudo da morfologia e estrutura dos metais. A metalografia é uma área da materialografia que além do estudo dos materiais metálicos, compreende a plastografia (materiais plásticos ou poliméricos) e a ceramografia (materiais cerâmicos) (WIKIPÉDIA / 7, 2016).

Para a realização da análise, o plano de interesse da amostra deve ser preparado conforme as etapas descritas abaixo, de modo a revelar as interfaces entre os diferentes constituintes que compõe o metal (WIKIPÉDIA / 7, 2016).

2.5.3.1 Etapas da preparação da amostra

A Wikipédia / 7 (2016) descreve as seguintes etapas para a preparação de uma amostra para análise metalográfica.

- Corte: a amostra a ser analisada deve ser cortada de forma a não sofrer alterações pelo método de corte. Usa-se o método a frio, em geral serras, para o corte primário, ou seja, para se separar a porção aproximada que será analisada. Na sequencia, usa-se um equipamento denominado "Cut-Off" que faz um corte mais preciso, utilizando-se de um fino disco abrasivo e farta refrigeração, a fim de não provocar alterações por calor na amostra.

- Embutimento metalográfico: o processo de embutimento metalográfico pode ser dividido em dois grupos, embutimento a quente no qual é utilizado baquelite e uma embutidora metalográfica e o embutimento a frio que são utilizados dois produtos resina e catalisador, ambos os métodos visam obter a amostra embutida para conseguir um bom resultado na preparação metalográfica.

- Lixamento: são utilizadas lixas do tipo "Lixa d'água", fixadas em discos rotativos. Normalmente inicia-se o lixamento com a lixa de granulometria 220, seguida pelas lixas 320, 400 e 600. Em alguns casos usa-se lixas mais finas que a lixa 600, chegando-se a 1000 ou 1200. Todo o processo de lixamento é feito sob refrigeração com água.

- Polimento: a etapa do polimento é executada em geral com panos especiais, colados à pratos giratórios, sobre os quais são depositadas pequenas quantidades de abrasivos. Estes abrasivos variam em função do tipo de metal que está sendo

preparado. Os mais comuns são, o óxido de alumínio (alumina) e a pasta de diamante. Durante o polimento a amostra também é refrigerada, com a utilização de álcool ou agentes refrigerantes específicos.

- Ataque químico: há uma enorme variedade de ataques químicos para diferentes tipos de metais e situações. Em geral, o ataque é feito por imersão da amostra, durante um período de aproximadamente 20 segundos, assim a microestrutura é revelada. Um dos reagentes mais usados é o NITAL, (ácido nítrico e álcool), que funciona para a grande maioria dos metais ferrosos.

Quanto ao tipo de observação, está subdividida, basicamente em duas classes:

- Microscopia;
- Macroscopia.

2.5.3.2 Microscopia

Análise feita em um microscópio com aumentos que normalmente são 50X, 100X, 200X, 500X, 1000X, 1500X e 2500X.

Este tipo de análise é realizada em microscópios específicos, conhecidos como "microscópios metalográficos" ou "microscópios metalúrgicos". Este tipo de microscópio possui baixo campo focal, permitindo apenas a observação de superfícies perfeitamente planas e polidas. Em razão disto, a preparação metalográfica tem grande importância na qualidade de uma análise. Estes microscópios, em geral, possuem sistemas de fotografia integrados, que permitem o registro das análises realizadas (WIKIPÉDIA / 7, 2016).

2.5.3.3 Macroscopia

Análise feita a olho nu, lupa ou com utilização de microscópios estéreos (que favorecem a profundidade de foco e dão, portanto, visão tridimensional da área observada) com aumentos que podem variar de 5x a 64X.

Através das análises macrográficas e das análises micrográficas é possível a determinação de diversas características do material, inclusive a determinação das

causas de fraturas, desgastes prematuros e outros tipos de falhas (WIKIPÉDIA / 7, 2016).

2.5.3.4 Metalografia qualitativa

Consiste apenas em observar a microestrutura, determinando-se quais são os microconstituintes que a compõe. Os microconstituintes variam de acordo com o tipo de liga analisada e de acordo com os tratamentos térmicos, tratamentos mecânicos, processos de fabricação e outros processos a que o material haja sido submetido (WIKIPÉDIA / 7, 2016).

Para os aços, os principais constituintes são:

- ferrita: composta por ferro e baixíssimo teor de carbono;
- perlita: composta por ferro e cerca de 0,8% de carbono;
- martensita: resultante de tratamentos térmicos de têmpera;
- austenita: constituinte básico dos aços inoxidáveis (austeníticos ou austeno-ferríticos).

3. MÉTODO

O método utilizado para implantação da metodologia Seis Sigma foi o DMAIC. A escolha do DMAIC foi justamente pela sua característica de solução de qualquer tipo de problema, onde a solução é desconhecida, e pela possibilidade de ser aplicado em qualquer processo.

Partindo desse princípio, a implantação da ferramenta foi feita dividida em Definir, Método, Análise, Implementação e Controle, os resultados serão detalhados no item 4, onde será discutido os resultados da aplicação deste método.

Na fase Definir foi definido a equipe do projeto Seis Sigma Green Belt, a equipe selecionou a redução do índice de refugo como oportunidade de melhoria para redução de custo do processo de tratamento térmico. Através do mapeamento do processo e do levantamento dos indicadores do ano de 2014, a análise metalográfica, foi selecionada para ser trabalhada, pois apresentava alto índice de refugo anual. Foi realizado um brainstorming e a ação de contenção tomada foi de utilizar peças de refugo não tratadas termicamente como corpos de prova para ser realizada a análise metalográficas do processo de tratamento térmico. Os times de usinagem subsequentes pós-tratamento térmico foram definidos como clientes envolvidos no projeto. O objetivo do projeto era reduzir o índice de scrap gerado durante o processo de análise metalográficas em 20%.

Na fase Medir foi feito o diagrama de causa e efeito, matriz de causa e efeito e o gráfico de Pareto para determinar a as causas do refugo e a variável mais crítica do processo e foi feito o MSA e medida a capacidade do processo.

Na fase Analisar foi feita a análise da variável de maior impacto e foi realizada uma descrição da mesma.

Na fase Implementar a ação de contenção tomada se tornou definitiva para reduzir o de refugo que estava sendo gerado pelas análises e foi realizado uma nova medição da capacidade do processo para comparar o antes e o depois.

Na fase Controlar foi feita a revisão da instrução de trabalho e ministrado treinamento dos operadores com o novo procedimento operacional para as peças de análise metalográfica.

Para finalizar o projeto, todas as análises e resultados de todas as fases foram colocadas evidenciadas no Template Projeto Green Belt.

4. RESULTADOS

O método utilizado para implantação da metodologia Seis Sigma foi o DMAIC. A escolha do DMAIC foi justamente pela sua característica de solução de qualquer tipo de problema, onde a solução é desconhecida, e pela possibilidade de ser aplicado em qualquer processo.

Para fase Definir foram estabelecidas as seguintes definições e resultados:

Título do Projeto: “Redução do índice de refugo no processo de tratamento térmico”;

Processo: Análise Metalográfica no setor de Tratamento Térmico;

Tipo de projeto: Custos;

A Figura 16 apresenta o Resumo dos Indicadores.

Carbonitreção		Cementação	
Modelo da peça	Quant. Refugo	Modelo da peça	Quant. Refugo
Engrenagem da 1ª vel.	161	Eixo Primário	406
Engrenagem da 2ª vel.	171	Eixo Secundário	306
Engrenagem da 3ª vel.	179	Engrenagem de Ré	152
Engrenagem da 4ª vel.	149	Luva Sincronizada da 1ª e 2ª vel	105
Engrenagem da 5ª vel.	189	-	-
Engrenagem da 5ª vel. Fixa	122	-	-
Coroa do diferencial	199	-	-
TOTAL	1170	TOTAL	969

Figura 16 – Peças refugadas em 2014 por análise metalográfica.

A Figura 17 mostra o Desdobramento do Problema:

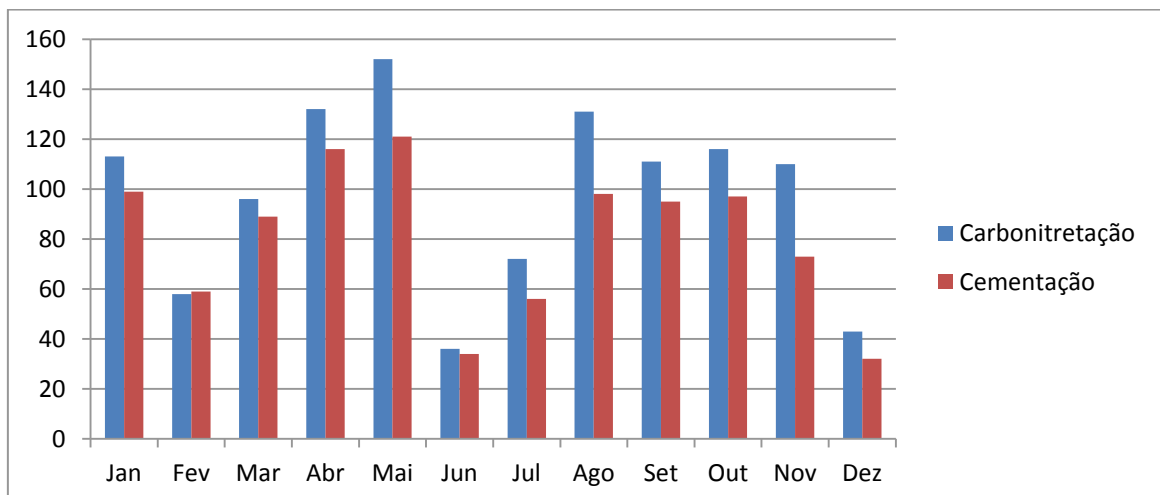


Figura 17 – Peças refugadas mensalmente em 2014 por análise metalográfica.

Voz do Cliente: Receber todas as cargas e peças que foram enviadas para serem tratadas;

Definição CTC (Requisito do Cliente): Receber as cargas e peças que foram tratadas, com a dureza de camada de 80 a 83 HRA, dureza superficial de no mínimo 89 HR15N, com a profundidade de camada de 0,40 a 0,55 mm para o processo de carbonitreção e uma profundidade de camada de 0,60 a 1,00 mm para o processo de cementação;

Definição do Defeito para Y (Métrica): Elevado índice de refugo devido a análise metalográfica;

COPQ (Custo da Falta de Qualidade): 2139 peças foram refugadas devido a análises metalográficas, foi necessário comprar mais material bruto, reprogramar a produção do lote, para repor as peças refugadas;

Definição do Problema: Alto índice de refugo gerado através das análises metalográficas;

Escopo: Colocar um corpo de prova específico (mesmo modelo da peça a ser tratado), a cada quatro horas, devidamente identificado junto com a carga a ser tratada, para ser realizada a análise metalográfica do processo de tratamento térmico garantindo a qualidade do processo e do lote produzido conforme instrução de trabalho;

Objetivo: Reduzir o índice de scrap gerado durante o processo de análise metalográfica em 20%;

A Figura 18 mostra o Mapeamento do Processo.

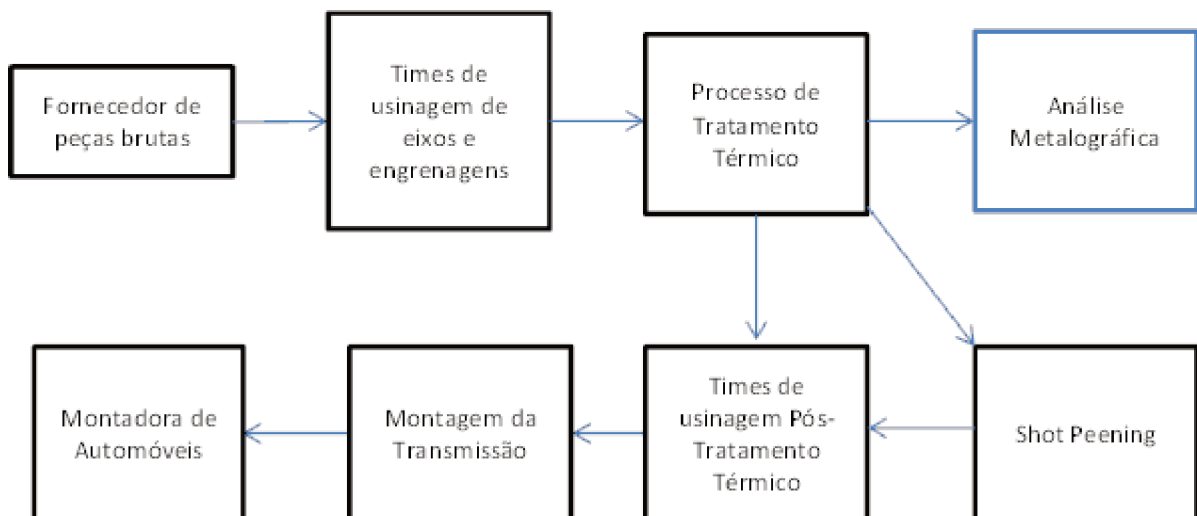


Figura 18 – Fluxograma simplificado do processo de fabricação da Transmissão.

A fase Definir foi o ponto mais importante do projeto, dispensou mais tempo, esforço e comprometimento da equipe, pois sem uma boa definição do problema, é muito improvável ter sucesso nas fases subsequentes do projeto.

Para fase Medir foram estabelecidas as seguintes definições e resultados:

Na Figura 19 é apresentado o Diagrama de Causa e Efeito para determinar as possíveis causas que podem vir a gerar o refugo.

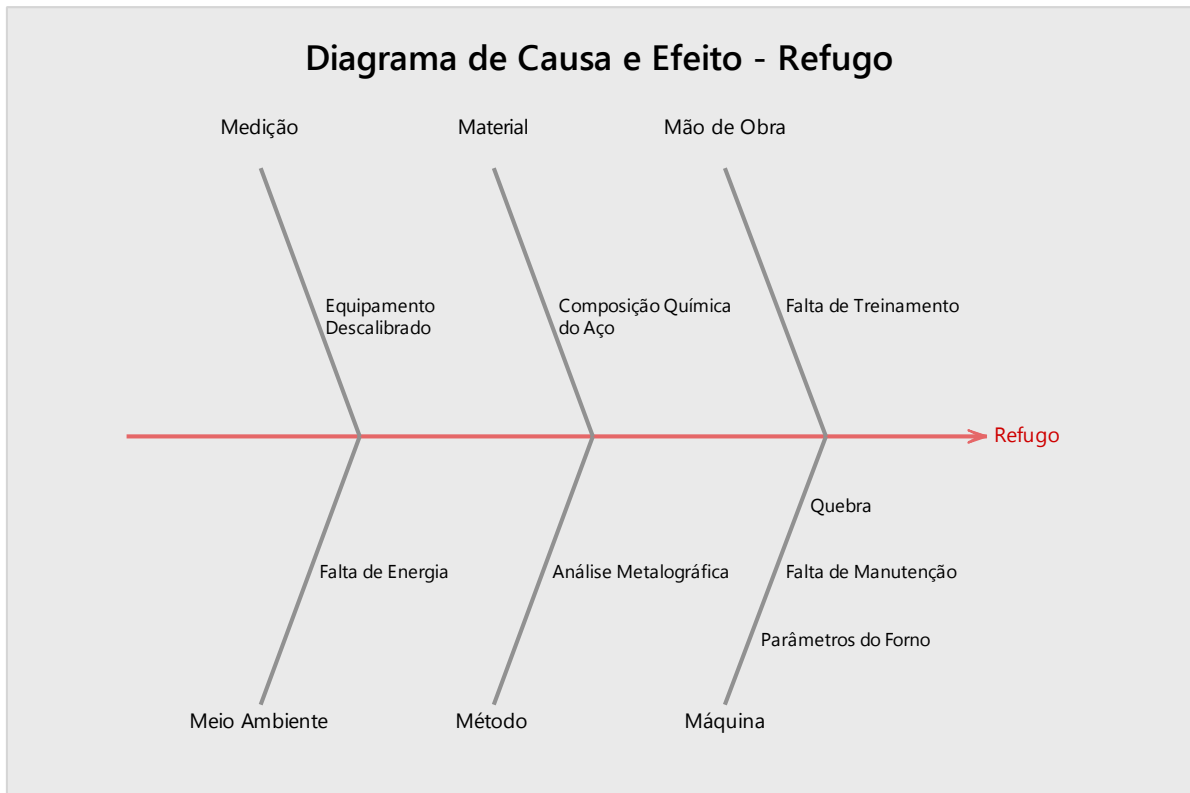


Figura 19 – Diagrama de Causa e Efeito para o Efeito Refugo.

Das causas apontadas no Diagrama de Causa e Efeito, a causa de maior incidência no efeito refugo é a análise metalográfica, as outras causas também podem vir gerar o refugo, mais a incidência é muito baixa, podem ser classificadas como causas especiais devido a robustez do processo de tratamento térmico.

A Figura 20 mostra a Matriz de Causa e Efeito para as causas levantadas no Diagrama de Causa e Efeito.

9 - Alto impacto
3 - Médio impacto
1 - Baixo impacto

Matriz de Causa e Efeito

Impacto		9					
		1	2	3	4	5	
Possíveis Causas		Refugo					Total
1	Falta de Treinamento	3					27
2	Quebra	3					27
3	Falta de Manutenção	3					27
4	Parâmetros do Forno	3					27
5	Composição Química do Aço	3					27
6	Análise Metalográfica	9					81
7	Equipamento Descalibrado	3					27
8	Falta de Energia	3					27
9							0
10							0
Total		30					243

Figura 20 – Matriz de Causa e Efeito para possíveis causas Refugo.

A Figura 21 mostra o Diagrama de Pareto para as causas do resultado Refugo montado através dos resultados obtidos na matriz de causa e efeito.

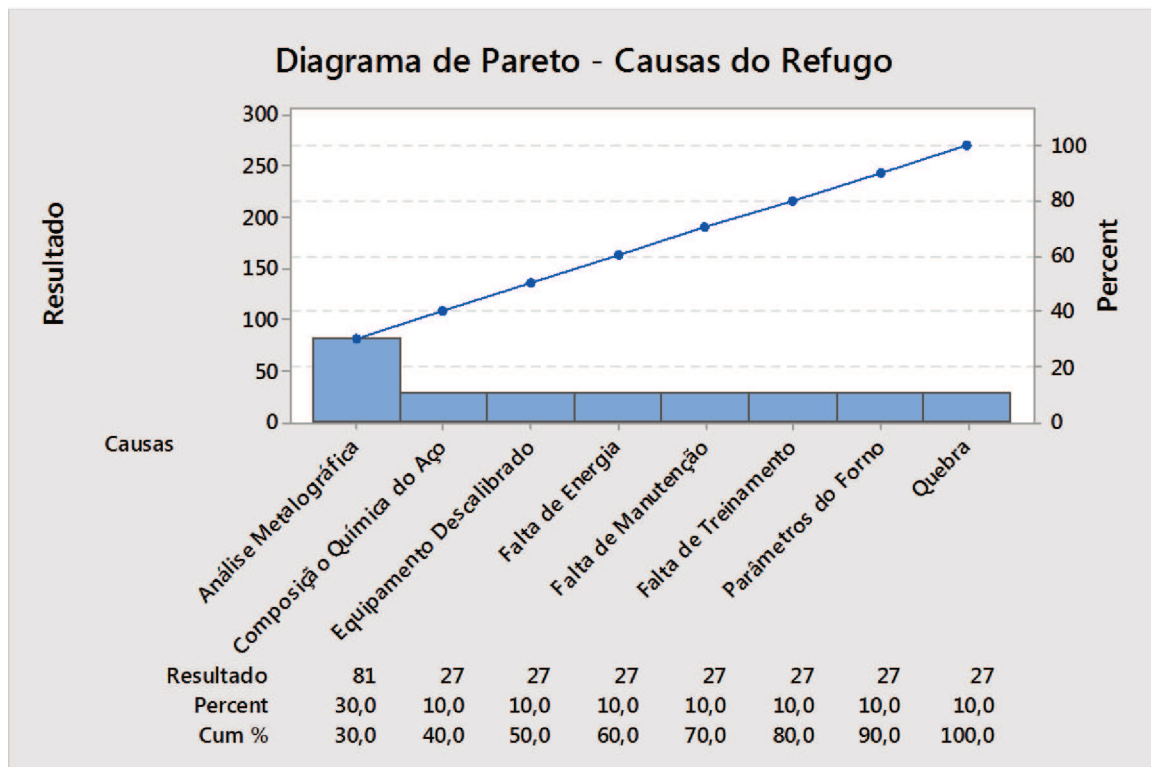


Figura 21 – Diagrama de Pareto para as causas do resultado Refugo.

Variáveis de Entrada Críticas para o Processo: X_1 Análise Metalográfica.

Sumário do Processo:

MSA: Fazer a análise metalográfica de uma amostra de cada forno a cada 4 horas para garantir a qualidade do processo conforme Instrução de trabalho e Plano de Controle.

A Figura 22 mostra o Capability do processo de Análise Metalográfica do Tratamento Térmico no ano de 2014.

Amostragem	3000101	Unidades
Oportunidades de Erro	1	Oportunidades
Unidades com Erro	2139	Unidades
Total de oportunidades	3000101	Erros
Rendimento	99,929	%
Rejeição	0,071	%
DPU	0,00071	
DPO	0,00071	
DPMO	712,97600	
Nível Sigma	4,68935	Curto Prazo
	3,18935	Longo Prazo

Figura 22 – Capabilidade do processo em 2014.

O DPMO encontrado foi de 712, 976. O Nível Sigma foi de 4,68 a curto prazo e 3,18 a longo prazo.

Contenção: Utilização de corpos de prova para reduzir o índice de refugo das análises metalográficas. Ação de contenção implantada em Abril de 2015.

Na fase Analisar foi realizado a análise da variável de entrada crítica para o processo encontrada no diagrama de Pareto:

X_1 Análise Metalográfica - A análise metalográfica do processo de tratamento térmico é realizada a cada 4 horas para garantir a qualidade do processo. Para realização da análise deve ser medida a dureza superficial e de camada da peça e a parte dentada da peça é cortada, lixada, polida e atacada com reagente químico, de modo a revelar as interfaces entre os diferentes constituintes que compõe o metal. Em seguida analisa-se a profundidade de camada, a dureza de núcleo e a microestrutura do dentado na amostra cortada.

A Figura 23 mostra uma engrenagem cortada em diferentes posições para obtenção da amostra a ser lixada e polida.



Figura 23 – Peça cortada.

A Figura 24 mostra uma amostra polida e atacada com reagente químico para ser analisada.



Figura 24 – Amostra polida e atacada com reagente químico.

A cada análise dessa realizada é gerado uma peça de refugo, por se tratar de uma análise destrutiva.

Na fase Implementar foi definida uma ação a ser tomada para redução do refugo:

Foram coletadas diferentes peças de refugo que possuem o dentado nos times da área verde, depois disso as peças foram cortadas, amarradas com arame, pintadas de vermelho e colocadas em uma caixa com cadeado ao lado da bancada de cada forno. A cada 4 horas uma peça de refugo do mesmo modelo da carga a ser tratada é colocada junto com a carga a ser tratada e no final do processo é feita a

análise destrutiva na peça de scrap. Quando não houver o corpo de prova utilizar peça normal de produção e coletar mais peças de refugo para evitar de gerar peças de refugo.

A Figura 25 mostra as peças de diferentes modelos coletadas para serem utilizadas como corpos de prova.



Figura 25 – Peças de refugo a serem utilizadas como corpos de prova.

A Figura 26 mostra os corpos de prova, devidamente cortados e identificados.



Figura 26 – Corpos de prova.

A melhoria feita na fase Implementar foi implementada em Maio de 2015.

No ano de 2015 foram utilizados 203 corpos de prova, fazendo com que o índice de refugo caísse para 1911 unidades por análise metalográfica.

A Figura 27 mostra o novo Capability do processo de Análise Metalográfica do Tratamento Térmico no ano de 2015.

Amostragem	2323200	Unidades
Oportunidades de Erro	1	Oportunidades
Unidades com Erro	1116	Unidades
Total de oportunidades	2323200	Erros
Rendimento	99,952	%
Rejeição	0,048	%
DPU	0,00048	
DPO	0,00048	
DPMO	480,37190	
Nível Sigma	4,80178	Curto Prazo
	3,30178	Longo Prazo

Figura 27 – Capabilidade do processo em 2015.

O DPMO encontrado foi de 480,3719. O Nível Sigma foi de 4,80 a curto prazo e 3,30 a longo prazo.

O gráfico da Figura 28 mostra a relação de peças analisadas no ano de 2015.

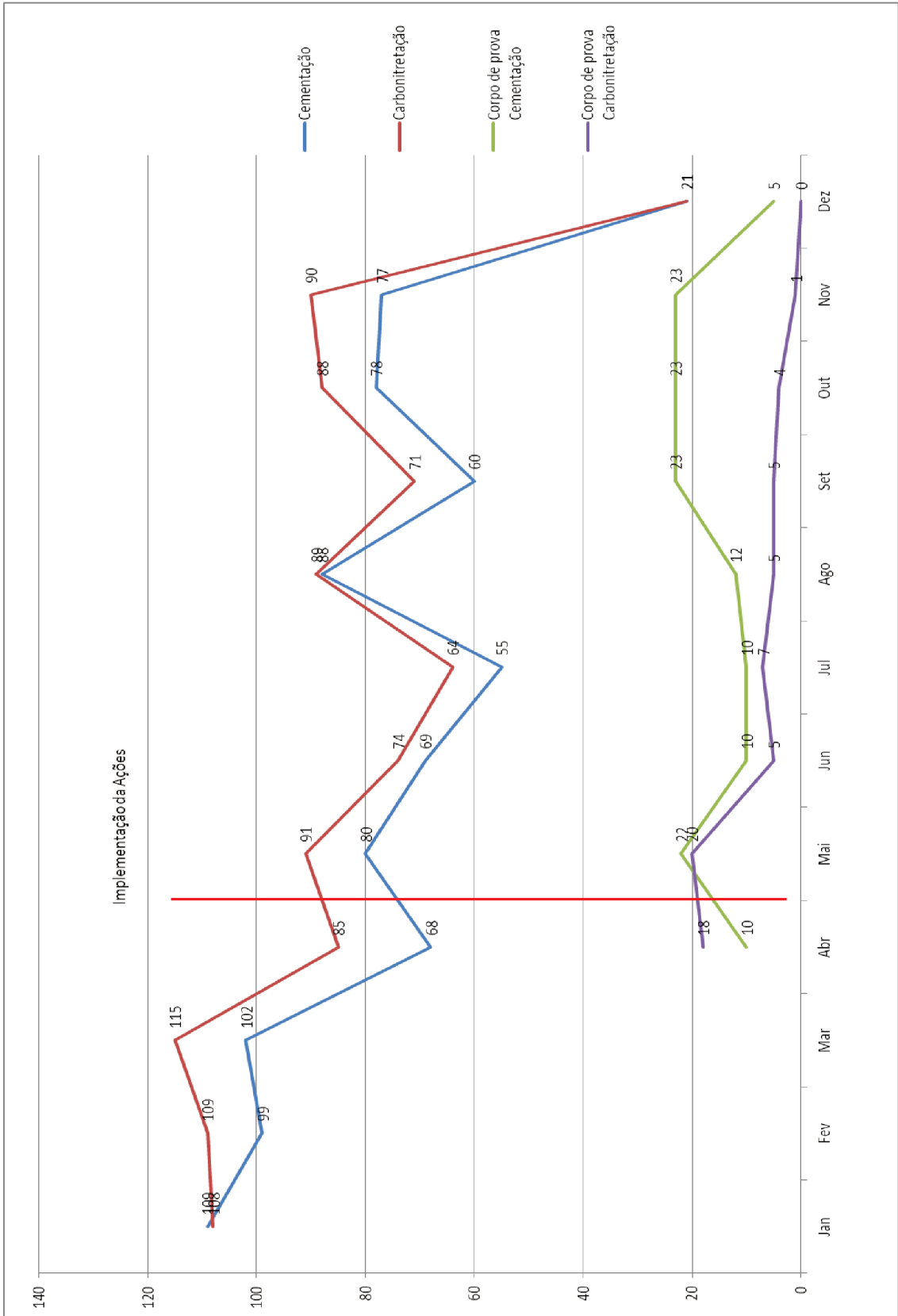


Figura 28 – Peças e corpos de prova analisados no ano de 2015.

Na fase Controlar foi feita a revisão da instrução de trabalho e ministrado treinamento aos operadores com o novo procedimento operacional para as peças de análise metalográfica.

A Figura 29 mostra o fluxograma da instrução de trabalho atualizada.

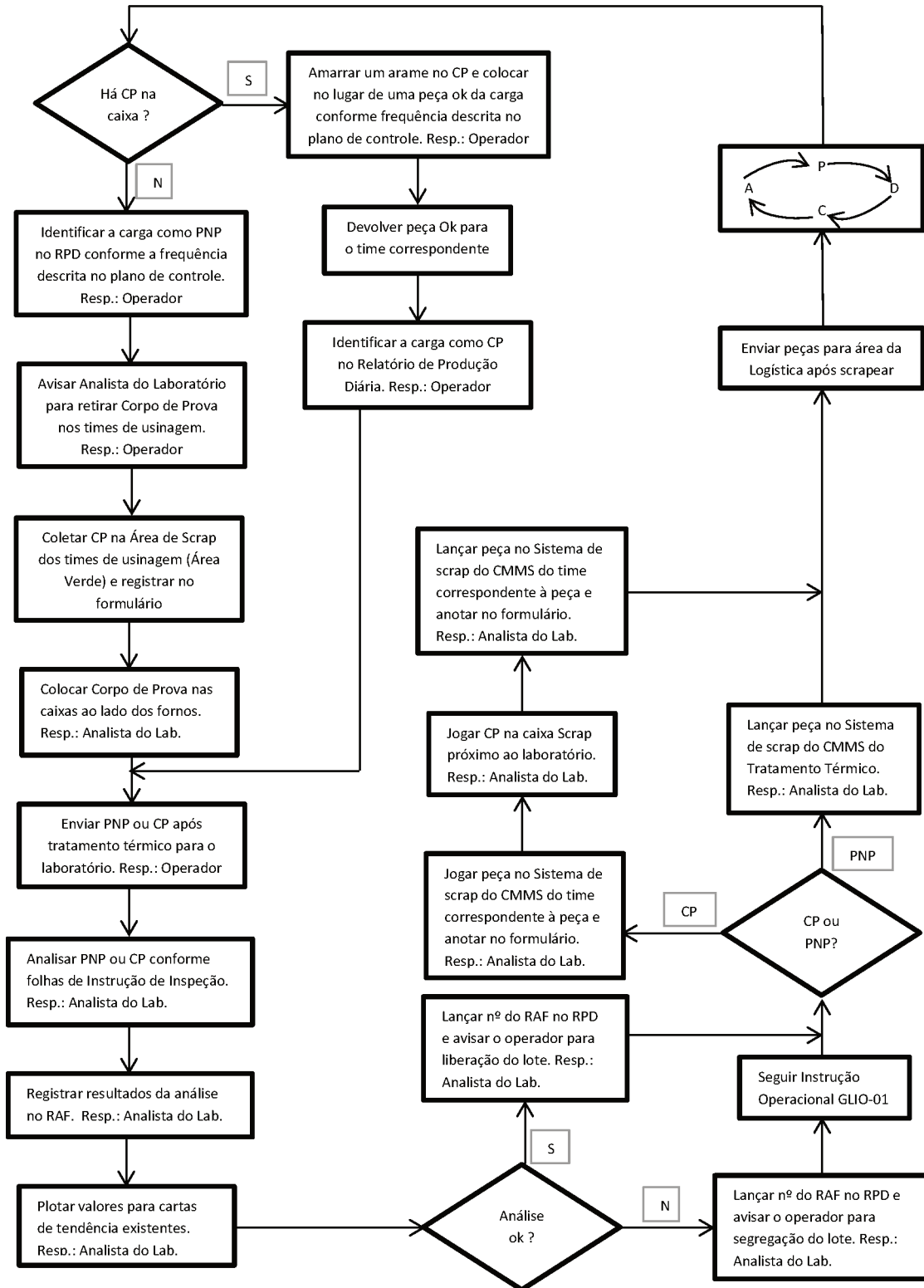


Figura 29 – Fluxograma da Instrução de Trabalho atualizada.

A seguir está descrito o procedimento operacional atualizado:

Objetivo:

Controlar a sequência das etapas das peças/corpos de prova, antes, durante e após tratamento térmico, a serem analisados. Válido para os fornos contínuos e câmara.

Procedimento:

1 - Verificar no início do turno se há peças na caixa de scrap, se não houver peças, avisar responsável do laboratório para preparar amostra.

2 - O CP deverá ter um arame amarrado para se diferenciar das demais, e deverá ser identificado e colocado no lugar de uma peça ok.

Nota: este passo deverá ser realizado conforme frequência do plano de controle, sendo que para Fornos Contínuos, o primeiro CP deverá ser colocado entre as 5 primeiras cargas que entrarem na pré-lavadora num determinado dia ou semana. Este primeiro CP passa a ser a referência (estaca zero) para colocação dos próximos CP.

3 - A peça que foi retirada da carga deverá ser devolvida ao time de origem para que não seja danificada ou batida, e seja colocada em outra carga.

4 - O operador deverá identificar a carga no campo "Peças Lab." No Relatório de Produção Diária, conforme abaixo:

CP – quando houver corpo de prova amarrada na carga.

PNP – quando não houver um CP e for utilizar uma peça da carga para ser analisada.

5 - Se não houver CP na caixa de Scrap do Forno, identificar a carga como Peça Normal de Produção (PNP) no RPD conforme frequência do Plano de Controle.

6 - Avisar o Analista do Laboratório para disponibilizar CP na caixa de Scrap do Forno.

7 - O Analista deve coletar CP na Área de Scrap dos Times (área verde) e registrar no formulário de Controle de Retirada de Scrap para Análise Metalúrgica.

8 - Inutilizar as Peças fazendo um corte para que não haja condição de ser montada na transmissão.

9 - Colocar os Scraps inutilizados nas respectivas caixas ao lado dos fornos.

10 - Após o revenimento e jateamento, o operador deverá levar a peça ou CP para o laboratório, junto com a etiqueta.

11 - Analisar o PNP ou CP conforme folha de Instrução de Inspeção.

12 - Após a análise, registrar resultados no RAF respectivo.

RAF – Registro de Análise do Forno

FII – Folha de Instrução de Inspeção

RPD – Relatório de Produção Diária

CP – Corpo de Prova

PNP – Peça Normal de Produção

13 - Plotar os valores encontrados nas cartas de tendência respectiva.

14 - Verificar se os valores encontrados estão dentro das especificações conforme Plano de Controle.

15 - Se OK, lançar o numero do RAF no RPD e avisar o operador para liberar o lote.

16 - Se NOK, lançar o numero do RAF no RPD e avisar o operador para segregar o lote.

17 – Seguir as Instruções Operacionais da GLIO – 01.

18 - Verificar se peça analisada é PNP ou CP.

19 - CP: Jogar peça na caixa de scrap próximo ao laboratório.

20 - Lançar a peça no Sistema de Scrap do CMMS do time correspondente à peça analisada e anotar no Formulário TBT – xxxx.

21 - PNP: Lançar peça no Sistema de scrap do CMMS do Tratamento Térmico.

22 - Levar as peças de scrap analisadas da caixa de scrap próximo ao laboratório para a área de logística acompanhando o comprovante de peças de Scrap assinada pelo Supervisor.

A Figura 30 mostra a etiqueta utilizada para identificação de peças para Análise.

<u>PNP / CP para análise Lab.</u>	
Nome / Nr.:	_____
Data:	_____
Forno:	_____
Horário de saída:	_____
PNP	<input type="checkbox"/>
CP	<input type="checkbox"/>

Figura 30 – Etiqueta de identificação de peças para Análise.

Em junho de 2015 os novos procedimentos foram atualizados e implementados.

5. CONCLUSÃO

Fazendo-se uma comparação entre os dados, no ano de 2014 o índice de rejeição foi de 7,1% e o DPMO de 712,976. Em 2015, após a implementação das ações o índice de rejeição caiu para 4,8% e o DPMO de 480,3719. Isso representou uma diminuição 32,39% do índice de rejeição e superou a meta de redução de 20% proposta na fase Definir do projeto Seis Sigma Green Belt.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 8563:1998 Metalografia, tratamentos térmicos e termoquímicos das ligas ferrocabono - Terminologia**. Publicado em: 01 Jul. 1998. 17 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9001:2015 Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos**. 30 Set. 2015. 32 p.

BASTIANI, J. A. **MASP (Método de Análise e Solução de Problemas) – parte 1**. Publicado em: 05 Jun. 2012. Disponível em: <http://www.blogdaqualidade.com.br/masp-metodo-de-analise-e-solucao-de-problemas-parte-1/>. Acesso em 22 Mai. 2016 às 14 h 55 min.

BIDOIA, F. O. **11 ferramentas da qualidade e suas estratégias de gestão**. Farmacêuticas®. Publicado em: 01 Jul. 2014. Disponível em: <http://www.farmaceuticas.com.br/11-ferramentas-da-qualidade-e-suas-estrategias-de-gestao/>. Acesso em: 30 Abr. 2016 às 14 h 52 min.

CAMPOS, V. F. **Gerência da Qualidade Total: Estratégia para aumentar a Competitividade da Empresa Brasileira**. 1ª Ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1990. 186 p.

CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da Qualidade Total no estilo japonês**. Qfco Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992. 220p.

CHIAVENATO, I. **Teoria Geral da Administração**. Vol. 1, 6ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2001 - 13ª reimpressão.

COSTA, F. **Seis Sigma, o que é?** Disponível em: <http://ceo.eng.br/seis-sigma-o-que-e/>. Acesso em: 28 Mai. 2016 às 16 h 35 min.

CROSBY, P. B. **Qualidade é Investimento**. José Olympio, 1986.

CROSBY, P. B. **Quality is free: the art of making quality certain**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1979.

DATALYZER.COM. **Sistema de CEP - Controle Estatístico de Processo**. Ano IV. Nº 45. Publicado em: Set. 2007. Disponível em: <http://www.datalyzer.com.br/site/suporte/administrador/info/arquivos/info80/80.html>. Acesso em: 22 Mai. 2016 às 22 h 00 min.

DEMING, W. E. **Qualidade: a Revolução da Administração**. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990. p 367.

DIAS, J. **A metodologia Six Sigma e a ferramenta DMAIC**. Blog da Engenharia.com. Publicado em: 25 Ago. 2014. Disponível em: <http://blogdaengenharia.com/metodologia-six-sigma-e-ferramenta-dmaic/>. Acesso em: 10 Jun. 2016 às 20 h 00 min.

FEIGENBAUM, A. V. **Controle da qualidade total**. São Paulo: Makron, v.1, 1994.

FERMAC / 1. **Alívio de Tensões Processo de Tratamento Térmico**. Disponível em: <http://tratamentotermico.com/alivio.html>. Acesso em: 18 Jun. 2016 às 11 h 54 min.

FERMAC / 2. **Carbonitreção - Processo Termoquímico**. Disponível em: <http://tratamentotermico.com/carbonitracao.html>. Acesso em: 31 Jun. 2016 às 12 h 50 min.

FERMAC / 3. **Normalização - Informações Sobre o Processo**. Disponível em: <http://tratamentotermico.com/normalizacao.html>. Acesso em: 18 Jun. 2016 às 12 h 42 min.

FERMAC / 4. **Revenimento - Processo de Tratamento Termico**. Disponível em: <http://tratamentotermico.com/revenimento.html>. Acesso em: 31 Mai. 2016 às 13 h 05 min.

FERMAC / 5. **Têmpera - Processo de Tratamento Térmico**. Disponível em: <http://tratamentotermico.com/tempera.html>. Acesso em: 31 Jun. 2016 às 13 h 05 min.

FREITAS, A. **Afinal, o que é Qualidade? (segundo Feigenbaum, Juran, Crosby, Deming e Ishikawa)**. Epístolas da Qualidade. Publicado em: 02 Set. 2009. Disponível em: <http://alvaro-freitas.blogspot.com.br/2009/09/afinal-o-que-e-qualidade.html>. Acesso em: 12 Abr. 2016 às 21 h 10 min.

GODOY, A. L. **Gráfico de Pareto**. CEDET. Publicado em: 22 Mar. 2010. Disponível em: <http://www.cedet.com.br/index.php?/Tutoriais/Gestao-da-Qualidade/grafico-de-pareto.html>. Acesso em: 15 Mai. 2016 às 13 h 40 min.

GRATÃO, B. **Ferramentas para o controle e a melhoria da qualidade**. Disponível em: <http://slideplayer.com.br/slide/380205/> Acesso em: 28 Mai. 2016 às 15 h 40 min.

HOUAISS, A.; VILLAR, M. S. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

ISHIKAWA, K. **Controle de Qualidade Total – à maneira japonesa**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1993.

JANÉ, D. A. **Tratamentos Térmicos das Ligas Ferrosas (Parte 2) Tratamentos Termo-Físicos e Termo-Químicos**. FATEC POMPEIA. EDU. Disponível em: [http://fatecpompeia.edu.br/arquivos/arquivos/tecnologia_mecanica - aula 8 - _tratamentos termo-fisicos e termo-quimicos.pdf](http://fatecpompeia.edu.br/arquivos/arquivos/tecnologia_mecanica_-_aula_8_-_tratamentos_termo-fisicos_e_termo-quimicos.pdf). Acesso em: 16 Jun. 2016 às 23:20

JUNQUEIRA, E. L. **O uso do PDCA/DMAIC para solução de anomalias em uma indústria metalúrgica**. São Paulo, 2009.

JURAN, J. M. **Controle da Qualidade**. São Paulo: Makron, 1992.

M.I.DOMENECH.COM. **Difusão do Lean Seis Sigma**. Disponível em: http://www.midomenech.com.br/treinamento_dp.asp. Acesso em: 22/05/2016 às 19:50.

MARCHINI, L. **PDCA**. Disponível em: <http://lodineimarchini.no.comunidades.net/pdca>. Acesso em: 22 Mai. 2016 às 19 h 10 min.

MARINS, A. **O Processo de Melhoria Contínua**. Publicado em: 04 Set. 2009. Disponível em: <http://www.administradores.com.br/artigos/tecnologia/o-processo-de-melhoria-continua/29794/>. Acesso em: 16 Mai. 2016 às 21 h 00 min.

MARTINS, R. **Ferramentas da qualidade: Folha de Verificação**. Publicado em: Out. 2012 Disponível em: <http://www.blogdaqualidade.com.br/folha-de-verificacao/>. Acesso em: 08 Mai. 2016 às 15 h 22 min.

MATTOS, D. **Brainstorming: o guia completo que você sempre quis**. Publicado em: Abr. 2015 Disponível em: <http://www.designculture.com.br/brainstorming-o-guia-completo-que-voce-sempre-quis>. Acesso em: 30 Abr. 2016 às 17 h 54 min.

MATTOS, L. K. **As Mudanças Organizacionais e seus Gestores na Era da Informação**. Fundação Getulio Vargas, 2002. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/3671/Lissandra.pdf?sequence=1>. Acesso em: 19 Mar. 2016 às 21 h 00 min.

MCG. **Melhoria Contínua de Processos**. Disponível em: <http://www.mcg.com.br/index.php/artigos/item/59-melhoria-cont%C3%ADnua-de-processos>. Acesso em: 16 Mai. 2016 às 20 h 40 min.

MENEZES, F. M. **MASP – METODOLOGIA DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS**. Porto Alegre, 2013. Disponível em: http://www.abdi.com.br/Acao%20Documento%20Legislacao/Apostila%20MASP_PO_RTUGU%C3%8AS.pdf. Acesso em: 22 Mai. 2016 às 14 h 45 min.

PORTAL ACTION. **Diagrama de Pareto**. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br/estatistica-basica/15-diagrama-de-pareto>. Acesso em: 15 Mai. 2016 às 13 h 33 min.

PORTAL ADMINISTRAÇÃO. **O Seis sigma e a melhoria dos processos**. Publicado em: 06 Set. 2014. Disponível em: <http://www.portal-administracao.com/2014/09/6-seis-sigma-melhoria-dos-processos.html>. Acesso em: 22 Mai. 2016 às 19 h 50 min.

PORTOGENTE. **MASP - Método de Análise e Solução de Problemas**. Publicado em: 01 Jan. 2016. Disponível em: <https://portogente.com.br/portopedia/83624-masp->

[metodo-de-analise-e-solucao-de-problemas](#). Acesso em 22 Mai. 2016 às 15 h 10 min.

RAMOS, L. **Estratégias e ferramentas são aliadas da Gestão de Mudanças Organizacionais**. Dynamica Consultoria. Publicado em: 09 Set. 2015 às 09 h 30 min. Disponível em:

[HTTP://ITFORUM365.COM.BR/NOTICIAS/DETALHE/116930/ESTRATEGIAS-E-FERRAMENTAS-SAO-ALIADAS-DA-GESTAO-DE-MUDANCAS-ORGANIZACIONAIS](http://ITFORUM365.COM.BR/NOTICIAS/DETALHE/116930/ESTRATEGIAS-E-FERRAMENTAS-SAO-ALIADAS-DA-GESTAO-DE-MUDANCAS-ORGANIZACIONAIS). Acesso em: 22 Mar. 2016 às 21 h 48 min.

RAMOS, R. **Definições de Qualidade**. InfoEscola. Disponível em:

<http://www.infoescola.com/administracao/definicoes-de-qualidade/>. Acesso em: 19 Abr. 2016 às 20 h 30 min.

RIGONI, J. R. **Tipos de Brainstorming para geração de idéias**. Jun. 2010.

Disponível em: <http://www.totalqualidade.com.br/2010/06/brainstorming-para-geracao-de-ideias.html>. Acesso em: 30 Abr. 2016 às 17 h 50 min.

ROQUE, B. A. e OLIVEIRA, G. A. **Tratamentos térmicos e dureza das ligas ferro-carbono**. Femec. Disponível em:

<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAqo0AH/tratamentos-termicos-dos-acos>.

Acesso em: 16 Jun. 2016 às 22 h 10 min.

ROTH, C. W. **Qualidade e Produtividade**. Rio Grande do Sul, 2011. p15. Disponível em:

http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos_automacao/quarta_etapa/qualidade_produtividade_2012.pdf. Acesso em: 14 Abr. 2016 às 20 h 00 min.

SCHITTLER, C. A. **Ferramentas da Qualidade – Gráfico de Pareto**. KOESO.com.

Publicado em: 02 Nov. 2013. Disponível em:

<http://koeso.com.br/2013/11/ferramentas-da-qualidade-grafico-de-pareto/>. Acesso em: 15 Mai. 2016 às 13 h 55 min.

SILVEIRA, C. B. **DMAIC: definir, mensurar, analisar, melhorar e controlar.**

Citysystems.com. Publicado em: 08 Abr. 2013. Disponível em:

<http://www.citysystems.com.br/dmaic-definir-mensurar-analisar-melhorar-controlar/>.

Acesso em: 10 Jun. 2016 às 20 h 00 min.

SLIDESHARE. **Treinamento Seis Sigma LG Eletronics.** Publicado em: 17/09/2013.

Disponível em: <http://pt.slideshare.net/ejedelmal/treinamento-six-sigma-lg->

[electronics](http://pt.slideshare.net/ejedelmal/treinamento-six-sigma-lg-electronics). Acesso em: 29/05/2016 às 20:00.

VENKI.COM. **Entenda melhor o conceito de 5W2H e como ele se relaciona com o planejamento estratégico.** Publicado em: 26 Jan. 2015. Disponível em:

<http://www.venki.com.br/blog/5w2h-conceito/>. Acesso em: 15 Mai. 2016 às 17 h 00 min.

WIKIPEDIA / 1. **Princípio de Pareto.** Disponível em:

https://pt.wikipedia.org/wiki/Princ%C3%ADpio_de_Pareto. Acesso em: 10 Mai. 2016 às 21 h 00 min.

WIKIPEDIA / 2. **Qualidade organizacional.** Disponível em:

https://pt.wikipedia.org/wiki/Qualidade_organizacional. Acesso em: 15 Mai. 2016 às 18 h 00 min.

WIKIPEDIA / 3. **Vilfredo Pareto.** Disponível em:

https://pt.wikipedia.org/wiki/Vilfredo_Pareto. Acesso em: 10 Mai. 2016 às 21 h 00 min.

WIKIPÉDIA / 4. **Austenita**. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Austenita>. Acesso em: 18 Jun. 2016 às 13 h 00 min.

WIKIPÉDIA / 5. **Cementação**. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Cementa%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 17 Jun. 2016 às 14 h 10 min.

WIKIPÉDIA / 6. **Esferoidização**. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Esferoidiza%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 17 Jun. 2016 às 14 h 20 min.

WIKIPÉDIA / 7. **Metalografia**. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Metalografia>. Acesso em 24 Jul. 2016 às 15 h 00 min.

WIKIPÉDIA / 8. **Revenido**. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Revenido>. Acesso em: 17 Jun. 2016 às 14 h 20 min.

WIKIPÉDIA / 9. **Têmpera (metalurgia)**. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/T%C3%AAmpera_\(metalurgia\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/T%C3%AAmpera_(metalurgia)). Acesso em: 18 Jun. 2016 às 12 h 27 min.

WIKIPÉDIA / 10. **Tratamento Térmico**. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Tratamento_t%C3%A9rmico. Acesso em: 17 Jun. 2016 às 14 h 00 min.