

DAVI ESCANFERLA

**PROJETO DMAIC COM FERRAMENTAS SEIS SIGMA PARA REDUÇÃO DE
SUCATA EM UMA MULTINACIONAL DO RAMO DE ACESSÓRIOS
AUTOMOBILÍSTICOS.**

Guaratinguetá-SP
2014

DAVI ESCANFERLA

**PROJETO DMAIC COM FERRAMENTAS SEIS SIGMA PARA REDUÇÃO DE
SUCATA EM UMA MULTINACIONAL DO RAMO DE ACESSÓRIOS
AUTOMOBILÍSTICOS.**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Pedro Peres

**Guaratinguetá-SP
2014**

E743p

Escanferla, Davi

Projeto DMAIC com ferramentas Seis Sigma para redução de sucata em uma multinacional do ramo de acessórios automobilísticos/ Davi Escanferla – Guaratinguetá, 2014.

61 f : il.

Bibliografia: f. 58-61

Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2014.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Pedro Peres

1. Seis sigma (Padrão de controle de qualidade) 2. Administração – Métodos estatísticos 3. Automóveis – Peças I. Título

CDU 658.56

Davi Escanferla

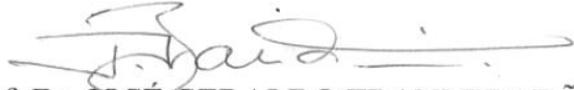
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. MARCELO SAMPAIO MARTINS
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. MAURO PEDRO PERES
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. JOSÉ GERALDO TRANI BRADÃO
UNESP-FEG


Eng. RAMON MOREIRA PERES
Membro Externo

Dezembro de 2014

DADOS CURRICULARES

DAVI ESCANFERLA

NASCIMENTO 21.12.1988 – SÃO BERNARDO DO CAMPO / SP

FILIAÇÃO Luiz Marcos Escanferla
Isabel de Souza Escanferla

Curso de Graduação em Engenharia Mecânica na
Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá
da Universidade Estadual Paulista.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a minha família, pai, mãe e irmão,

Agradeço a meus amigos irmãos, David e Murilo, pela parceria,

Agradeço a família Taj Mahal, por ser responsável por metade da minha formação, em especial Nikita e Dodo, pelo arrimo técnico.

Agradeço aos meus professores.

Agradeço aos meus colegas de trabalho, Marcio Mizumoto e Guilherme Maligeri, pelo suporte e consultorias.

ESCANFERLA, Davi. **Projeto DMAIC com ferramentas Seis Sigma para redução de sucata em uma multinacional do ramo de acessórios automobilísticos**. 2014. 61 f. Trabalho de Graduação – (Graduação em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Guaratinguetá, 2014.

RESUMO

Nesta era de globalização, com competições acirradas no mercado de trabalho, fazer uso de estratégia de redução de custo e otimização de recursos, tornou-se uma vantagem competitiva. No presente trabalho de graduação, será exposta em forma de estudo de caso a execução de um projeto DMAIC (Definir Medir Analisar Melhorar Controlar), fazendo o uso de ferramentas de Seis Sigma, estatísticas e de Qualidade, com o objetivo de analisar, melhorar e controlar os processos do problema selecionado, sempre demonstrando boas práticas do uso das metodologias. Identificou-se em uma multinacional do ramo de auto peças, um alto índice de sucata em uma de suas linhas de produção. Este trabalho estudou este problema para melhorar seus processos e garantir que essas melhorias sejam perpétuas. Como resultados, atingiram-se as metas estipuladas, retornando em acréscimo intelectual à corporação, propiciando assim um diferencial competitivo.

PALAVRA-CHAVE: DMAIC. Seis Sigma. Ferramentas Estatísticas.

ESCANFERLA, Davi. **DMAIC project with Six Sigma tools to reduce scrap in a branch of the multinational automobile accessories.** 2014. 61 f. Graduate Work (Graduate in Mechanical Engineering) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Guaratinguetá, 2014.

ABSTRACT

In this era of globalization, with fierce competition in the labor market, using the reduction cost strategy and resources optimization, has become a competitive advantage. In this graduation study, it will be exposed in form of case study the DMAIC project (Define Measure Analyze Improve Control) execution, using of Six Sigma's tools, statistical and quality knowledge, with intent of analyze, improve and control the processes of a selected problem, always demonstrating good practice of methodologies. In an auto parts multinational branch, It was identified a high scrap rate in one of his production lines. This work will study this problem to improve their processes and ensure that these improvements are perpetual. As a result, reached the stipulated goals, increasing Corporation's Intellectual, thereby providing a competitive advantage.

KEYWORDS: DMAIC. Six Sigma. Statistics Tools.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - RELAÇÃO GRÁFICA DE REPRODUTIBILIDADE E REPETITIVIDADE.....	21
FIGURA 2 - DIAGRAMA DE PARETO PPM DE SUCATA X ÁREA.....	27
FIGURA 3 - GRÁFICO DE PARETO PPM DE SUCATA X DEFEITOS.....	27
FIGURA 4 - DEFINIÇÃO DO TIME MULTIFUNCIONAL.....	28
FIGURA 5 - SEGREGAÇÃO DE DEFEITOS.....	29
FIGURA 6 - GRÁFICO DE TENDÊNCIA, META.....	30
FIGURA 7 - CRONOGRAMA DE ATIVIDADES.....	31
FIGURA 8 - INTERAÇÃO DE DADOS EM QUANTIDADE DE SUCATA.....	33
FIGURA 9 - PRIORIZAÇÃO DE PN.....	35
FIGURA 10 - GRÁFICO DE PARETO PRODUÇÃO X QUANTIDADE DE SUCATA.....	36
FIGURA 11 - GRÁFICO DE PARETO NP EM DESTAQUE.....	36
FIGURA 12 - GRÁFICO DE PARETO PN PRIORIZADOS.....	37
FIGURA 13 - ESTRATIFICAÇÃO DE DEFEITOS POR LOCALIZAÇÃO.....	37
FIGURA 14 - COMPARAÇÃO DE AVALIADORES COM O PADRÃO.....	39
FIGURA 15 - COMPARAÇÃO DOS AVALIADORES COM O PADRÃO E ENTRE AVALIADORES.....	40
FIGURA 16 - MAPA DE PROCESSO.....	43
FIGURA 17 - MATRIZ DE IMPACTO E ESFORÇO.....	45
FIGURA 18 - FTA.....	45
FIGURA 19 - MAPA DE PENSAMENTO.....	47
FIGURA 20 - PARETO DAS VARIÁVEIS PARA SUCATA.....	48
FIGURA 21 - PARETO DAS VARIÁVEIS PARA RETRABALHO.....	49
FIGURA 22 - EFEITO DAS VARIÁVEIS FORÇA E DECAPAGEM.....	49
FIGURA 23 - CUBO DE RESULTADOS RETRABALHO.....	50
FIGURA 24 - RESULTADOS OBTIDOS EM LINHA, TEORIA 4.....	51
FIGURA 25 - SAÍDA DO MINITAB PARA TESTE DE HIPÓTESE, TEORIA 4.....	51
FIGURA 26 - SAÍDA DO MINITAB PARA TESTE DE HIPÓTESE, TEORIA 4.....	52
FIGURA 27 - CONCLUSÃO DO MAPA DE PENSAMENTO.....	54
FIGURA 28 - EXEMPLO DE DT IMPLEMENTADA.....	55
FIGURA 29 - EXEMPLO DE LPP IMPLEMENTADA.....	56
FIGURA 30 - EXEMPLO DE CARTA DE CONTROLE.....	56

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - SIPOC	32
QUADRO 2 - DADOS DE PRODUÇÃO POR MÊS E DIMENSÃO	34
QUADRO 3 - DADOS DE SUCATA POR MÊS E POR PN	35
QUADRO 4 - DADOS DE PEÇAS PARA ESTUDO DE R&R	38
QUADRO 5 - DIAGRAMA DE AFINIDADES	44
QUADRO 6 - CAUSAS RAÍZES	46
QUADRO 7 - RESULTADO DESENHO FATORIAL	48
QUADRO 8 - RESULTADOS OBTIDOS EM LINHA, TEORIA 5	52

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE MEDIÇÃO POR ATRIBUTOS.....	22
TABELA 2 - LEGENDA DE INDICAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE PRODUTO.....	24
TABELA 3 - RESULTADOS DA COMPARAÇÃO DOS AVALIADORES COM O PADRÃO.	39
TABELA 4 - RESULTADOS DA COMPARAÇÃO ENTRE AVALIADORES.....	40
TABELA 5 - RESULTADOS DA COMPARAÇÃO DE TODOS OS AVALIADORES COM O PADRÃO.	41
TABELA 6 - RESULTADO IDEAIS PARA PARÂMETROS.....	50
TABELA 7 - 5W-1H.....	53

LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

DMAIC - *Define Measure Analyse Improve Control*

PDCA - *Plan Do Check Act*

SGQ - Sistema de Gestão da Qualidade

R&R - Repetitividade e Reprodutibilidade

LPP - Lio Ponto a Ponto

DOE - *Design Of Experiments*

FTA - *Failure Tree Analysis*

MSA - *Measure System Analysis*

DT - Diretrizes de trabalho

IT - Instruções de Trabalho

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. OBJETIVOS	12
1.2. DELIMITAÇÃO	13
1.3. JUSTIFICATIVA	13
1.4. ESTRUTURA DA MONOGRAFIA	13
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1. GESTÃO DA QUALIDADE	15
2.2. SEIS SIGMA	16
2.3. DMAIC	18
2.3.1. DEFINIR	18
2.3.2. MEDIR	19
2.3.3. ANALISAR	19
2.3.4. MELHORAR	20
2.3.5. CONTROLAR	20
2.4. FERRAMENTAS DA QUALIDADE	21
2.4.1. ESTUDO DE R&R	21
2.4.2. DIAGRAMA DE PARETO	22
2.4.3. MAPA DO PROCESSO	23
2.4.4. MATRIZ DE IMPACTO E ESFORÇO	24
2.4.5. FTA	25
2.4.6. DOE	25
3. ESTUDO DE CASO	26
3.1. DEFINIÇÃO DO PROJETO	26
3.2. FASE DO DEFINIR	28
3.2.1. DEFINIÇÃO DA EQUIPE	28
3.2.2. DEFINIÇÃO DA META COM ANÁLISE DE DADOS	29
3.2.3. DEFINIÇÃO DO CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DO PROJETO	31
3.3. FASE DO MEDIR	33
3.3.1. ESTRATIFICAÇÃO DE DADOS	34
3.3.2. ESTUDO DE R&R	38
3.4. FASE DO ANALISAR	41
3.5. FASE DO MELHORAR	52
3.6. FASE DO CONTROLAR	55
4. CONCLUSÃO	57

1. INTRODUÇÃO

Nesta era de globalização, com competições acirradas por um espaço no mercado de bens e serviços, com necessidades mais complexas de seus clientes, fornecer produtos e serviços de qualidade tornou-se uma vantagem competitiva e uma necessidade para garantir sobrevivência de grandes organizações (MIM, 2014).

Logo após os produtos japoneses entrarem no mercado global, a concorrência mostrou sua face, já que os produtos asiáticos detinham um grau mais elevado de qualidade. A comunidade mundial começou a desenvolver maneiras de se recolocar na competição de mercado. A partir de 1970, a comunidade internacional começou a planejar uma sistemática de melhoria contínua da qualidade, mas agora com o nome de gestão da qualidade total (MONTGOMERY, 2012).

Indubitavelmente defeitos de qualidade aumentam os gastos com serviços, garantia, retrabalho, sucata, tempo de máquina parada, testes e inspeções (PRASHAR, 2014). No entanto, problemas com qualidade não afetam somente a perspectiva econômica e financeira da empresa, mas é evidente que há um declínio na satisfação e na confiança de seus clientes. Assim, produtos com o mínimo de defeitos são importantes não só por gerarem lucros, mas porque ajudam a aumentar a competitividade através da satisfação de seus clientes (MIM, 2014).

Resoluções de problemas com princípios e metodologia Seis Sigma alinhada com a ferramenta DMAIC (Definir Medir Analisar Melhorar e Controlar) tem sido uma das várias técnicas utilizadas por empresas para melhorar a qualidade de seus produtos e serviços.

Seis Sigma, segundo Montgomery (2012), é uma sistemática inovadora, que utiliza um conjunto de ferramentas estruturadas para a melhoria da qualidade de processos e medidas estatísticas para avaliação das mesmas. Gijo (2014) diz que não basta somente melhorar a qualidade dos processos, mas também assegurar que os ganhos obtidos sejam sustentáveis.

Na visão de Sharma (2014), Seis Sigma é uma abordagem baseado em equipe, que busca um melhor desempenho operacional focando nas necessidades dos clientes. Esta estratégia de negócios reconhecida com excelência empresarial tem chamado à atenção de acadêmicos e profissionais, em muitos casos suas realizações de desempenho de negócios são notáveis (MOSCHIDIS, 2013).

Tal modelo deve facilitar a gestão de tecnologia para produzir novos produtos rentáveis e com alto grau de confiabilidade, neste contexto, é necessário reconhecer as largas aplicações e poder do Seis Sigma (SIVARAM, 2013).

Seis Sigma tem fundamentalmente cinco passos, Definir, Medir, Melhorar, Analisar, e o Controlar (DMAIC) (KUAN, 2012). As ferramentas estatísticas usadas nos cinco passos do DMAIC ajudam a identificar, quantificar e eliminar a causa raiz do problema, sustentando a melhoria do desempenho da linha de produção, aumentando a satisfação do cliente e melhorando significativamente a rentabilidade em todos os setores de muitas organizações do mundo todo (PRASHAR, 2014).

A metodologia DMAIC é a evolução na versão de W. Edwards Deming do PDCA (Planejar, Fazer, Verificar e Agir), também conhecida como a Roda Shewhart, que ganhou o nome do seu inventor Walter Shewhart (KUMAR, 2012). Com a ampla gama de modelos de gestão de qualidade criado em uma perspectiva evolutiva, a cada novo programa, características de seus modelos anteriores são herdadas, ou seja, são desenvolvidos sobre alicerces de modelos já existentes e implementados (PINTO, 2014).

Esta ferramenta não só integra aspectos humanos (tais como liderança, foco no cliente, mudança cultural, etc.), mas também nos aspectos do processo (processos estáveis e capaz, redução de variação, pensamento estatístico) no âmbito da implementação do Seis Sigma (SHARMA, 2014) (ANTONY, 2011).

Algumas das sistemáticas utilizadas no Seis Sigma é a ferramenta DMAIC, já citada anteriormente, a estratificação de dados com gráficos de Pareto, diagrama de causa e efeito, diagrama de impacto esforço, estudos de R&R, FTA, projetos de experimentos DOE, 5W-1H e teste de hipótese que serão utilizadas no projeto de melhorias apresentado neste trabalho.

1.1. OBJETIVOS

Como passo inicial este trabalho tem o objetivo de revisar algumas teorias relevantes de Seis Sigma e DMAIC, com maior atenção para princípios e filosofia.

Também descrever e exemplificar, em forma de estudo de caso, ferramentas de Seis Sigma e implantar um projeto de melhoria de indicadores, em uma manufatura de rodas, destacando boas práticas e dificuldades que essa abordagem trás para as companhias, de forma a auxiliar interessados do ramo na implementação da metodologia e uso de ferramentas, e propor evidências quantitativas e qualitativas do uso desses métodos.

1.2. DELIMITAÇÃO

Esta pesquisa tem como objetivo de estudo as práticas de uso das ferramentas de Seis Sigma, critérios e desempenho em uma organização. A empresa de aplicação é uma multinacional brasileira do setor de componentes automobilísticos.

Deve-se ressaltar que os dados fornecidos pela empresa serão preservados por razão de sigilo. Assim, os dados serão analisados generalizadamente, e de maneira anônima.

1.3. JUSTIFICATIVA

Segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos automotores ANFAVEA (2014) de jan/2013 a nov/2014, houve uma queda de 23,5 % na venda de caminhões e 19,7% na venda de ônibus no Brasil. Com essa imprevisível oscilação do mercado nacional, grandes corporações devem estar preparadas para tempos de altos e baixos volumes.

Assim, como nos dias de hoje, com volumes extremamente baixos, há necessidade de baixarem os preços, cortarem os gastos, para ainda estarem na competição do mercado, já em tempo de força total há necessidade de um processo confiável e capaz de atender aos pedidos, com todos os requisitos de qualidade solicitados, para melhor satisfação e fidelidade de seus Clientes.

A justificativa para a escolha de ferramentas de Seis Sigma neste trabalho é que nessa metodologia o prazo para execução dos projetos é relativamente curto, a maioria é finalizada de três a seis meses. Ainda segundo Montgomery (2012), a implementação de Seis Sigma facilita o desenvolvimento de resultados otimizados e inovadores como evidenciado em muitas organizações.

Fundamentado na estratégia de Seis Sigma, serão feitas otimizações de processos em uma linha de manufatura, identificando possíveis causas de não conformidade, sendo de grande valia na perspectiva acadêmica.

1.4. ESTRUTURA DA MONOGRAFIA

O presente trabalho está organizado em três principais capítulos. No Primeiro será exposta uma revisão do referencial teórico, que é de suma importância para o bom entendimento

do trabalho, serão abordados tópicos de Gestão da Qualidade, Seis Sigma, metodologia DMAIC composta por suas cinco fases e ferramentas de Seis Sigma.

Em seguida será apresentado um estudo de caso, que detalha maneiras e práticas de aplicação de ferramentas de Seis Sigma, sempre destacando seus aspectos positivos e suas dificuldades, desde o surgimento do problema até a solução e controle das melhorias.

Finalmente, no capítulo posterior, o trabalho será concluído, descrevendo de que maneira os objetivos foram alcançados, as dificuldades, comentários de boas práticas e abordando contribuições acadêmicas.

Referências bibliográficas e o apêndice serão expostos depois do capítulo da conclusão.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. GESTÃO DA QUALIDADE

Qualidade não é simplesmente definir uma conformidade às especificações, qualidade com o decorrer do tempo ganhou uma nova visão e uma nova perspectiva, agora mais voltada ao cliente. Empresas voltadas para a satisfação de seus clientes sabem que fidelidade não se conquista somente com produtos que tenham um grau mínimo de conformidade discriminado nas especificações técnicas, mas que tenham também quesitos importantes, que em consequência do desenvolvimento do mercado foram considerados conjuntamente num sistema de gestão da qualidade, tais como preços atraentes e condições de pagamento, prazo e pontualidade, flexibilidade na negociação entre outros (CAVALCANTI; LIMA; PONTE, 2004).

Segundo Grael e Oliveira (2010), a melhoria contínua, processos, produtos/serviços e racionalização de projetos dão-se a partir da identificação das necessidades reais dos clientes. Para estar no páreo da competição de mercado é essencial à contínua busca pela excelência, torna-se prioridade das empresas buscar não somente as necessidades de seus clientes, mas por vezes superar suas expectativas. Por tanto, o termo qualidade é definido como a busca simultânea de atingir os resultados desejados e a plena fidelidade dos consumidores de produtos e ou serviços prestados (BALSANELLI; JERICÓ, 2005).

De acordo com a pesquisa de Lai e Soltani (2007), 44% das empresas europeias acreditam que o intuito da gestão da qualidade é justamente maximizar a satisfação de seus clientes externos, essa grande força competitiva tem forçado as organizações a adotarem a SGQ (sistemas de gestão da qualidade), esperando sobreviver e ter sucesso no mercado.

Na visão de Kulll e Wacker (2010), o propósito é a eliminação das deficiências e melhoria da qualidade. Para melhor orientar recursos da manufatura, tais como (materiais e equipamentos, processos e pessoas), as práticas específicas envolvidas devem ser bem desenvolvidas.

Práticas de gestão da qualidade são desenvolvidas principalmente para orientar claramente os recursos de fabricação, conseqüentemente melhorando a qualidade do produto (CLAVER; CORTÉS, 2010). Há vários modelos de sistemas que podem ser usados individualmente, ou de maneira coletiva, contudo cada um tem seu objetivo específico e suas particularidades.

Deve-se evidenciar que não é uma tarefa fácil de atingir uma produção de serviços e produtos de qualidade. Ainda há uma falta de compreensão da importância de conceitos nas empresas, mesmo com o aumento de pesquisas na área (BRATKO; SLUGA; SRDOC, 2005).

A fim de alcançar a satisfação do cliente, deve-se implantar uma Gestão da Qualidade ao longo de toda a cadeia de provimento, caso contrário esta não atingirá a eficiência ótima. É preciso estar implícito que esforços individuais feitos pela gestão de uma organização, não são suficientes (FOTOPOULOS; PSOMAS, 2009).

É comum organizações se frustrarem com o pequeno retorno financeiro proveniente da implantação de um SGQ, pois geralmente essas empresas não focam na filosofia em si, que é o ponto primordial, mas volta sua atenção na utilização de ferramentas e técnicas de solução de problemas (BRATKO; SLUGA; SRDOC, 2005). Uma saída para essa enrascada, seria o desenvolvimento e a implementação de um SGQ que seja o mais adequado para a ocasião, ou às necessidades dessa organização, para garantir o pleno comprometimento de todos os envolvidos com os objetivos da empresa, possibilitando seu aperfeiçoamento perpétuo (OLIVEIRA; MELHADO, 2004).

2.2. SEIS SIGMA

Segundo o autor Mário Perez Wilson, Seis Sigma pode significar muitas coisas e ser usado de maneiras diversas, podendo ser definido em algumas perspectivas:

- Seis Sigma – O Benchmark: O Seis Sigma é comparado a uma referência ou um parâmetro, para avaliar qual o nível da qualidade de produtos, processo, máquina e equipamentos entre outros.
- Seis Sigma – A Meta: O Seis Sigma pode ser definido como uma meta, ou o valor ótimo, o objetivo que a empresa quer alcançar, ou seja próximo de zero unidades defeituosas ou até mesmo zero falhas do equipamento.
- Seis Sigma – A Medida: O Seis Sigma pode ser uma medida de qualidade, ou seja, quando a empresa tem um nível baixo de sigma, tal como 2 sigma ($\pm 2\sigma$) dentro das especificações, o nível de qualidade é baixo, ou seja o valor de não conformidades tem um valor alto comparado com uma empresa de nível 4 sigma ($\pm 4\sigma$). Na estatística, sigma representa o desvio padrão, ou seja, a dispersão dos dados da média do processo.

- Seis Sigma – A Filosofia: O Objetivo do Seis Sigma é a melhoria perpétua, ou seja busca incessantemente a melhoria de processos, maquinas, mão de obra, metodologia e etc. Tornando-se uma filosofia a ser seguida por muitos.
- Seis Sigma – A Estatística: O Seis Sigma é uma estatística que é usada para calcular a performance em relação às especificações, à tolerância ou até mesmo a cada característica crítica de qualidade.
- Seis Sigma – A Estratégia: O Seis Sigma é uma estratégia que leva em consideração a inter-relação entre todos os requisitos que levam a plena satisfação dos clientes e os pontos que podem influenciar negativamente, como o projeto de um produto, sua fabricação, a qualidade final, assim como todas as possíveis falhas em todos os pontos no processo.
- Seis Sigma – A visão: O Seis Sigma é a visão que faz a empresa ser a melhor, a visão que a autarquia da empresa ganha em melhoras constantes de seus processos e qualidade de seus produtos com um nível muito acima das expectativas de seus clientes.

Seis Sigma é uma abordagem organizacional e segundo Antony (2011), o Seis Sigma foi desenvolvido por Bill Smith, um engenheiro da Motorola em 1986. Bill Smith teve o apoio de Bob Galvin, posteriormente o CEO da empresa. O objetivo de Bill era fazer o necessário para o Seis Sigma se tornar o componente numero um na cultura da Motorola. Ainda segundo Murphy (2012) Bob Galvin argumentou: “Eu escutei, eu acredito que criamos um ambiente onde as pessoas pudessem falar e influenciar a empresa”, quando questionado em qual foi a melhor atitude tomada em liderar a iniciativa dentro da Motorola.

O resultado foi um significativo aumento nos níveis de qualidade para diversos produtos da Motorola, todo mundo queria saber qual o segredo da organização, foi em 1990 que o então presidente Robert Garvin escolheu compartilha o Seis Sigma com outras empresas, e o resultado é que até 2003 mais de U\$ 100 bilhões tinham sido poupados de diversas empresas, e o Seis Sigma tornou-se um padrão global da prática de negócios de qualidade (POHEKAR, 2014).

Uma das vantagens da metodologia Seis Sigma em relação a outros programas de melhoria é que ela permite que aos profissionais remover com precisão as questões que dificultam e demonstrar as melhorias através de ferramentas estatísticas, como gráfico de controle e gráficos de Pareto (POHEKAR, 2014).

O principal requisito do uso do Seis Sigma é o real envolvimento da alta administração para mantê-lo, devido a cronogramas e complexidades de projeto. Por ser uma metodologia

altamente analítica esta prática necessita de muitos anos de treinamento e desenvolvimento estatístico, para que possa ser efetivamente aplicada (ANTONY, 2011).

2.3. DMAIC

Na abordagem do Seis Sigma, o modelo DMAIC indica como os problemas devem ser tratados, criando uma rotina padrão de resolução de problemas. Esta sistemática ajuda as organizações a resolver problemas e melhorar seus processos. Ainda segundo Mim (2014) o DMAIC é considerado como um modelo de aprendizagem, mesmo focado em “agir” (ou seja, executa atividades de melhoria), também aborda amplamente a coleta de dados, anteriormente à execução de qualquer melhoria. Desta maneira, os usuários do DMAIC baseiam-se em fatos reais e científicos, e não em experiências ou conhecimentos, assim como acontece em muitas organizações.

Se a metodologia de resolução de problemas não for abrangente o bastante, provavelmente a solução não será a ideal e o problema ressurgirá, mais cedo ou mais tarde (JAGLAN, 2012).

A quantidade de economia gerada por um projeto é importante obviamente, tanto para a equipe do projeto quanto para o empregador. Mas a quantidade de economia gerada não deve ser utilizada para avaliar a qualidade de um projeto DMAIC (MANDAL, 2012).

O DMAIC tem cinco bem pesquisados e padronizados passos, definir, medir, analisar, melhorar e controlar (KUAN, 2012). Analisando cuidadosamente estes passos, observa-se que as cinco etapas não são independentes. Cada etapa tem um efeito residual sobre a posterior (MANDAL, 2012).

As cinco etapas que compõem a metodologia DMAIC, é apresentada resumidamente nos próximos itens.

2.3.1 DEFINIR

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

A etapa Definir inicia-se com a definição do time bem como o seu papel, o escopo do projeto, o cronograma, a meta e o impacto financeiro estimado (MIM, 2014).

O Desenvolvimento inicia-se em reconhecer e definir o processo, o problema a ser desenvolvido e ou resolvido. Há uma diferenciação entre processos de produção de produtos

com serviços e operações, pois os processos funcionais devem ser divididos. Nesta etapa deve ocorrer a definição dos parâmetros críticos do processo (KUAN, 2012).

Ainda segundo Kuan (2012), Benchmarking, que seria buscar referências a outros projetos ou empresas de desempenhos superiores ou de melhor qualidade, é uma ferramenta essencial na fase em questão.

2.3.2 MEDIR

O objetivo da fase Medir, é justamente verificar o desempenho do processo atual, com uma análise estatística. Para a coleta de dados, pesquisas qualitativas e quantitativas são realizadas por meio de indicadores, questionários, entrevistas e arquivos de linha, esses dados são visualizados com facilidade em histogramas, gráficos de tendência, gráficos de Pareto e etc.

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

Um estudo característico desta fase é a análise do sistema de medição, geralmente realiza-se o estudo de R&R (Repetitividade e Reprodutibilidade) (JAGLAN, 2012). Assim definem-se os fatores de medição a serem melhorados, fornecendo uma estrutura para avaliar o desempenho atual (MIM, 2014).

2.3.3. ANALISAR

O objetivo da fase Analisar, é gerar uma lista priorizada das variáveis que influenciam nos indicadores de processo, para isso, examina-se os dados coletados com apoio de ferramentas estatísticas que ajudam a realizar as análises (JAGLAN, 2012).

O foco neste estágio está na determinação da causa raiz do problema, bem como comparar e priorizar oportunidades de melhoria com antecedência (MIM, 2014). É relevante estar ciente que o conjunto de ações deve ser estruturado em um plano de ação que atue na causa real, e não somente no efeito, isto torna a melhoria sustentável.

Geralmente as principais ferramentas utilizadas nesta etapa são tais como:

- FMEA
- Mapa de Processo
- Diagrama de Ishikawa – Diagrama de Causa e Efeito

- Teste de Hipótese
- Análise de Regressão
- DOE
- FTA

Depois de todas as análises desta etapa, deve-se repassar as etapas anteriores, caso não haja alterações a etapa Analisar está concluída e deve-se seguir para a fase Melhorar.

2.3.4. MELHORAR

A fase Melhorar é sucintamente descrita como fazer experimentos das entradas para obter a melhor combinação que gera a saída otimizada.

A característica principal dessa etapa é a utilização de experimentos estatísticos com o objetivo de gerar aperfeiçoamentos e reduzir os índices do problema (MIM, 2014). É nesta fase que o plano de ação, que foi direcionado na fase anterior, deve ser executado.

2.3.5. CONTROLAR

A fase de Controlar resume-se em fazer uso de recursos para fixar as entradas e otimizar as saídas.

A última fase do processo DMAIC assegura que as melhorias serão sustentadas, através do monitoramento do desempenho. Aqui as melhorias de processos são documentadas e institucionalizadas (MIM, 2014).

O mecanismo de controle e monitoramento da variação do processo é mantido através de gráficos de controle estatístico (KUAN, 2012). Também pode ser realizado através de sistemas de medição e inspeção.

Geralmente pessoas envolvidas com as novas mudanças, devem ser treinadas e aptas a desenvolverem seus trabalhos de acordo com os novos padrões, para isso, documentações como LPP (lição ponto a ponto), devem ser criadas e mantidas.

2.4. FERRAMENTAS DA QUALIDADE

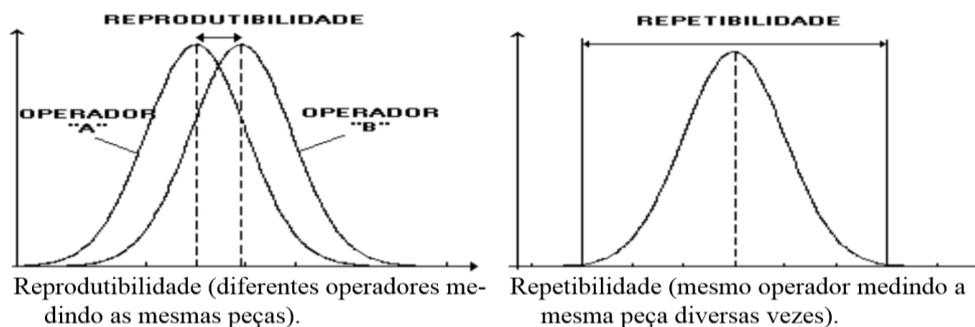
Este tópico abordará de forma sucinta as principais ferramentas de Seis Sigma e Qualidade que foram utilizadas neste projeto de graduação.

2.4.1. ESTUDO DE R&R

O objetivo de um estudo de R&R é assegurar que o sistema de medição seja estatisticamente confiável, determinando qual a influência do sistema de medição na variação do processo (JAGLAN, 2012).

No estudo de repetitividade e reprodutibilidade, o instrumento de medição é utilizado repetidas vezes. Na repetitividade, a característica de interesse é a capacidade do instrumento de medição em fornecer leituras repetidas e muito próximas, sempre nas mesmas condições e parâmetros. A reprodutibilidade caracteriza-se da mesma maneira, em verificar a capacidade do sistema de medição em fornecer medidas próximas, mas com mudanças nas condições, tais como mudança do inspetor, no turno de trabalho ou até mesmo mudanças no processo. Portanto, a repetitividade detecta a influência do instrumento de medição, e a reprodutibilidade detecta a influência do operador, tal como ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Relação gráfica de reprodutibilidade e repetitividade



Fonte: (REGO, 1995)

Em um sistema de medição por atributos (classificação ou inspeção), o resultado da medição é um valor único, exemplo, aprovado ou reprovado. Estes podem ser obtidos como valores em uma escala contínua.

Na avaliação por atributos o inspetor é avaliado em suas capacidades de detectar repetidamente itens perfeitos ou defeituosos, assim como a tendência com que o avaliador rejeita unidades perfeitas e aceita unidades defeituosas.

A precisão é estimada por meio da comparação dos resultados dos avaliadores. Já a avaliação de vícios é feita por meio da comparação dos resultados dos avaliadores com o padrão, o que pode gerar concordância ou discordância.

No estudo de R&R podem surgir alguns tipos de erros quanto à classificação das amostras por parte dos avaliadores, tais como:

- **Classificação Errada:** representa a aceitação de um item defeituoso, considerado o mais crítico dentre os três.
- **Alarme Falso:** representa a rejeição de um item perfeito
- **Mistura ou Inconsistência:** Ocorre quando há resultados contraditórios nas avaliações de um mesmo item.

O índice Kappa é uma medida de concordância cruzada dos avaliadores, e testa as proporções de acertos dos avaliadores comparadas com a proporção esperada na avaliação.

A classificação do índice Kappa para sistemas de medição por atributos usam os critérios do MSA (*Measure System Analysis* – Análise de Sistema de Medição) ilustrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Critérios de avaliação de sistemas de medição por atributos.

Percentuais	Categorias		
	Aceitável	Marginal	Inaceitável
Concordância individual	0,9 ou mais	0,8 - 0,9	Menos que 0,8
Alarme falso	0,05 ou menos	0,05 - 0,10	Mais que 0,10
Classificação errada	0,02 ou menos	0,02 - 0,05	Mais que 0,05

Fonte: Autor

2.4.2. DIAGRAMA DE PARETO

O diagrama de Pareto é uma ferramenta da qualidade, que objetiva, a partir da coleta de dados, fazer uma representação gráfica, no formato de um gráfico de barras, que mostra o percentual de cada barra quando comparado com o todo, discriminando os problemas de maiores índices primeiro. Rêgo (2013) também nos esclarece que a convenção do gráfico de

Pareto é feita sendo o eixo horizontal representando os tipos de problemas e o eixo vertical representando a quantidade apontada.

2.4.3. MAPA DO PROCESSO

O Mapa de Processo é uma ferramenta que tem por objetivo determinar as principais causas dos problemas. É uma ferramenta de comunicação qualitativa, criada para identificar as possíveis melhorias nos processos,

Dentre suas vantagens destacam-se:

- Permite expor o processo em sua forma atual e em um nível de detalhamento necessário para o conhecimento qualitativo dos fatores geradores do problema.
- Propicia melhor qualidade da análise qualitativa, o que auxilia a aplicação de ferramentas estatísticas que irão quantificar as relações de causa e efeito.

O mapa de processo é a base para a caracterização do processo, a determinação dos relacionamentos existentes divide-se em:

- (Y) - Características de qualidade do produto final
- (y) - Características de qualidade do produto intermediário
- (x) - Parâmetros de controle de processo, que pode dividir-se em:
 - Parâmetros de Processo Controlável (C): Parâmetro de processos que podem ser ajustados em um valor pré-determinado e mantidos dentro de limites especificados.
 - Parâmetro de Processo Ruído (R): Parâmetros de processos que não podem ser (ou propositalmente não são) ajustados em um valor pré-determinado e mantidos em torno deste valor.

Dependendo da magnitude do efeito que um parâmetro de ruído (R) tenha sobre uma característica de qualidade do produto intermediário (y) ou final (Y), será necessário implementar medidas de controle sobre ele, o que o transformará em parâmetro controlável (C).

Aqueles parâmetros de processo (controláveis ou de ruídos) que exercem grande efeito no problema são considerados críticos e deverão ser marcados com o símbolo de “ * ”.

As características de qualidade finais (Y) dependem das características de qualidade intermediárias (y), que por sua vez, dependem dos parâmetros de controle de processo (x).

A Tabela 2, mostra a indicação das variáveis do produto.

Tabela 2 - Legenda de indicação das variáveis de produto

x	Parâmetros de Processo
y	Qualidade do Produto Intermediário
Y	Qualidade do Produto Final
C	Parâmetros de Processo Controlável
R	Parâmetros de Processo não-controlável (Ruído)
*	Parâmetros Críticos
PI	Produto Intermediário
PF	Produto Final
	Medido com instrumento/calibrador
	Medido visualmente
	Não é medido

Fonte: Autor

2.4.4. MATRIZ DE IMPACTO E ESFORÇO

A Matriz de Impacto e Esforço, geralmente utilizada na fase Analisar do processo DMAIC, tem como objetivo priorizar as principais causas para o problema em questão. Esta ferramenta correlaciona as saídas do processo com as entradas e outras variáveis, causas potenciais dos problemas prioritários.

Como não é viável coletar dados de todas as causas potenciais identificadas, será necessário priorizá-las, por meio da matriz de priorização.

As etapas de construção de uma Matriz de Impacto e Esforço dividem-se em:

- Dispor os problemas prioritários em uma coluna
- Descrever os problemas prioritários, na primeira linha
- Informar os pesos de cada problema, na segunda linha
- Verificar a relação entre os problemas prioritários e as suas causas potenciais, zero (relação fraca) a cinco (relação forte)
 - Calcular o índice de priorização, multiplicando a relação pelo peso do problema e somando esses produtos, para obter o total
 - Priorizar as causas em ordem decrescente da pontuação obtida.

2.4.5. FTA

FTA (*Failure Tree Analysis* – Análise da Árvore de Falhas) é uma técnica de análise de confiabilidade utilizada na busca das causas fundamentais do problema. Esta ferramenta exige um profundo conhecimento do produto ou processo em estudo.

O FTA apresenta graficamente a relação entre diversos eventos a partir do problema prioritário denominados eventos de topo. Uma vez identificada às causas fundamentais do problema, deve-se elaborar um plano de ação para o bloqueio das mesmas, pois automaticamente essas ações bloquearão os eventos do topo.

Para construção de um FTA deve seguir os seguintes passos:

- Definir o evento de topo (problema prioritário)
- Levantar as causas mais básicas através do *Writestorming* (É uma dinâmica de grupo para auxiliar a produção de ideias, em um curto período de tempo.)
- Agrupar as causas através de um diagrama de afinidades
- Fazer a pergunta “porquê” à causa mais básica, até determinar a causa raiz
- Priorizar as causas raízes levantadas através de uma matriz de priorização

2.4.6. DOE

DOE (*Design Of Experiments* – Projeto de Experimentos) é uma ferramenta utilizada em experimentos com parâmetros estatísticos (PINTO, 2011)

A ferramenta DOE tem como principal objetivo o delineamento de experimentos, uma metodologia para melhor conhecer e aperfeiçoar um processo. Essa ferramenta é baseada em experimentos onde, varia-se um parâmetro e analisa-se a saída (DONADEL, 2008). No caso o objetivo é encontrar os fatores que mais influenciam no processo.

Uma outra utilização do DOE é determinar os valores otimizados dos fatores, possivelmente a causa dessa determinação é uma maior estabilidade do processo.

Ainda segundo Donadel (2008), o DOE tem algumas definições básicas:

- É um fator controlável (quantitativo e qualitativo)
- É a quantidade de valores que um fator pode assumir

Em cada experimento tem-se um ou mais tratamentos a se analisar, tratamento é um nível de fator atribuído a um fator.

3. ESTUDO DE CASO

Nas subseções seguintes, será exemplificada a aplicação da metodologia DMAIC, demonstrando a elaboração e a execução do projeto de melhoria.

Em todas as fases foram feitas apresentações para o facilitador (*coaching*), que auxiliou o time com possíveis dúvidas de uso da metodologia e uso de ferramentas, e apresentações para gerentes e diretores (*check-point*) envolvidos com o projeto.

Para facilitar o entendimento de projeto, tanto para integrantes do time quanto pessoas que não participam da equipe, usou-se o chamado Mapa de Raciocínio. Esta é uma documentação progressiva do raciocínio no decorrer do projeto, que contém:

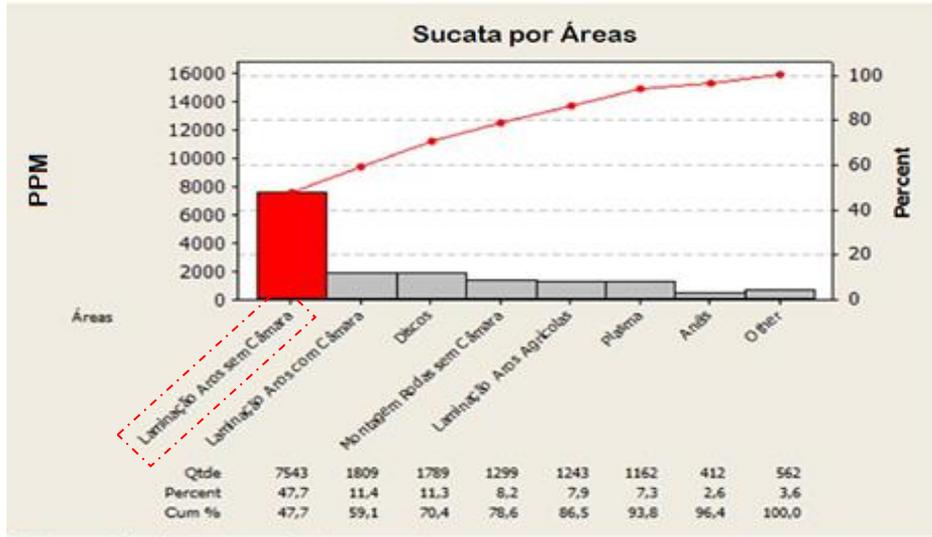
- Objetivo inicial
- Questões nas quais a equipe deve responder
- Quais as ações da equipe, para responder as questões
- As respostas das questões

3.1. DEFINIÇÃO DO PROJETO

Primeiramente, coletaram-se dados de indicadores de sucata no período de maio de 2013 até maio de 2014, com a estratificação de dados na ferramenta gráfica Pareto, e com o auxílio do *software* Minitab®, foi possível uma melhor visualização das áreas e defeitos mais críticos.

Observa-se no diagrama de Pareto da Figura 2, que a área com maior índice de sucata seria a linha de “laminação de aros sem câmara”.

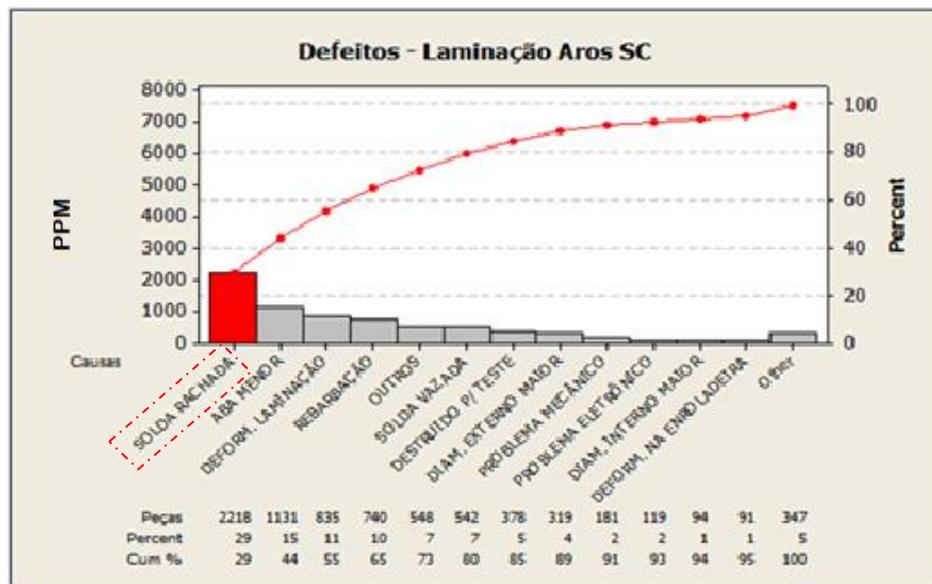
Figura 2 - Diagrama de Pareto PPM de sucata x Área



Fonte: Autor

Para uma observação mais profunda, plotou-se no gráfico somente dados referentes à linha de laminação de aros sem câmara, como ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Gráfico de Pareto PPM de sucata x Defeitos



Fonte: Autor

Observou-se que dentre os problemas, na linha de laminação, o problema com o maior índice seria “solda rachada”. Concluiu-se que o projeto seria focado neste problema.

3.2. FASE DO DEFINIR

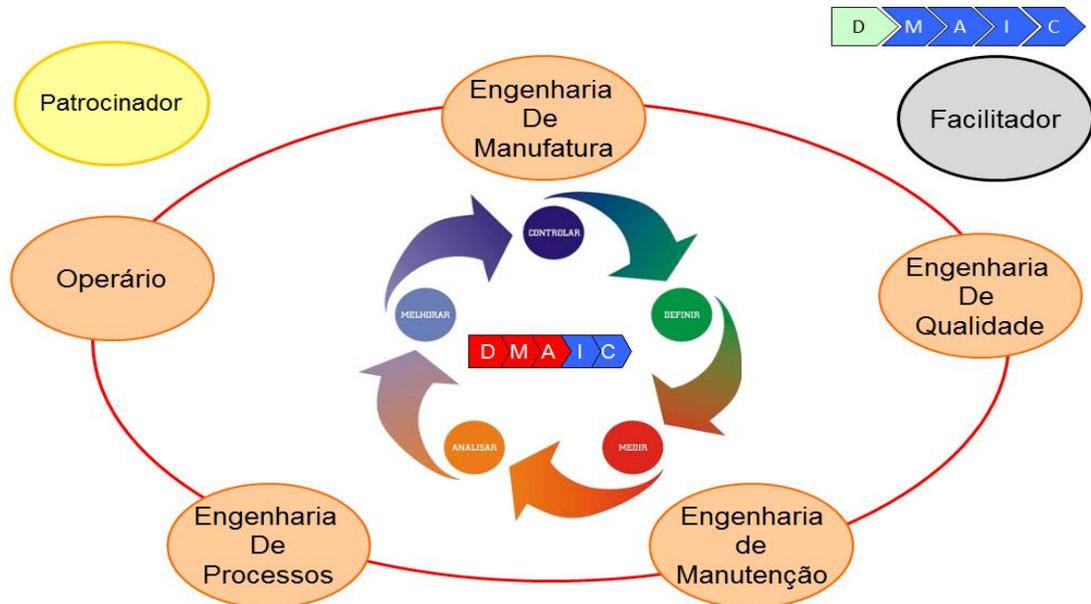
Nesta fase, com uma análise objetiva dos dados coletados de indicadores, definiu-se a equipe, a meta e o cronograma do projeto.

3.2.1 DEFINIÇÃO DA EQUIPE

Para execução do projeto, além do facilitador e do patrocinador da área, a equipe multidisciplinar será integrada por cinco profissionais de diferentes áreas da empresa (engenharia de qualidade, engenharia de manufatura, engenharia de processos, engenharia de manutenção e operários), todos devidamente treinados com a metodologia e aplicação de ferramentas, e diretamente envolvidos com o problema em questão. Esta equipe será responsável por minimizar os indicadores de sucata.

A equipe multifuncional está ilustrada na Figura 4.

Figura 4 - Definição do time multifuncional



Fonte: Autor

3.2.2. DEFINIÇÃO DA META COM ANÁLISE DE DADOS

Para a definição da meta, fez-se o levantamento do tipo de defeito gerado na área mais impactante no indicador, assim como ilustrados na Figura 5.

Os defeitos foram classificados em:

- a. Trinca ao longo da solda topo
 - i. Retrabalho até 2mm de comprimento
 - ii. Sucata acima de 2mm de comprimento
- b. Solda Vazada (Trinca Passante)
 - i. Sucata
- c. Solda Rachada na aba do aro
 - i. Sucata

Figura 5 - Segregação de defeitos



Fonte: Autor

Para melhor compreensão dos envolvidos, as fronteiras do projeto foram delimitadas entre:

- Início: Corte de rolos em *blanks* (chapas de aço).
- Final: inspeção de solda

Para definição da meta, coletaram-se os apontamentos de sucata por solda rachada, na linha de laminação, de maio de 2013 a maio de 2014, criou-se um gráfico de tendência juntamente com o cálculo da média.

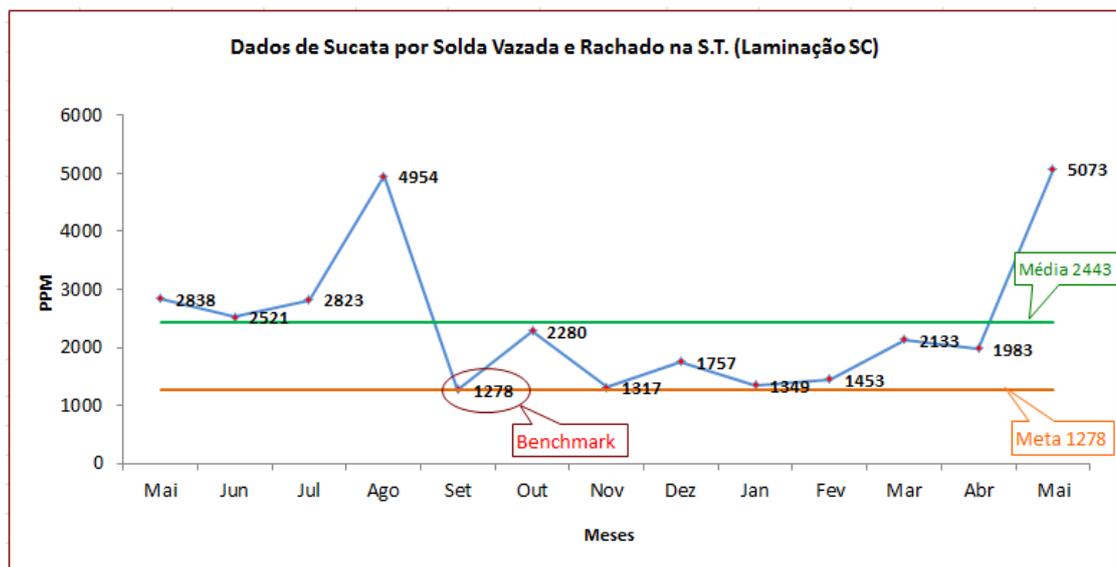
Posteriormente calculou-se a meta do projeto.

O mecanismo do cálculo da meta do projeto baseia-se no método da lacuna, que diz que:

$$\text{Meta} = \text{média} - \% \text{de redução} * (\text{média} - \text{benchmark}) * \text{benchmark}$$

No caso, “%de redução” é adotado segundo o desafio proposto pela equipe, ou seja, quanto maior a “%de redução”, mais desafiador será o projeto. Neste projeto definiu-se “%de redução” igual a 100%. O gráfico de tendência da Figura 6, ilustra a definição da meta.

Figura 6 - Gráfico de tendência, Meta.



Fonte: Autor

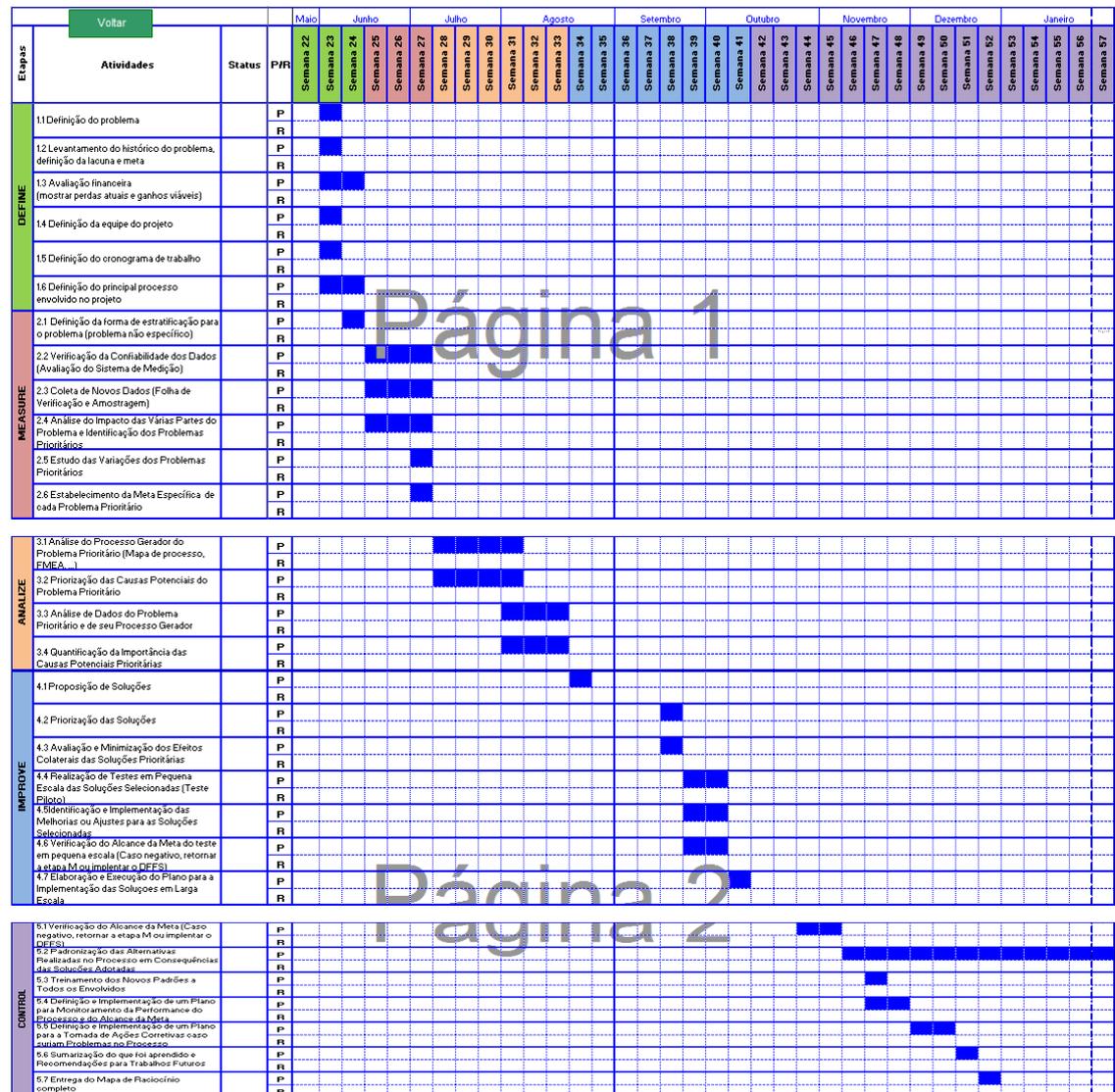
A definição da meta fica sendo:

- Redução de 48 % da média de sucata por solda rachada na linha de Laminação sem câmara. Representando 100% da lacuna para atingir o melhor resultado do periodo de um ano.
- Média de PPM de Sucata atual da linha Laminação = 2443 PPM
- Média de PPM de Sucata proposta após a redução = 1278 PPM

3.2.3. DEFINIÇÃO DO CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DO PROJETO

O time juntamente com a companhia e outros envolvidos neste projeto acordou que seu lançamento seria em maio de 2014, sendo que a fase “controlar” iniciaria em outubro do mesmo ano, assim como mostrado na Figura 7.

Figura 7 - Cronograma de atividades



Fonte: Autor

Vale ressaltar que todas as informações foram apresentadas para a aprovação da diretoria, pois se deve questionar, vale a pena concentrar esforços para resolução do problema?

O SIPOC é um diagrama que objetiva definir os principais processos envolvidos em um projeto de Seis Sigma, melhorando assim a visualização do escopo do trabalho.

A denominação SIPOC resulta das iniciais, em inglês, dos cinco elementos presentes no diagrama:

- ⇒ S – *Supplier* (Fornecedores)
- ⇒ I – *Input* (Entrada ou Insumos)
- ⇒ P – *Process* (Processo)
- ⇒ O – *Output* (Saída ou Produtos)
- ⇒ C – *Customer* (Clientes)

O Quadro 1, representa o diagrama SIPOC utilizado.

Quadro 1 - SIPOC

Fornecedor	Entrada	Processo	Saída	Cliente
Fornecedor de Recursos	Entradas para o Processo	Processo - Fluxo	Saídas do Processo	Cliente que Recebe saída do processo
Op. Corte de Blank	Blank	Preparar Blank	Aro Soldado e Laminado	Inspeção de Aro Laminação SC
Eng. Industrial Manutenção	Máquina	Calandrar blanks		
Planejamento	Mão de Obra	Achatar pontas do blank		
Engenharia Processo	Instrução de trabalho (Procedimento)	Soldar por resistência o blank		
Decapagem Quimica		Rebarbar Plano		
		Laminar Solda à Topo		
		Rebarbar Topo		
		Sabonificar e conificar extremidades do aro		
		1ª Laminação do aro		
		2ª Laminação do aro		
		3ª Laminação do aro		
		Expansão do aro		
		Furo de Válvula		
		Escarear F.V.		
		Lavar Aro		
		Inspeção de Solda Topo		
			Montagem	

Fonte: Autor

No SIPOC não devem ser apresentados os detalhes do processo, o detalhamento devera se feito na fase analisar, por meio de uso do mapa de processo ou fluxograma.

Com o uso da Ferramenta SIPOC é possível à padronização entre o time e com os demais envolvidos com o projeto.

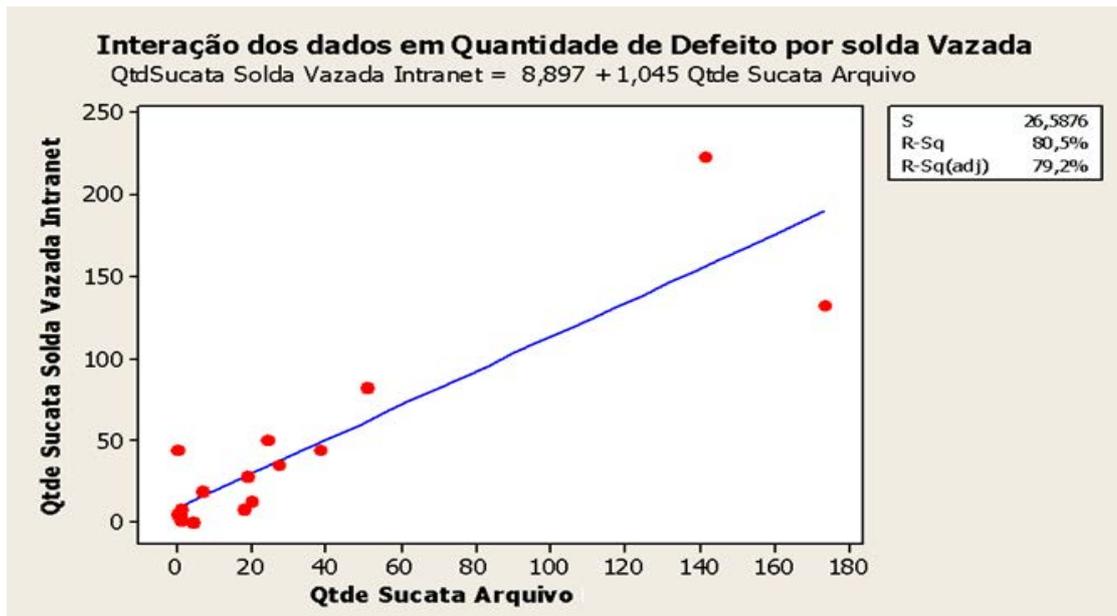
Com a aprovação da autarquia e com a definição do problema prioritário, da equipe, da meta e do cronograma, o projeto pode perseguir para próxima fase, pois a fase Definir está concluída.

3.3. FASE DO MEDIR

Nesta fase o objetivo foi à estratificação de dados, identificando as variáveis que impactam negativamente os indicadores, que no caso ajudou a identificar o item do problema prioritário.

Para focar o problema, coletaram-se dados oficiais de sucata que são obtidos da Intranet e dados apontados na linha, onde é especificado quantidade e local do defeito na peça. Como ambos os dados representam quantidade de sucata, fez-se uma análise para avaliar a interação entre os dados, assim como mostrado na figura 8.

Figura 8 - Interação de dados em quantidade de sucata



Fonte: Autor

Vale ressaltar que os parâmetros coletados são provenientes do processo mais crítico, ou seja, solda rachada na linha de laminação.

O plano de medição foi subdividido em três subfases: estratificação de dados, estratificação de defeitos e estudo de R&R. As seguintes ferramentas foram utilizadas.

- Gráfico de Pareto
- Estudo de R&R

3.3.1. ESTRATIFICAÇÃO DE DADOS

Estratificação Por Índice De Sucata

Na linha de rodas sem câmara, os modelos de rodas são discriminados por códigos, aqui chamados de PN (*part-number* – Número da Peça). Foi feito o levantamento da quantidade produzida referente a cada PN, em cada mês assim como mostrado no Quadro 2.

Quadro 2 - Dados de produção por mês e dimensão

Dimensão	P/N	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho
6,0 x 17,5	5087047441	0	0	6159	8930	2607	925
	5087349348	0	0	170	164	611	0
6,75 x 17,5	5087288430	1989	2323	2112	1963	3242	2172
	5087135735	700	686	1952	2065	2151	1900
7,5 x 19,5	5087117737	0	1126	0	0	607	0
	5087242495-1	20159	29933	21409	25567	27643	31042
7,5 x 22,5	5087242495-2	3058	0	2444	2832	2803	1745
	5087349366-1	769	1416	805	1069	1581	1352
	5087349366-2	358	0	306	764	1161	67
	5087191799	975	498	984	1193	0	0
	5087246350	6985	0	402	6854	5266	0
	5087282991	4520	1942	2249	133	655	480
	5087203245	12926	10394	13044	16527	5863	10888
	5087242136	12903	0	0	0	0	0
	5087283700	17507	38355	36490	41998	44510	43030
8,25 x 22,5	5087349339	0	320	2016	0	64	6799
	5087349428	0	1153	595	0	1202	600
	5087282383	0	0	2807	3949	492	2087
	5087385531	0	0	0	0	0	532
8,25 x 24,5	5087385710	0	1715	0	0	1715	1482
	5087385540	0	878	0	0	0	0
	5087243115	0	0	932	0	0	20
9,0 x 22,5	5087282211	70	0	0	0	0	0
	5087349437	1032	0	3308	2089	2122	0
	5087200842	846	1260	838	1503	2905	2132
	5087247061	0	0	0	0	430	0
	Total	84797	91999	99022	117600	107630	107253

Fonte: Autor

O Quadro 3, mostra o apontamento total de defeitos por cada PN em cada mês.

Com os dados do Quadro 2 e 3, montou-se uma priorização, evidenciando o volume de produção com a quantidade de defeito de cada PN.

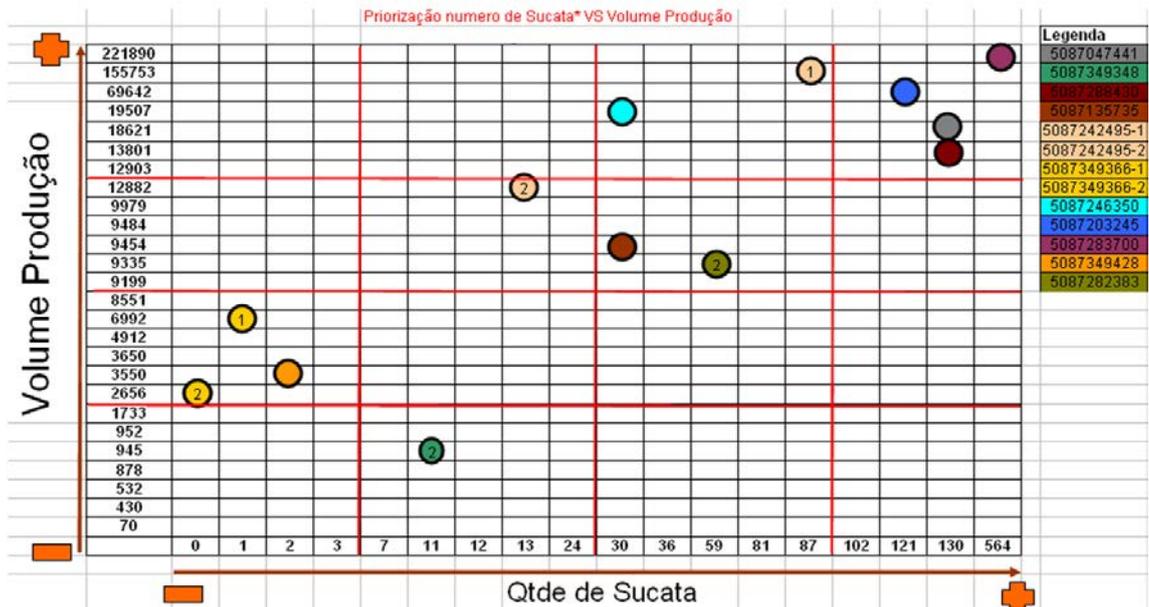
Quadro 3 - Dados de sucata por mês e por PN

P/N	janeiro		fevereiro		março		abril		maio		junho		Total Defeito
	rachada	vazada	rachada	vazada	rachada	vazada	rachada	vazada	rachada	vazada	rachada	vazada	
5087047441	15	4	79			8	7	10	5	2			130
5087349348													11
5087288430													130
5087135735													30
5087117737													12
5087242495-1	10	3	13	3	12	19	26	23	20	30	22	54	87
5087242495-2						28				8		8	13
5087349366-1													1
5087349366-2													0
5087191799													1
5087246350		2		1			17	1	5	4			30
5087282991													7
5087203245	12	2	22	1	15	4	14	15	18		5	13	121
5087242136													36
5087283700	22	1	43	16	22	6	67	39	110	121	77	40	564
5087349339													24
5087349428													2
5087282383													69
5087385531													3
5087385710													102
5087385540													0
5087243115													1
5087282211													0
5087349437													30
5087200842													81
5087247061													0

Fonte: Autor

A Figura 9, 10 e 11, mostram os PN em destaques, ou seja, os mais produzidos e os com o maior índice de defeitos, mas isso não significa que são esses o foco do projeto, pois não necessariamente eles têm um alto índice no PPM (parte por milhão).

Figura 9 - Priorização de PN



Fonte: Autor

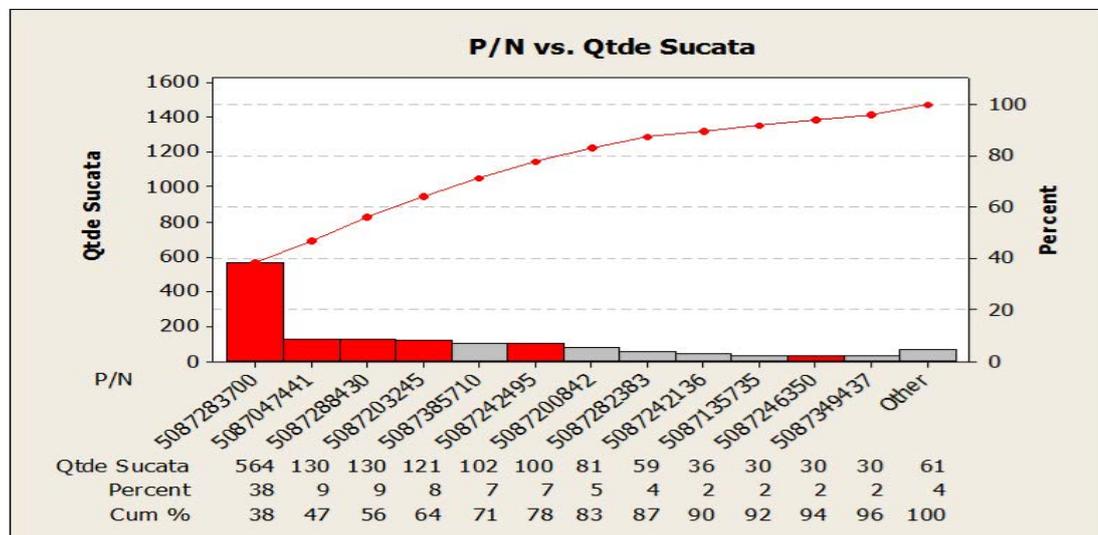
A análise da Figura 10, mostra que seis PN's que são responsáveis por 84% do volume de produção, e na Figura 11, percebe-se que os mesmos seis PN's são responsáveis por 73% do índice de sucata na planta.

Figura 10 - Gráfico de Pareto Produção x Quantidade de sucata



Fonte: Autor

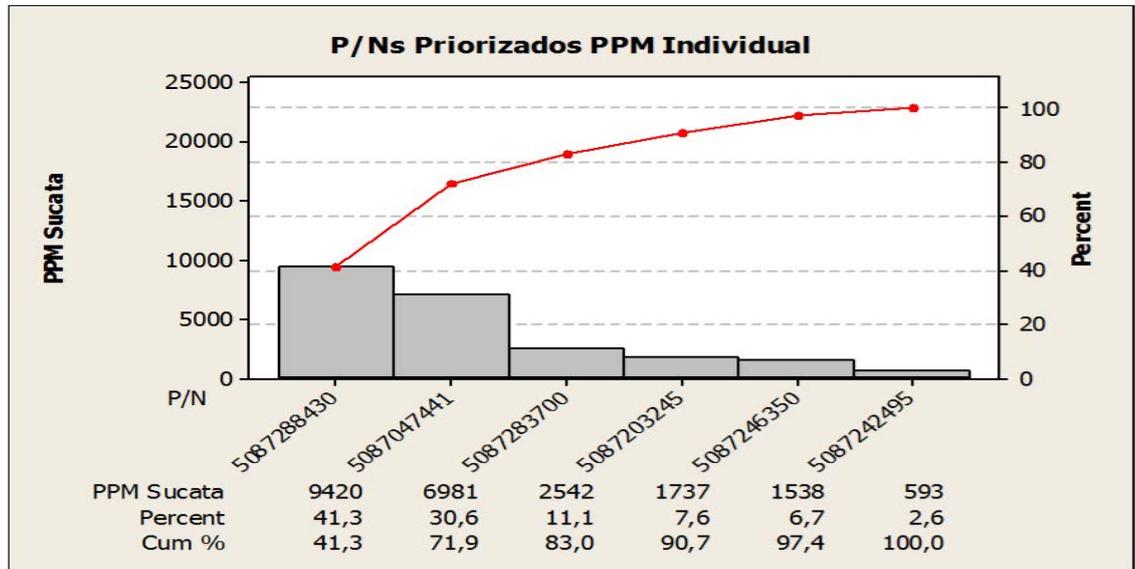
Figura 11 - Gráfico de Pareto NP em destaque



Fonte: Autor

Com base no volume de produção e quantidade de defeitos para sucata, fez-se uma análise entre volume de produção e quantidade de defeito para visualizar os aros que mais impactam na linha, ou seja, indicador de PPM alto. O problema prioritário se resume em seis PN, assim como ilustrado na Figura 12.

Figura 12 - Gráfico de Pareto PN Priorizados



Fonte: Autor

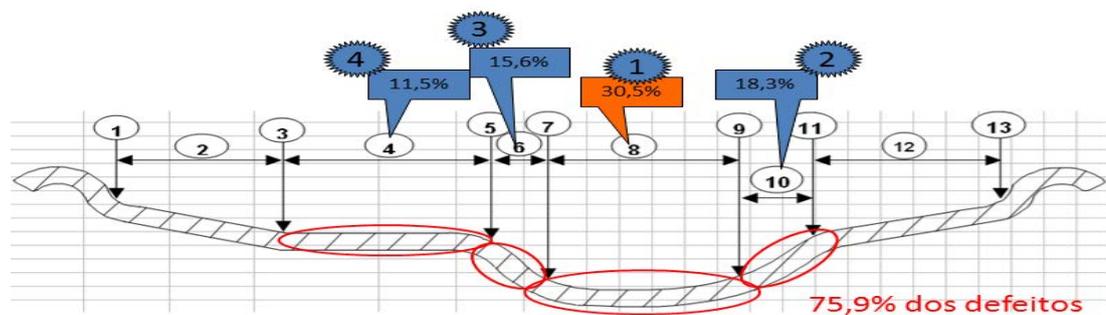
Estratificação por localização do defeito ao longo do perfil do Aro.

Entre os aros prioritários, existe mínima variação entre a localização dos defeitos ao longo da solda. A maior parte dos defeitos ocorre em regiões em comum para todos os PN.

Dependendo da melhoria o problema, pode afetar positivamente muitos se não todos PN priorizados por terem o local do defeito em comum.

É possível analisar esta estratificação na Figura 13, que também ilustra o perfil de um aro.

Figura 13 - Estratificação de defeitos por localização



Fonte: Autor

3.3.2 ESTUDO DE R&R

O objetivo do time foi o de analisar se a inspeção de peças na linha seria capaz de atender as expectativas. O controle atual é feito visualmente por um inspetor (oficial), há outros dois operadores treinados (*back-up*) para a mesma função em caso de uma ausência do oficial. Questionou se a inspeção, pois a facilidade na identificação poderia influenciar o inspetor a um possível erro.

Para a avaliação da inspeção, foi proposto um Estudo de R&R, para determinar se há diferenças entre o padrão proposto pelo time, e a prática dos inspetores.

O plano experimental foi realizado com os seguintes dados:

- Amostra: 19 peças (1 a 19)
- Avaliadores: 1 oficial e 2 *Back-Up*, dos três turnos, ou seja, 9 inspetores treinados.

A Quadro 4, representa a quantidade e os tipos de defeitos apresentados nas peças utilizadas para o estudo em questão.

Quadro 4 - Dados de peças para estudo de R&R

Defeito	Disposição	Qtde Obtida	Porcentagem
Trinca na Aba	Retrabalho	4	21%
Solda Rachada	Sucata	4	21%
Trinca não passante	Sucata	3	16%
Trinca passante	Sucata	5	26%
Isento	Aprovado	3	16%
TOTAL	-	19	100%

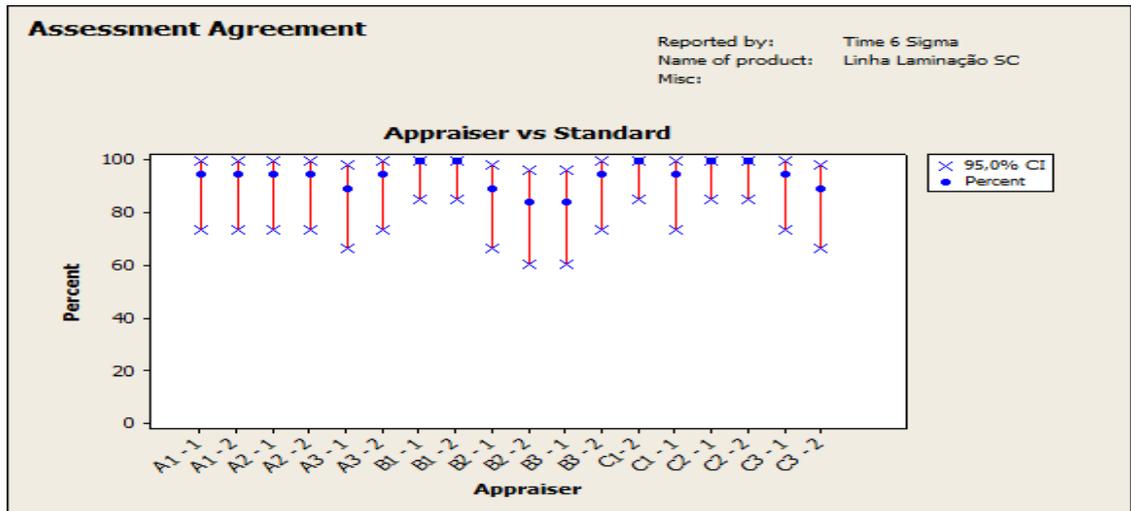
Fonte: Autor

As peças foram avaliadas duas vezes (não sequenciais) por cada inspetor, totalizando 342 inspeções.

Para as análises estatísticas do estudo em questão, plotou-se os dados gerados da pesquisa com os avaliadores, no *software* Minitab®, o qual gerou as seguintes saídas.

A Figura 14 e a Tabela 3, mostram os resultados das comparações dos resultados obtidos dos avaliadores com o padrão (ideal).

Figura 14 - Comparação de Avaliadores com o Padrão.



Fonte: Autor

A Tabela 3, revela também, que das dezenove amostras, o Turno 1 foi capaz de repetir a mesma resposta nas duas vezes que inspecionou o mesmo item, sendo assim, sua repetitividade, em termos percentuais é de 89,47%. A coluna do índice Kappa indica que todas as avaliações das amostras estão em um nível excelente, de acordo com o MSA.

Tabela 3 - Resultados da comparação dos avaliadores com o padrão.

Each Appraiser vs Standard

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
Turno 1	19	17	89,47	(66,86; 98,70)
Turno 2	19	14	73,68	(48,80; 90,85)
Turno 3	19	16	84,21	(60,42; 96,62)

Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.

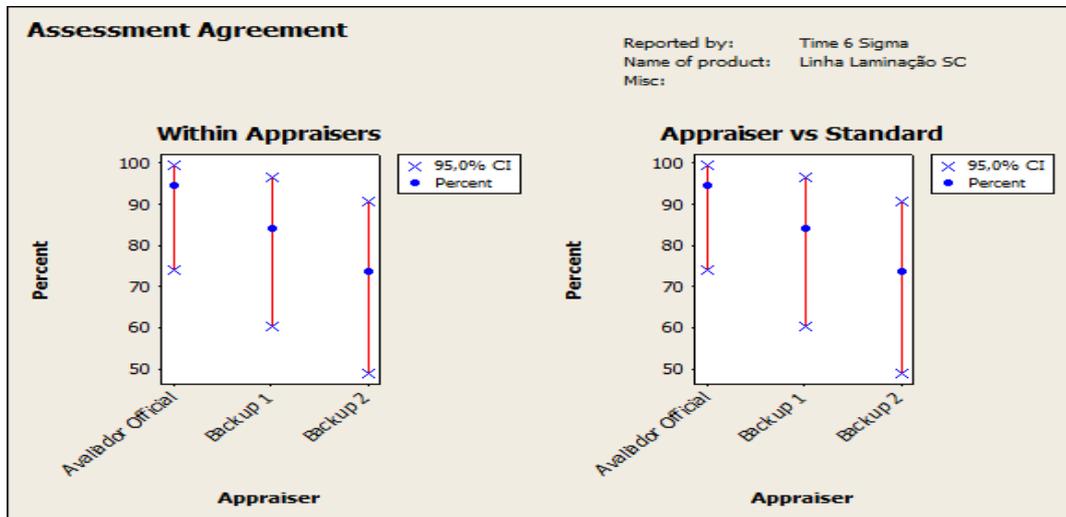
Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
Turno 1	A	0,78810	0,0936586	8,4146	0,0000
	R	0,80129	0,0936586	8,5555	0,0000
	S	1,00000	0,0936586	10,6771	0,0000
	Overall	0,88476	0,0693909	12,7504	0,0000
Turno 2	A	0,86526	0,0936586	9,2384	0,0000
	R	0,78262	0,0936586	8,3561	0,0000
	S	0,90894	0,0936586	9,7049	0,0000
	Overall	0,85948	0,0693306	12,3969	0,0000
Turno 3	A	0,97081	0,0936586	10,3655	0,0000
	R	0,90131	0,0936586	9,6234	0,0000
	S	0,94566	0,0936586	10,0969	0,0000
	Overall	0,93693	0,0697101	13,4404	0,0000

Fonte: Autor

Nas Figura 15 e nas Tabela 4 e 5, as análises foram feitas comparando os avaliadores e o padrão.

Figura 15 - Comparação dos avaliadores com o padrão e entre avaliadores.



Fonte: Autor

Tabela 4 - Resultados da Comparação entre avaliadores

Between Appraisers

Assessment Agreement

Inspected # Matched Percent 95 % CI
 19 13 68,42 (43,45; 87,42)

Matched: All appraisers' assessments agree with each other.

Fleiss' Kappa Statistics

Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
A	0,853629	0,0185472	46,0248	0,0000
R	0,770383	0,0185472	41,5364	0,0000
S	0,914829	0,0185472	49,3245	0,0000
Overall	0,855756	0,0136659	62,6197	0,0000

Fonte: Autor

Na análise entre todos os avaliadores com o padrão, Tabela 5, o índice Kappa revela que todos tiveram o sistema de medição excelente para reprodutibilidade.

Tabela 5 - Resultados da comparação de todos os avaliadores com o padrão.

All Appraisers vs Standard

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
19	13	68,42	(43,45; 87,42)

Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard.

Fleiss' Kappa Statistics

Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
A	0,874724	0,0540738	16,1765	0,0000
R	0,828408	0,0540738	15,3200	0,0000
S	0,951533	0,0540738	17,5969	0,0000
Overall	0,893727	0,0401128	22,2803	0,0000

Fonte: Autor

Após todas as análises realizadas, conclui-se que o sistema de medição é capaz de atender as exigências esperada, todos os valores do índice Kappa estão de acordo com o solicitado pelo MSA.

Com a seleção dos PN prioritários, com a estratificação de defeitos na peça e com os padrões de medição, definidos pelo time e realizados pelos inspetores, atendendo ao esperado, pode-se prosseguir para próxima fase, a fase Analisar.

3.4. FASE DO ANALISAR

O objetivo desta etapa é responder quais as causas fundamentais dos problemas prioritários, para isso, utilizaram-se como auxílio os dados coletados na fase do medir.

Na fase em questão, utilizou-se ferramentas estatísticas do Seis Sigma mais significantes, tais como:

- Mapeamento de processo
- Matriz de Impacto e Esforço
- FTA
- Teste de Hipótese
- DOE

Na fase em questão, a primeira atitude foi construir um mapa de processo, pois mesmo todos os integrantes estando envolvidos com o procedimento, ainda não estava claro para todos como cada etapa influenciaria a posterior ou quais eram os limites de cada etapa.

Para a criação do mapa de raciocínio, desenhou-se o fluxo do processo gerador do problema, pois as fronteiras já estavam definidas, uma parte do mapa foi ilustrado na Figura 16, o início e o fim do mapa de processo são simbolizados por elipses, e as etapas intermediárias por retângulos.

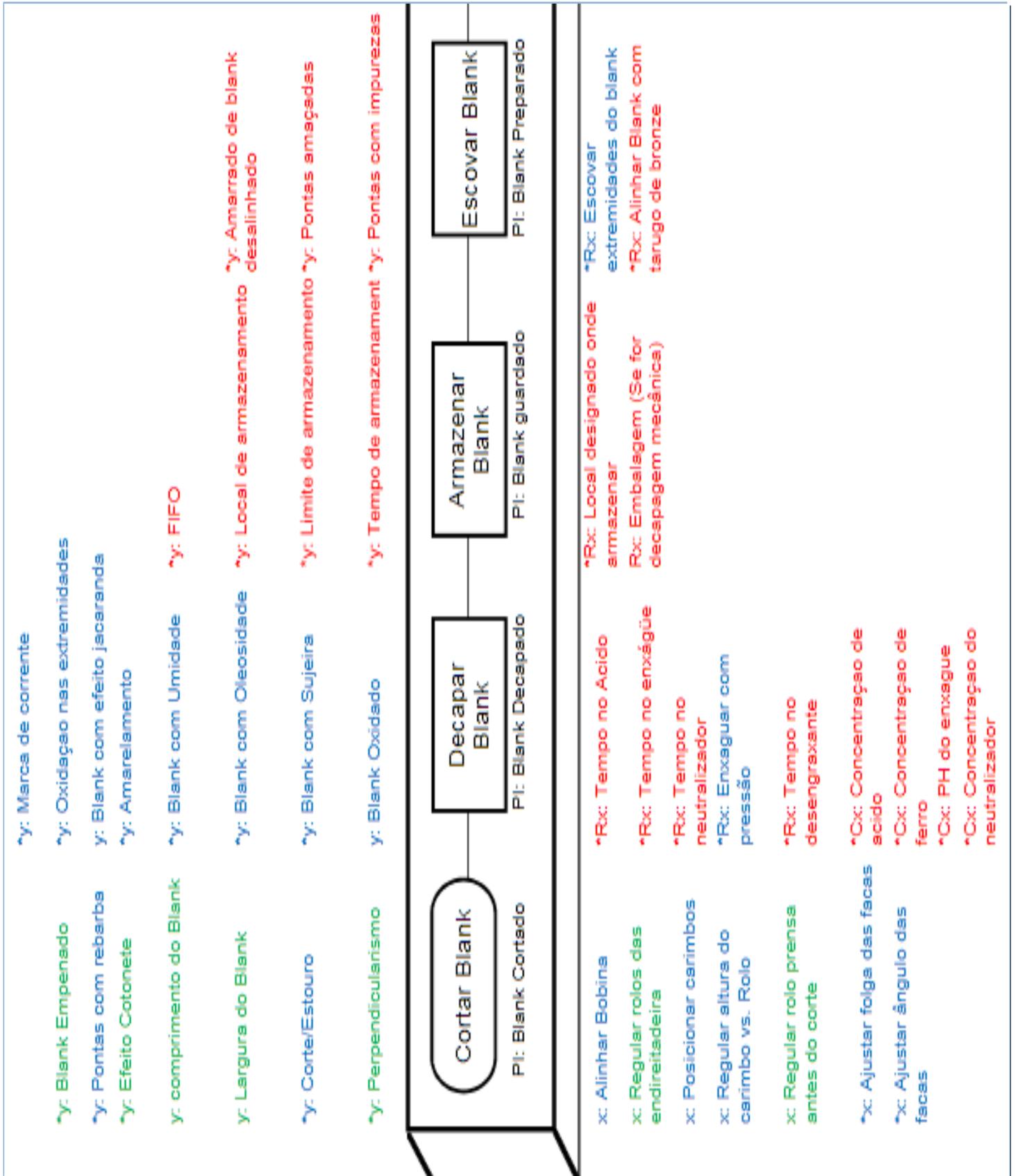
Posteriormente, discriminou-se no mapa os produtos intermediários e o produto final, definindo os limites, respectivamente como "Cortar *Blank*" e "Inspeção na Solda"

Através de um fluxograma do processo, definiram-se as principais atividades, identificando as saídas de cada etapa, ou seja, produtos intermediários e produto final. Posteriormente, identificaram-se as características de qualidade do produto final (Y), do produto intermediário (y) e os parâmetros de controle de processo (x), este últimos sendo classificado em controlável (C) ou Ruído (R), e acrescentando um " * " caso sejam um parâmetro de controle crítico ao produto final.

Os dados para construção do mapa de processo são provenientes em sua maioria, de entrevistas com operários e especialistas das áreas.

É importante ressaltar que a conclusão do mapa de processo somente teve êxito, pois observaram-se constantemente todos os parâmetros de processo e do produto no local, e houveram constante revisões depois de alterações no processo.

Figura 16 - Mapa de processo.



Fonte: Autor

Os fatores críticos de entrada do processo (*x), foram estratificados através de um diagrama de afinidades, como ilustrado no Quadro 5.

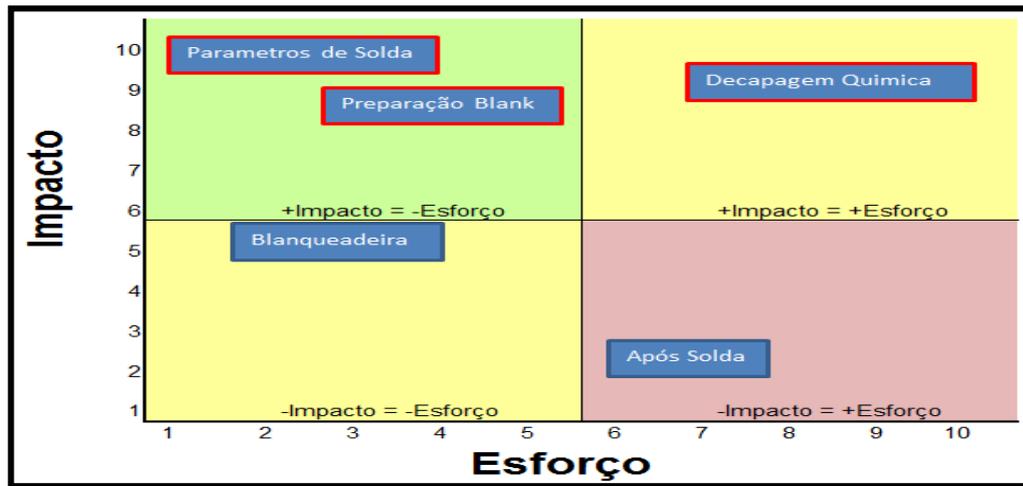
Quadro 5 - Diagrama de Afinidades

Blanqueadeira	Decapagem Quimica	Preparação Blank					Parametros de Solda	Após Solda				
Blanqueadeira	Decapagem Quimica	armazenagem	Escovar Blank	Calandra	Achatar Pontas	Transfer	Soldar por Resistencia	Rebarbar Solda	Refrigerar Solda	Conificar Extremidades	Conificar Extremidades	Laminação
*i: Ajustar folga das facas	*Ri: Tempo no Acido	*Ri: Local designado onde armazenar	*Ri: Escovar extremidades do blank	*Ri: Alinhamento do Blank	*Ri: Regulagem do ejetor	*Ri: Batente "U" correte	*Ri: Altura do eletrodo	*Ci: Regulagem do fuso	*Ri: Temperatura da agua	*Ci: Regulagem do diametro Inferior	*Ci: Regulagem do diametro Superior	*Ri: Alinhamento da ferramenta
*i: Ajustar ângulo das facas	*Ri: Tempo no enixagie		*Ri: Alinhar Blank com tarugo de bronze	*Ri: Garantia que os rolos e rolamentos estejam em boas condições	*Ri: Ajuste do calço do achatamento	*Ri: Garras corretas da largura do PIN	*i: Parametros de solda					*Ci: Tempo de Laminação
	*Ri: Tempo no neutralizador						*Ci: Abertura da mesa					*Ri: Alinhamento da ferramenta
	*Ri: Enixaguar com pressão						*Ci: Corrente					*Ci: Tempo de Laminação
	*Ri: Tempo no desengraivante						*Ci: Tempo de cada Step					*Ri: Alinhamento da ferramenta
	*Ci: Concentração de acido						*Ci: Força de encaique					*Ci: Tempo de Laminação
	*Ci: Concentração de ferro						*Ri: Pressão do mordente					
	*Ci: PH do enixagie						*Ri: Folga nas rotulas da mesa de encaique					
	*Ci: Concentração do neutralizador											
	*Ci: Concentração da agua do turbo											
	*Ri: Alcalinidade livre / Alcalinidade total											
	*Ci: Concentração do desengraivante											
	*Ci: Frequencia de limpeza dos tanques											
	*Ri: tempo de espera entre blanqueadeira e decapagem											
	*Ri: Tempo de espera após decapagem											
	*Ci: Frequencia de troca do enixagie											

Fonte: Autor

Posteriormente, foi realizada uma análise de cada grupo de afinidade em uma matriz de Impacto e Esforço, assim como ilustrado na Figura 17.

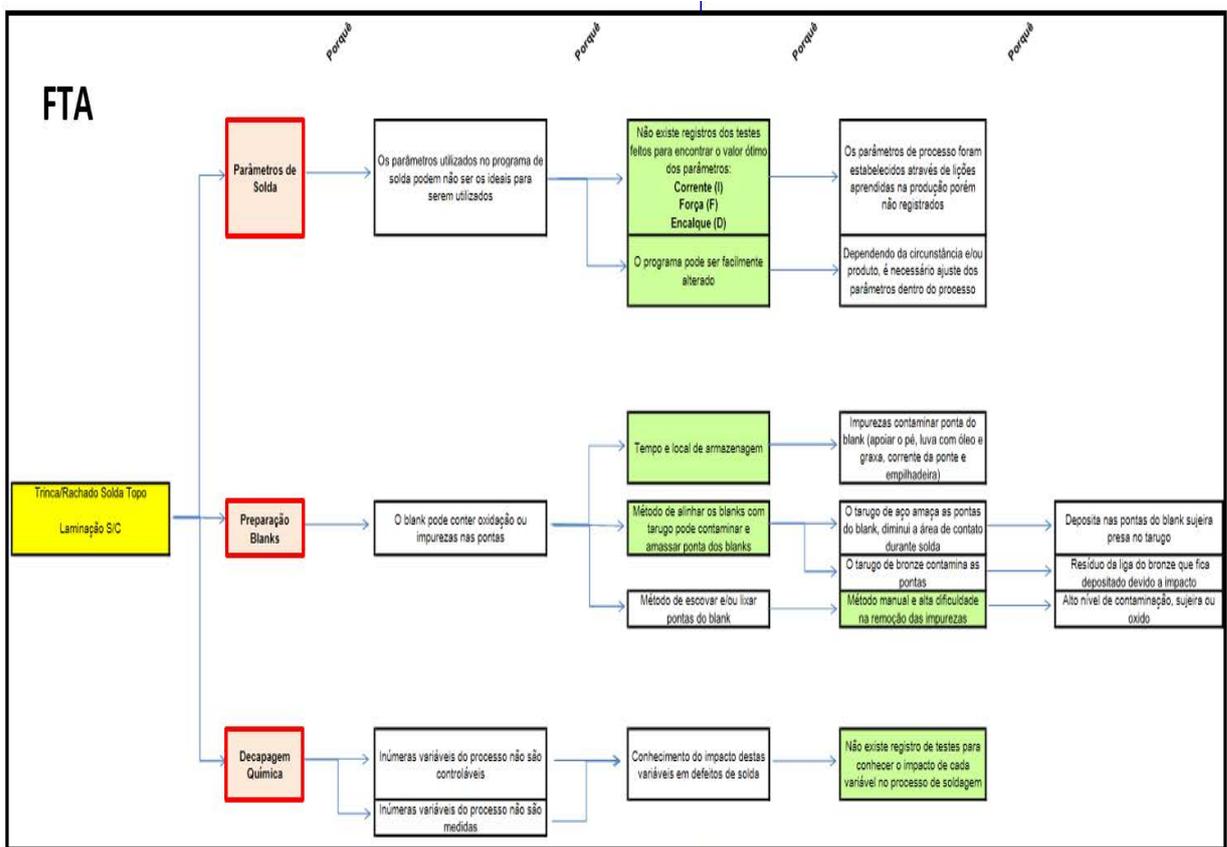
Figura 17 - Matriz de Impacto e Esforço.



Fonte: Autor

Os grupos priorizados foram levados para um diagrama FTA, para identificar as potenciais causas raízes, assim como ilustrado na Figura 18 e no Quadro 6.

Figura 18 - FTA



Fonte: Autor

Quadro 6 - Causas Raízes

Parâmetros de Solda	Preparação Blanks	Decapagem Química
Não existe registros dos testes feitos para encontrar o valor ótimo dos parâmetros: Corrente (I) Força (F) Encalque (D)	Tempo e local de armazenagem	Não existe registro de testes para conhecer o impacto de cada variável no processo de soldagem
O programa pode ser facilmente alterado	Método de alinhar os blanks com tarugo pode contaminar e amassar ponta dos blanks	
	Método manual e alta dificuldade na remoção das impurezas	

Fonte: Autor

Os resultados obtidos foram fatores quantitativos e qualitativos.

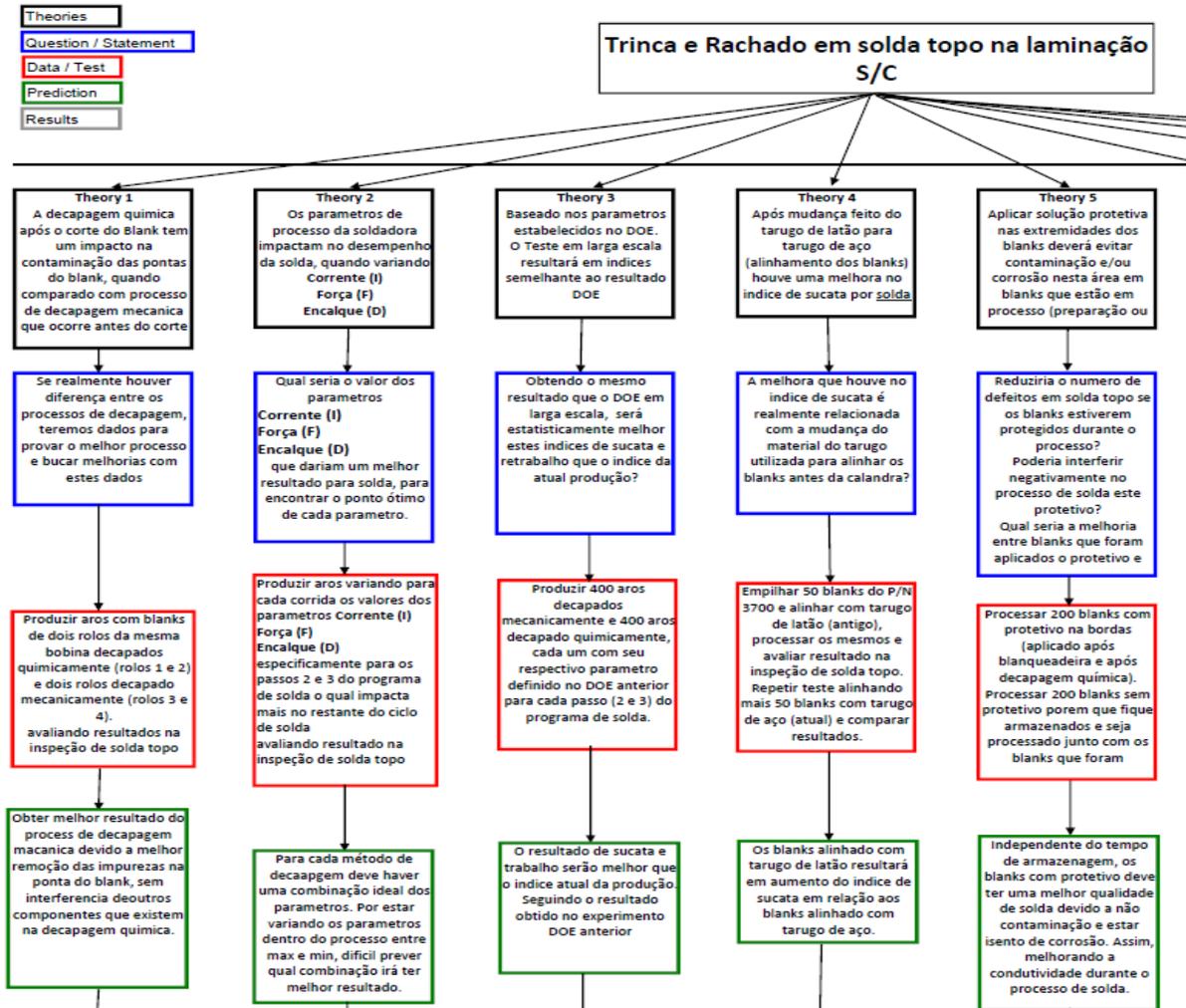
Com relação ao atendimento das especificações das variáveis de processo dos fatores causais medidos numa escala quantitativa, todos os procedimentos foram seguidos. Os parâmetros de processo, que foram definidos no plano de controle pela engenharia de processo, foram utilizados dentro da tolerância especificada.

Com relação aos fatores causais qualitativos, todos os procedimentos foram seguidos, conforme padrão técnico, porém não foram registrados, somente considerados durante o *set-up* e análise durante a produção.

Os fatores causais foram quantificados e correlacionados com o problema prioritário conforme estratificação das variáveis do mapa de processo. Cada fator de causa foi quantificado através de testes de DOE e testes de Hipótese.

Para planejamento dos testes, utilizou-se a ferramenta Mapa de Pensamento, o qual proporciona organização e lógica, assim como ilustrado na Figura 19.

Figura 19 - Mapa de Pensamento.



Fonte: Autor

Na etapa seguinte da fase Analisar, as teorias levantadas pelo time e organizadas no mapa de pensamento, foram estudadas. Dividiremos em grupos de teorias tais como ilustrado no mapa de pensamento na primeira linha de caixas.

Teoria 1 e Teoria 2:

A teoria 1 e a teoria 2, foram analisadas juntas, com a ferramenta DOE.

Primeiramente, utilizando novamente o *software* Minitab®, cria-se o desenho fatorial.

Para avaliação dos resultados em linha, fizeram-se testes com 25 peças para cada resultado obtido do desenho fatorial, totalizando em uma amostra de 400 peças.

Pode-se analisar os dados obtidos e as variáveis respostas no Quadro 7.

Nota-se também no Quadro 7, que os melhores resultados, tanto para decapagem química quanto para decapagem mecânica, estão em destaque.

Quadro 7 - Resultado desenho fatorial

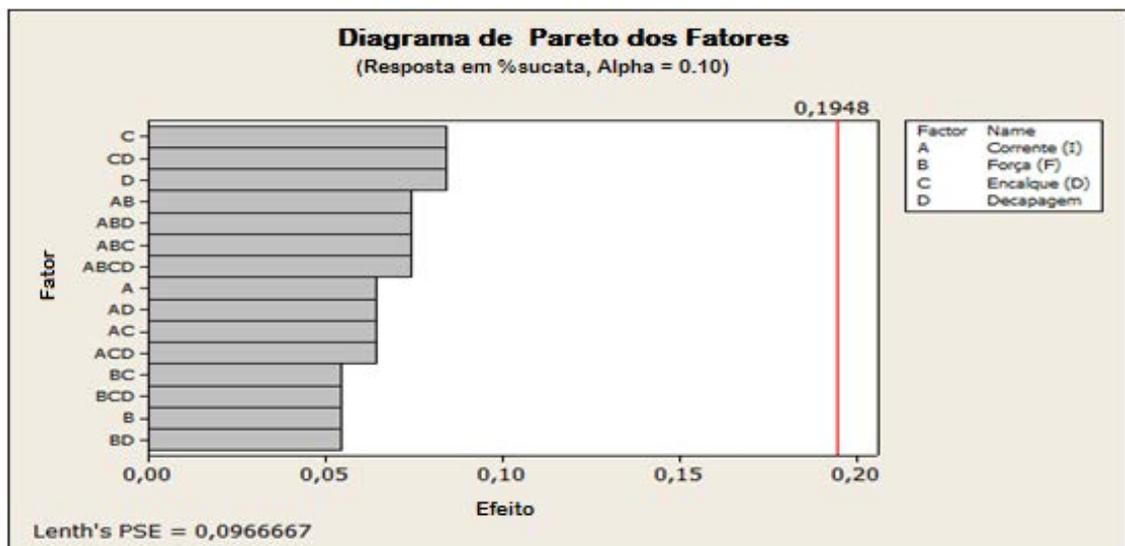
Passo 2	Variáveis				Variável Resultante		
	StdOrder	Corrente (I)	Força (F)	Encalque (D)	Decapagem	%S. Vazada (Sucata)	% Trinca na Aba (Retrabalho)
1	0,33	120	1,5	Mecânica	0%	8%	0%
2	0,37	120	1,5	Mecânica	0%	17%	56%
3	0,33	140	1,5	Mecânica	0%	16%	8%
4	0,37	140	1,5	Mecânica	0%	20%	4%
5	0,33	120	2,5	Mecânica	0%	0%	0%
6	0,37	120	2,5	Mecânica	0%	4%	0%
7	0,33	140	2,5	Mecânica	0%	8%	0%
8	0,37	140	2,5	Mecânica	0%	0%	0%
9	0,33	120	1,5	Química	0%	24%	0%
10	0,37	120	1,5	Química	0%	4%	0%
11	0,33	140	1,5	Química	0%	32%	0%
12	0,37	140	1,5	Química	0%	24%	0%
13	0,33	120	2,5	Química	0%	16%	0%
14	0,37	120	2,5	Química	0%	8%	0%
15	0,33	140	2,5	Química	0%	32%	0%
16	0,37	140	2,5	Química	0%	20%	0%

Fonte: Autor

Posteriormente, analisou-se as variáveis respostas, novamente com a ajuda do *software* Minitab®.

No Pareto da Figura 20, nota-se que nenhuma variável se aproxima da linha de referência, isso caracteriza que nenhuma variável é significativa para sucata.

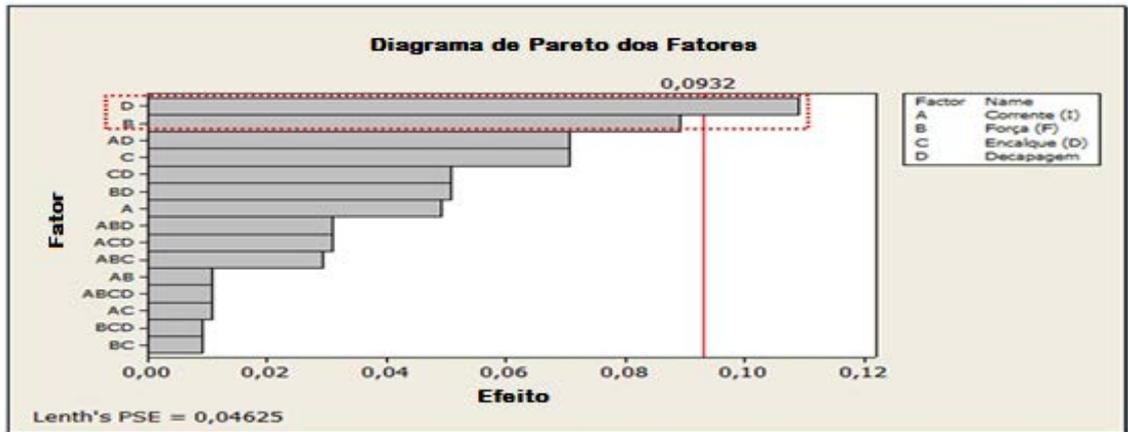
Figura 20 - Pareto das variáveis para sucata



Fonte: Autor

Para o Pareto da Figura 21, percebe-se que os resultados para as variáveis de retrabalho, foram significativas, no caso a variável decapagem passou a linha de referência e a variável força ficou próxima da linha de referência, mostrando significância.

Figura 21 - Pareto das variáveis para retrabalho

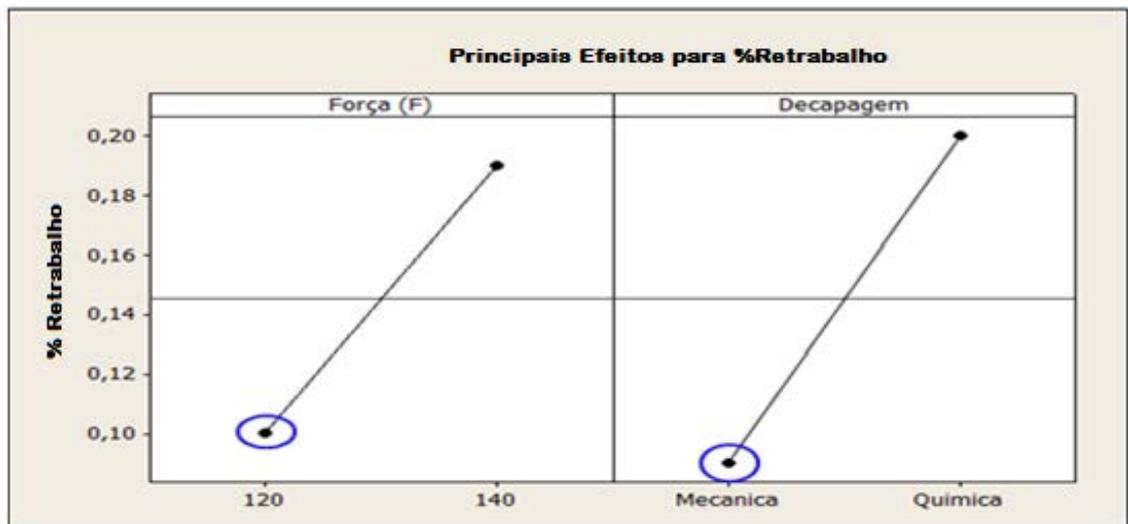


Fonte: Autor

Pelo fato das variáveis significantes serem somente para retrabalho, o estudo focará somente neste problema.

Para entender melhor o comportamento das variáveis significantes, realizou-se mais um estudo com as variáveis em destaque, assim como ilustrado na Figura 22.

Figura 22 - Efeito das variáveis Força e Decapagem



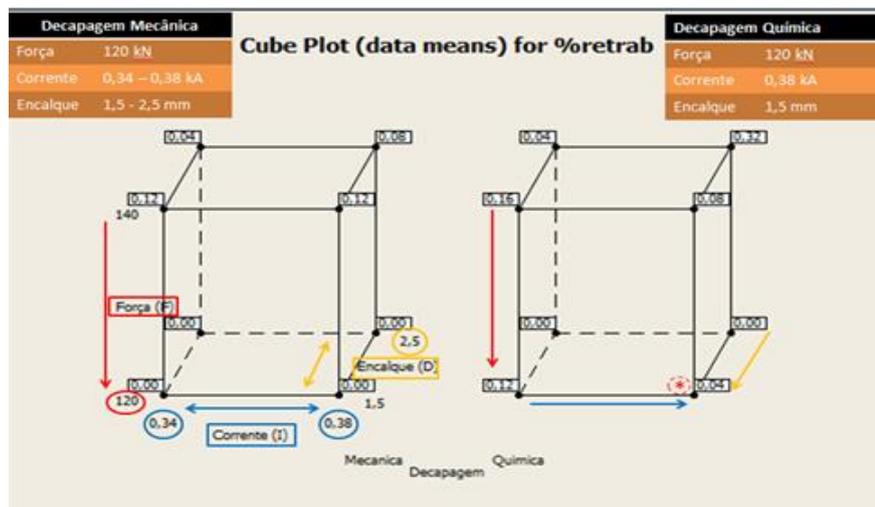
Fonte: Autor

Após as análises realizadas, conclui-se que para um resultado ótimo, as variáveis força e decapagem devem ser de 120 kN e “mecânica” respectivamente.

A Teoria 3, fez-se um teste em larga escala, baseados no estudo de DOE realizados anteriormente, nesta teoria foi estabelecido o parametro Decapagem Mecânica.

O resultados da teoria 3, está ilustrado na Figura 23 e na Tabela 6.

Figura 23 - Cubo de resultados retrabalho



Fonte: Autor

Tabela 6 - Resultado ideais para parâmetros.

Teoria 3	Variáveis			Variável Resultante			
	Corrente (I)	Força (F)	Encalque (D)	Decapagem	%S. Vazada (Sucata)	% Trinca na Aba (Retrabalho)	%Solda Rachada (Sucata)
2	0,38	120	1,5	Mecânica	0%	0%	0%

Fonte: Autor

Teoria 4:

Na teoria 4, realizou-se um teste de hipótese, para verificar se o emparelhamento do *blank* com determinado material, teria algum impacto no índice do problema.

A Figura 24, mostra os resultados obtidos em linha.

Figura 24 - Resultados obtidos em linha, teoria 4

Blanks alinhado com Tarugo de Latão (Anterior)			
Quantidade Total de Peças	Quantidade de Sucata (Solda Vazada)	% Sucata Solda Vazada	PPM
47	21	45%	446809

Blanks alinhado com Tarugo de Aço (Atual)			
Quantidade Total de Peças >50	Quantidade de Sucata (Solda Vazada)	% Sucata Solda Vazada	PPM
47	0	0%	0

Fonte: Autor

No teste em questão, as hipóteses são:

H0: Sucata com martelo de Bronze < Sucata com martelo de Aço

H1: Sucata com martelo de Bronze > Sucata com martelo de Aço

Percebe-se na Figura 25, que $P < 0,05$, Portanto rejeita-se a hipótese H0, ou seja, o número de sucata usando o martelo de bronze é muito maior que o número de sucata utilizando o martelo de aço.

Figura 25 - Saída do MiniTab para teste de hipótese, teoria 4

Test and CI for Two Proportions			
Sample	X	N	Sample p
1	21	47	0,446809
2	0	47	0,000000

Difference = p (1) - p (2)
 Estimate for difference: 0,446809
 90% lower bound for difference: 0,353872
 Test for difference = 0 (vs > 0): Z = 6,16 P-Value = 0,000

Fonte: Autor

Teoria 5:

Na teoria 5, realizou-se um teste de hipótese, para verificar se o uso de uma solução protetiva no *blank*, teria algum impacto no índice do problema.

O Quadro 8, mostra os resultados obtidos em linha.

Quadro 8 - Resultados obtidos em linha, teoria 5

Teste com solução protetora	Quantidade	Quantidade de defeituosas	% de Retrabalho	PPM
Sem solução protetora	208	5	2,40%	24038
Com solução protetora	208	0	0%	0

Fonte: Autor

No teste em questão, as hipóteses são:

H0: Sem a solução protetora < Com solução protetora

H1: Sem a solução protetora > Com solução protetora

Percebe-se na Figura 26, que $P < 0,05$, Portanto rejeita-se a hipótese H0, ou seja, o número de sucata sem usar a solução protetora é muito maior que usando a solução protetora.

Figura 26 - Saída do MiniTab para teste de hipótese, teoria 4

Test and CI for Two Proportions			
Sample	X	N	Sample p
1	5	208	0,024038
2	0	208	0,000000

Difference = p (1) - p (2)
 Estimate for difference: 0,0240385
 90% lower bound for difference: 0,0104280
 Test for difference = 0 (vs > 0): Z = 2,26 P-Value = 0,012

Fonte: Autor

3.5. FASE DO MELHORAR

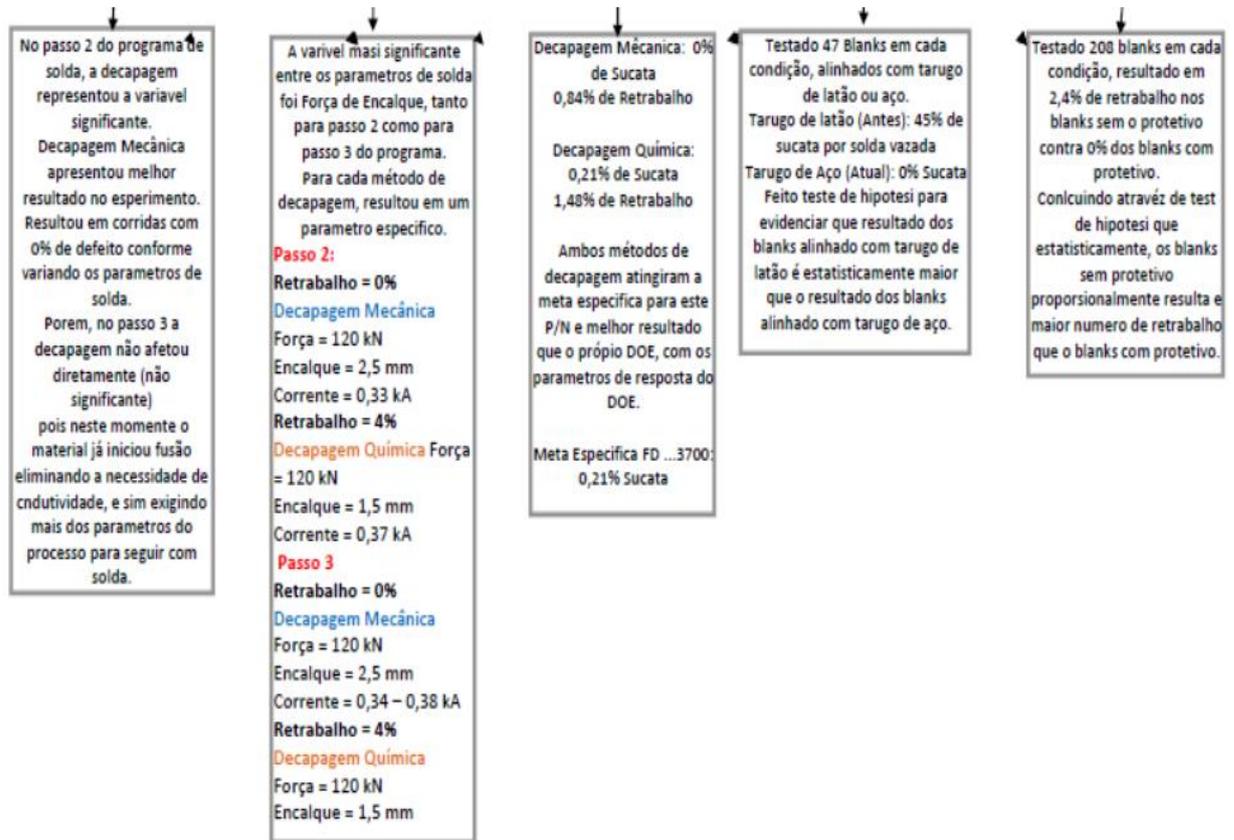
Após definir os problemas prioritários, visualizou-se a necessidade de um novo plano de ações para organizar as causas e dar os devidos tratamentos, para isso utilizou-se a ferramenta 5W-1H e a conclusão do mapa de pensamento, assim como exposto respectivamente na Tabela 7 e Figura 27.

Tabela 7 - 5W-1H

CAUSA	AÇÃO (O QUE)	COMO	POR QUE	ONDE	QUEM	QUANDO	Comentários
Solda Vazada	Tarugo de bater na ponta dos blanks para alinhamento	Substituir tarugo de bronze pelo de aço na preparação dos blanks da calandra	Com o tarugo de bronze, existia uma contaminação do material na região das pontas do blank.	Preparação	Operador de linha	01/09	Teste de hipótese concluído e certificou que o tarugo de bronze causa mais sucata que o tarugo de aço.
Contaminação das pontas do blank	Utilizar solução protetiva nas extremidades do blanks	Treinar e instruir os times da decapagem química a utilizar o protetivo nos blanks	Conforme teste concluído, mostrou-se uma melhora significativa aplicando o protetivo	Decapagem Química	Time	10/12	Iniciar produção com protetivo a partir de Janeiro 2015.
Retrabalho e Sucata	Ajustar parâmetros de processo do programa de solda para o Aro	Alterar processo conforme parâmetros utilizados no teste; Força / Encalque / Corrente	Conforme teste concluído em larga escala com os parâmetros resultantes do DOE, foi obtido bons resultados	Processo	Time	06/01	Utilizar os parâmetros testados para decapagem química.

Fonte: Autor

Figura 27 - Conclusão do mapa de pensamento.



Fonte: Autor

Conforme resultados apresentados na conclusão do mapa de pensamento, chegou-se a ações a serem implementadas e os efeitos caso as mesmas não fossem concretizadas:

- Substituir tarugo de alinhamento dos *blanks* na preparação da superfície de corte, para *blanks* decapados quimicamente. Impacta diretamente em defeitos de solda vazada (trinca passante ao longo da solda)
- Aplicar protetivo após decapagem química. Contaminação das pontas do *blank* ocasiona solda rachada, vazada e trinca na aba.
- Alterar os parâmetros de processo do programa de solda, conforme resultado dos testes. Resultam em baixa qualidade da solda, que ocasiona trinca na aba, solda rachada ou vazada.

Os testes em larga escala representando 1,2% da média do volume de produção foram utilizados para os melhores resultados do DOE, o qual resultou em uma redução acima de 2% para retrabalho e 0,1% para sucata.

Após todos os testes das hipóteses anteriores e a execução das ações, a fase do Melhorar chega ao fim e o time parte para fase do Controlar.

3.6. FASE DO CONTROLAR

Como forma de permanência das ações implementadas, a última fase do DMAIC deve criar sistemáticas para o monitoramento de resultados, também promover treinamentos para todos os envolvidos em desempenhar as atividades com novas características.

O time multifuncional foi responsável em gerir o controle das novas ações, assim, fez mudanças em cartas de controle de processos, DT (diretrizes de trabalho), IT (instruções de trabalho) e criou LPP (lição ponto a ponto) para padronização e ciência de todos que tenham ligação com as mudanças, assim como ilustrado nas figuras 28, 29 e 30

Figura 28 - Exemplo de DT implementada

Título:		Produto:		OPER.:		No.:	
Aplicação PT 1999 C		Blanks das Rodas S/C		Decapagem química		20 / 761/860	
PLANO DE CONTROLE							
CÓDIGO	Nº COTA	CARACT.	DESCRIÇÃO	COND.AMO STRA	MÉTOD O / INSTRUMENTO	PLANO DE REAÇÃO	RESPONSÁVEL PELA AÇÃO
Blanks para Aros S/C.	1	-	Aplicar o produto nos blanks com auxílio de um pincel e um bêquer, nas extremidades do corte da blanqueadeira (Conforme figura 1).	100%	Manual/ Pincel	N/A	Operador apto conforme carta de versatilidade.
	2	-	A borbona jamais poderá ficar aberta, sempre após utilização guardá-la.	100%	Visual	N/A	Operador apto conforme carta de versatilidade.



ELABORAÇÃO: MATHEUS	VERIFICAÇÃO: SANDRO	QUALIDADE: HELOISA	APROVAÇÃO: ALEX
ARQUIVO	PLANO DE OPERAÇÃO E CONTROLE	Folha	REVISAO
SR = Sem Registro ; CR = Com Registro; APV = Aprovação	Maxion Sistemas Automotivos	Data: 03/02/2014	20.24 / A

Fonte: Autor

Figura 29 - Exemplo de LPP implementada

LIÇÃO PONTO - A - PONTO

Tema: Aplicação do protetivo PT 1999C com o pincel nos blanks S/C, após o corte na blanqueadeira e desengraxa na decapagem química.	n° Melhoria:	
Elaborada por: Matheus	Data:	03/02/2014
Validada por: Daniel, Eveson, Milton		
<input checked="" type="checkbox"/> 1º Turno	<input checked="" type="checkbox"/> 2º Turno	<input checked="" type="checkbox"/> 3º Turno
Daniel	Eveson	Milton
Aplicável a novo colaborador ? (x) sim () Não		
Especialidade <input type="checkbox"/> Segurança <input type="checkbox"/> Meio Ambiente <input type="checkbox"/> Qualidade <input type="checkbox"/> Outros (_____)		
Linha:	Decapagem química	Turno: 1º, 2º e 3º



Aplicar o produto nos blanks com auxílio de um pincel e um béquer, nas extremidades do corte da blanqueadeira. Sendo aplicados após o corte na blanqueadeira e após desengraxado na decapagem química

Fonte: Autor

Figura 30 - Exemplo de carta de controle

PROGRAMA DE PRODUTO	DIMENSÃO: 22,5 x 8,25	Oper.: SOLDAR POR RESISTÊNCIA O BLANK	No.: 90	DT: 760/780
---------------------	-----------------------	---------------------------------------	---------	-------------

T (seg)	I (kA)	F (kN)	D (mm)
PASSO - 0	1.00		120.0
PASSO - 1	0.10	000.0	120.0
PASSO - 2	1.98	034.0±2	125.0
PASSO - 3	1.00	035.0±2	130.0
PASSO - 4	0.00	000.0	000.0
PASSO - 5	1.00	038.0±2	145.0±10
PASSO - 6	1.50	000.0	190.0±10
PASSO - 7	0.20	000.0	170.0
PASSO - 8	0.00	000.0	000.0
PASSO - 9	0.00	000.0	300.0
PASSO - 10	0.00	000.0	000.0



MATERIAL : STEEL
LARGURA : 277mm
FAMÍLIA: 1
ESPESSURA: 5.85mm
ÁREA: 1620.45mm²

ELETRODO INF.	SUPORTE
de 31,7 a 30,2mm	H3500/1
de 30,1 a 28,7mm	H3500/2
de 28,6 a 27,1mm	H3500/3
de 27,0 a 25,6mm	H3500/4
de 25,4 a 24,0mm	H3500/5

DESCRIÇÃO DAS SUB-OPERAÇÕES	RECURSO	DENOMINAÇÃO
1- PARA CADA ARO OLHAR TABELA DE GARRAS NA FOLHA II	4455	CÉLULA HESS
	SD-18	ELETRODO SUPERIOR
	SD-16	SUPORTE DO ELETRODO
	SD-15	ELETRODO INFERIOR

ATENÇÃO: É OBRIGATORIA A TROCA DOS ELETRODOS INFERIORES NO SET-UP, TODA VEZ QUE O ARO QUE ENTRARÁ EM PRODUÇÃO FOR DE LARGURA MAIOR QUE A DO ARO QUE FOI PRODUZIDO.

ARQUIVO:	PLANO DE PROCESSO	FOLHA:	REVISÃO:
----------	-------------------	--------	----------

Fonte: Autor

Por fim, depois de controlado e monitorado o processo, a fase do Controlar está concluída, e o projeto chega ao fim.

4. CONCLUSÃO

Por fim, o projeto de conclusão de curso atingiu seus objetivos, pois revisou todas as teorias relevantes de Seis Sigma e DMAIC, também delimitou e exemplificou em um estudo de caso suas ferramentas.

Todas as ferramentas descritas foram utilizadas com eficiência, tais atitudes foram fundamentais para o ótimo desempenho do projeto.

Foi implantado um projeto real de Seis Sigma em uma empresa multinacional, o qual obteve retorno na melhoria dos indicadores de sucata, e ganhos intelectuais, com o surgimento de boas práticas no desenvolvimento de projetos, para todos os envolvidos.

Um ponto a se destacar é a importância de arquivar com clareza todas as experiências que o projeto trouxe para os integrantes, pois esses históricos serão utilizados em novos projetos como *benchmark*.

Pode-se concluir, que todas as carreiras e todas as áreas da indústria ou não, estão repletas de processos instáveis, e de extrema complexidade. Este projeto foi um ótimo exemplo de que se um problema for estudado de forma analítica, juntamente com aplicações de ferramenta de uma metodologia consistente como o DMAIC, é possível encontrar as melhores saídas, as melhores soluções e visões para chegar à excelência operacional.

REFERÊNCIAS

- ANFAVEA, Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos automotores (2014)
- ANTONY, Jiju (2011), "**Six Sigma vs Lean**", International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 60 Iss 2 pp. 185 – 190
- BALSANELLI, A. P.; JERICÓ, M. C. **Os reflexos da gestão pela qualidade total em instituições hospitalares brasileiras**. Acta Paul Enferm, p. 397-402, 2005.
- BRATKO, I.; SLUGA, A.; SRDOC, A. **A quality management model based on the “deep quality concept”**. International Journal of Quality & Reliability Management, v. 22. p. 278-302, 2005.
- CAVALCANTE, Felipe Cardoso. **LEAN SIX SIGMA APLICADO A UMA EMPRESA DO SETOR DE EMBALAGENS**. 2011. 74 f. Tese (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.
- CAVALCANTI, A. A.; LIMA, A. C. C.; PONTE, V. (2004) **Da onda da gestão da qualidade a uma filosofia da qualidade da gestão: Balanced Scorecard promovendo mudanças**. São Paulo: Revista Contabilidade & Finanças – USP, v. 30, p.79-4,jun.2004
- CLAVER-CORTÉS, E.; MOLINA-AZORÍN, J. F.; PEREIRA-MOLINER, J.; TARÍ, J. J. (2010) **Levels of quality and environmental management in the hotel industry: Their joint influence on firm performance**. International Journal of Hospitality Management, v. 29, p. 500-10, 2010.
- DONADEL, Daniel Carneiro. (2008) **Aplicação da Metodologia DMAIC para Redução de Refugos em uma Indústria de Embalagens**. 2008. 122 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- FOTOPOULOS, C.; PSOMAS, E.(2009) **The use of quality management tools and techniques in ISO 9001:2000 certified companies: the Greek case**. International Journal of Productivity and Performance Management, v. 58, n. 6, p. 564-80, 2009.
- GIJO, E.V. Shreeranga Bhat N.A. Jnanesh , (2014), "**Application of Six Sigma methodology in a small-scale foundry industry**", International Journal of Lean Six Sigma, Vol. 5 Iss 2 pp. 193 – 211

GRAEL, P. F. F.; OLIVEIRA, O. J. **Sistemas certificáveis de gestão ambiental e da qualidade: práticas para integração em empresas do setor moveleiro**. Produção, v. 20, p. 30- 41, jan./mar. 2010.

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

REGO, José Roberto (1995), Engenheiro de Produção - Escola Politécnica da USP **AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE MEDIÇÃO UTILIZANDO QUADRADOS LATINOS**

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

KULL, T. J.; WACKER, J. G. (2010) **Quality management effectiveness in Asia: The influence of culture**. Journal of Operations Management, v. 28, p. 223-39, 2010.

KUMAR, Peter B. Southard Charu Chandra Sameer (2012), "**RFID in healthcare: a Six Sigma DMAIC and simulation case study**", International Journal of Health Care Quality Assurance, Vol. 25 Iss 4 pp. 291 – 321

LAI, P.; SOLTANI (2007) **E. Approaches to quality management in the UK: survey evidence and implications**. An International Journal, p. 429-54, 2007.

MATHIAS, Lucas Escada. **ANÁLISE DA CONFIABILIDADE DE EQUIPAMENTOS EM UMA INDÚSTRIA QUÍMICA COM APLICAÇÕES DE FERRAMENTAS DA MELHORIA CONTÍNUA**. 2014. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2014

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

MEHRJERDI, Yahia Zare (2011), "**Six-Sigma: methodology, tools and its future**", Assembly Automation, Vol. 31 Iss 1 pp. 79 – 88

MELHADO, S. B.; OLIVEIRA, O. J. Nova norma ISO 9000 versão 2000. In: OLIVEIRA, O. J. (Org.). **Gestão da qualidade: tópicos avançados**. São Paulo: Thomson Learning, 2004. 243

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

MONTGOMERY, Jiju Antony Anmol Singh Bhuller Maneesh Lumar Kepa Mendibil Dougla C., (2012), "**Application of Six Sigma DMAIC methodology in a transactional environment**", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 29 Iss 1 pp. 31 – 53

MOSCHIDIS, Vasileios Ismyrlis Odysseas (2013), "**Six Sigma's critical success factors and toolbox**", International Journal of Lean Six Sigma, Vol. 4 Iss 2 pp. 108 - 117

MURPHY, Colm Heavey Eamonn (2012), "**Integrating the Balanced Scorecard with Six Sigma**", The TQM Journal, Vol. 24 Iss 2 pp. 108 – 122

PEREZ-WILSON, Mário. **Seis Sigma: Compreendendo o Conceito, as Implicações e os Desafios**. 3 ed. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2000. 286p.

PINTO, André Pische. **A APLICAÇÃO DO LEAN SEIS SIGMA NA PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS NO SETOR AGRÍCOLA**. 2011. 81 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Econômicas., Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2011.

PINTO, Marly Monteiro de Carvalho Linda Lee Ho Silvia Helena Boarin (2014), "**The Six Sigma program: na empirical study of Brazilian companies**", Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 25 Iss 5 pp. 602 – 630

POHEKAR, Ravi S. Reosekar Sanjay D. , (2014), "**Six Sigma methodology: a structured review**", International Journal of Lean Six Sigma, Vol. 5 Iss 4 pp. 392 – 422

PRASHAR, Anupama (2014), "**Adoption of Six Sigma DMAIC to reduce cost of poor quality**", International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 63 Iss 1 pp. 103 – 126

RÊGO, Silas da Silva. **ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DO MÉTODO DMAIC – WHITE BELT- NA REDUÇÃO DE LATAS AMASSADAS EM UMA PRODUÇÃO DE LEITE EM PÓ**. 2013. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Indus- Trial Madeireira, Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Itapeva, Itapeva - Sp, 2013.

SEIJAS, Rafael Fernandez Figueira. **PROJETO DMAIC COM FERRAMENTAS SIX SIGMA PARA REDUÇÃO DE CUSTOS LOGÍSTICOS DE UMA MULTINACIONAL**. 2013. 53 f. Tese (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

SHARMA, Pratima Mishra Rajiv Kumar (2014), "**A hybrid framework based on SIPOC and Six Sigma DMAIC for improving process dimensions in supply chain network**", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 31 Iss 5 pp. 522 – 546

SIVARAM, Natarajan M. V. Senthil S.R. Devadasan N. Vijay Mohan N.M. , (2013), "**Quality and reliability in new product development**", Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 24 Iss 8 pp. 1143 – 1162