

CARLOS EDUARDO CARDOSO GONÇALVES

**Estudo de caso para aplicação das ferramentas da Qualidade na redução de retrabalhos
na linha de montagem de chassis**

Guaratinguetá - SP
2016

Carlos Eduardo Cardoso Gonçalves

**Estudo de caso para aplicação das ferramentas da Qualidade na redução de retrabalhos
na linha de montagem de chassis**

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 (a): Dr. Valerio A. P. Salomon

Guaratinguetá - SP
2016

G63
5e
Gonçalves, Carlos Eduardo Cardoso
Estudo de caso para aplicação das ferramentas da qualidade na redução de retrabalhos na linha de montagem de chassis./ Carlos Eduardo Cardoso Gonçalves – Guaratinguetá, 2016.
61 f : il.
Bibliografia: f. 59-61

Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016.

Orientador: Prof. Dr. Valério Antonio Pamplona Salomon

1. Gestão da qualidade total 2. Seis sigma (Padrão de controle de qualidade) 3. Métodos de linha de montagem I. Título

CDU 658.56

CARLOS EDUARDO CARDOSO GONÇALVES

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. VALERIO ANTONIO PAMPLONA SALOMON
Orientador/UNESP-FEG

Prof. Dr. MARCELA A. G. MACHADO DE FREITAS
UNESP-FEG

Dr. CLAUDEMIR L. TRAMARICO
BASF S/A

Dezembro de 2016

DADOS CURRICULARES

CARLOS EDUARDO CARDOSO GONÇALVES

NASCIMENTO 04.10.1989 – Mogi das Cruzes / SP

FILIAÇÃO Antonio Carlos Gonçalves
 Marcia Cardoso da Silva Gonçalves

2009/2016 Graduando em Engenharia Mecânica
 UNESP – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho –
Campus de Guaratinguetá.

Aos meus pais,
por serem minha inspiração.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, fonte da vida e da graça.

Aos meus pais, por estarem sempre presentes em todos os momentos da minha vida, por sempre me orientarem e torcerem pelo meu sucesso, por não me deixarem cair ou desistir e por me darem forças para alcançar meus objetivos.

Aos meus amigos Vinícius, Victor, Larissa, Cássia, Aninha, Mayara, Ammanda, Renan, Patrícia, Carol e Bruna, por serem compreensivos com relação à minha ausência durante todos estes anos por conta da faculdade e por me darem total apoio e incentivo para concluir o meu tão sonhado curso nesta universidade.

Aos amigos da república Sinagoga, que me acolheram como um irmão e sempre me apoiaram com conversas e grupos de estudo.

Aos colegas e amigos da Engenharia da Qualidade da empresa Maxion Structural Components, em especial, aos engenheiros Hilquias e Alberto, por todo o aprendizado adquirido durante meus dois anos de estágio.

Aos engenheiros Adriano Domingues e Dr. Dimas Aguiar, pois o auxílio recebido foi fundamental para a confecção deste trabalho.

Ao meu professor orientador, Dr. Valerio Antonio Pamplona Salomon, por me acompanhar durante todo o ano e pelo apoio prestado.

“A persistência é o caminho do êxito.”
Charles Chaplin

RESUMO

A cada ano o mercado mundial se torna mais competitivo, seja em qual ramo for. Para a indústria automobilística e para os seus fornecedores, esta realidade pode ser evidenciada com a introdução de veículos, equipamentos e materiais cada vez mais tecnológicos. Para qualquer empresa, os retrabalhos na linha de montagem são um grande problema e afetam gravemente a competitividade frente aos concorrentes, pois geram atrasos e multas, além de fazer com que o produto seja visto como algo de qualidade duvidosa. Com o advento da crise econômica mundial, quaisquer gastos extras devem ser evitados. Este estudo de caso relata a aplicação de algumas ferramentas da Qualidade para a redução de retrabalhos na linha de produção de chassis em uma empresa do interior do estado de São Paulo. Para isso, foi aplicada a metodologia seis sigma.

PALAVRAS-CHAVE: Retrabalho. Atraso. Seis Sigma. Qualidade.

ABSTRACT

Each year the world Market becomes more competitive, whichever the line business. To the automobilist industry and to its suppliers, we can see this situation through the introduction of new vehicles, equipment and materials even more technologically developed. To all companies, reworks at the assembly line are a big problem, because it causes delays e fines, furthermore, the product could be seen as its quality was doubtful. With the coming of world economic crisis, any extra expenses should be avoided. This case study describes the application of some Quality tools to reduce rework at the frames assembly line of a company from a city in São Paulo State. For this, the six sigma method was applied.

KEYWORDS: Rework. Delay. Six Sigma. Quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplo de gráfico de tendência	19
Figura 2 – Exemplo de Mapa de Organização do Projeto	20
Figura 3 – Exemplo de Contrato de Melhoria	21
Figura 4 – Exemplo de fluxograma	23
Figura 5 – Exemplo de gráfico de Pareto	26
Figura 6 – Estratificação do gráfico de Pareto	26
Figura 7 – Processos estáveis e instáveis.....	28
Figura 8 – Exemplo de gráfico de controle	29
Figura 9 – Exemplo de histograma.....	30
Figura 10 – Exemplo de diagrama de causa e efeito	32
Figura 11 – Padrões de forma.....	33
Figura 12 – Padrões de força	34
Figura 13 – Padrões de direção.....	34
Figura 14 – Exemplo de gráfico de barras estratificado	35
Figura 15 – Exemplo de gráfico de tendência estratificado	35
Figura 16 – Exemplo de FMEA	39
Figura 17 – Contrato de melhoria.....	40
Figura 18 – Gráfico de tendência	41
Figura 19 – Gráfico de Pareto	42
Figura 20 – Gráfico de Pareto para montagem não conforme.....	43
Figura 21 – Gráfico de Pareto para sub conjuntos soldados	43
Figura 22 – Gráfico de Pareto para local de detecção	45
Figura 23 – Diagrama de causa e efeito	45
Figura 24 – Início do processo de parada de linha	46
Figura 25 – Início dos trabalhos de organização de linha	47
Figura 26 – Início do processo de parada de linha e organização	48
Figura 27 – Primeiro passo para montagem da travessa da transmissão.....	49
Figura 28 – Segundo passo para montagem da travessa da transmissão.....	49
Figura 29 – Terceiro passo para montagem da travessa da transmissão	50
Figura 30 – Quarto passo para montagem da travessa da transmissão.....	50
Figura 31 – Estudo de tolerâncias para o furo	52
Figura 32 – Gráfico de controle da travessa da transmissão	52

Figura 33 – Suporte multifuncional do lado direito	53
Figura 34 – Dispositivo calibrador verificando a dimensão característica.....	53
Figura 35 – Retrabalho nos furos oblongos.....	54
Figura 36 – Retrabalho nos furos oblongos.....	54
Figura 37 – Gráfico de Pareto para problemas com os multifuncionais	55
Figura 38 – Especificação dos furos conforme desenho do cliente.....	56
Figura 39 – Especificação dos furos conforme plano de inspeção do cliente	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	DEFINIÇÃO DE CHASSI	14
1.2	OS PROBLEMAS DA EMPRESA E O MERCADO ATUAL	14
1.3	OBJETIVO	15
1.4	JUSTIFICATIVA	15
1.5	ESTRUTURA MONOGRÁFICA	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	METODOLOGIA SEIS SIGMA	16
2.1.1	Define (Definição)	17
2.1.1.1	Definição do objetivo do projeto	18
2.1.1.2	Indicadores e metas	18
2.1.1.3	Desdobramento do objetivo	20
2.1.1.4	Contrato de melhoria	20
2.1.2	Measure (Medições)	21
2.1.2.1	Mapeamento do processo	22
2.1.2.2	Coleta de dados	24
2.1.2.3	Medição para foco	25
2.1.2.4	O comportamento do processo	27
2.1.3	Analyse (Análise)	30
2.1.3.1	Análise e crítica ao processo	31
2.1.3.2	Análise de dados	33
2.1.4	Improve (Implementação)	36
2.1.4.1	Desenvolvimento de mudanças	36
2.1.4.2	Origem das mudanças	37
2.1.4.3	Teste de mudanças	38
2.1.4.4	Análise de riscos	38
2.1.5	Control (Controle)	39
3	DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	40
3.1	DEFINE (DEFINIÇÃO)	40
3.2	MEASURE (MEDIÇÕES)	41
3.3	ANALYSE (ANÁLISE) – ELEMENTOS DE FIXAÇÃO	44
3.4	IMPROVE (IMPLEMENTAÇÃO) – ELEMENTOS DE FIXAÇÃO	46

3.5	ANALYSE (ANÁLISE) – TRAVESSA DA TRANSMISSÃO	48
3.6	IMPROVE (IMPLEMENTAÇÃO) – TRAVESSA DA TRANSMISSÃO	51
3.7	ANALYSE (ANÁLISE) – SUPORTES MULTIFUNCIONAIS	53
3.8	IMPROVE (IMPLEMENTAÇÃO) – SUPORTES MULTIFUNCIONAIS	55
3.9	CONTROL (CONTROLE)	57
4	CONCLUSÃO.....	58
	REFERÊNCIAS	59
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	61

1 INTRODUÇÃO

1.1 DEFINIÇÃO DE CHASSI

Primeiramente, faz-se necessário esclarecer o que é um chassi e qual a sua função.

Chassi é uma estrutura metálica que cumpre o papel de esqueleto do veículo. No caso da empresa onde foi realizado este estudo, o veículo é um determinado modelo de caminhão. Tal estrutura é composta de outros itens, denominados longarinas e travessas. As duas longarinas ficam dispostas ao longo de todo o veículo e são unidas pelas travessas através de soldas ou rebites. As longarinas são fabricadas em aço-carbono e moldadas a frio por uma prensa.

O chassi fica apoiado sobre os eixos dianteiros e traseiros. Estes, por suportarem a maior carga durante a vida útil do caminhão, são mais reforçados, podendo haver dois eixos traseiros.

1.2 OS PROBLEMAS DA EMPRESA E O MERCADO ATUAL

A crise econômica mundial tem afetado diretamente empresas de diversos setores. A empresa fabricante de chassis, na qual foi realizado este estudo, também precisou se adaptar à nova realidade do mercado. Para isso, houve uma reorganização da jornada de trabalho e, também, de algumas responsabilidades. Por consequência, o tempo, que já era um fator muito importante, tornou-se ainda mais apertado. Logo, retrabalhos na linha de montagem prejudicariam o andamento do serviço, proporcionando prejuízos financeiros e gerando insatisfação dos clientes. Além disso, a empresa correria o risco de não atingir a meta estabelecida para a produção anual de chassis.

Análises preliminares mostraram que mais da metade das ocorrências de retrabalho registradas na linha de montagem estavam ligadas a três itens, os quais são montagem não conforme, parafusos soltos e sub conjuntos soldados.

Para cada item, foi aplicada a metodologia seis sigma, a qual inclui estudos estatísticos, análise de falhas, estudo de causas raiz, *brainstorming* e outras ferramentas, tais como gráficos de controle, gráficos de tendência, gráficos de Pareto com estratificação e diagrama de causa e efeito.

1.3 OBJETIVO

Verificar a eficiência das ferramentas da Qualidade para um projeto de melhoria da linha de montagem de chassis em uma empresa do Vale do Paraíba. Além disso, demonstrar a eficiência da aplicação da metodologia seis sigma, comprovando, através dos gráficos de controle, a redução esperada nos retrabalhos.

1.4 JUSTIFICATIVA

Este projeto se justifica pelo fato de que o retrabalho implica em atrasos e, conseqüentemente, aumento de custos de produção, impactando diretamente no cliente final, o que gera deméritos para a empresa fornecedora de chassis. Além disso, outras empresas também obtiveram sucesso na aplicação da metodologia seis sigma para a resolução de algum problema, como será visto no capítulo 2 deste estudo de caso.

1.5 ESTRUTURA MONOGRÁFICA

No capítulo 2, será apresentada uma visão geral sobre a metodologia seis sigma, a qual serviu de base para este estudo de caso, dando ênfase no roteiro DMAIC.

Cada etapa deste roteiro será explicada em detalhes, destacando as principais ferramentas da Qualidade utilizadas.

No capítulo 3, será apresentado o desenvolvimento do projeto segundo o roteiro DMAIC. Cada etapa contará com o auxílio de algumas das ferramentas descritas no capítulo 2. Os resultados serão discutidos nas etapas de implementação e controle.

Por fim, no capítulo 4, será apresentada uma conclusão a respeito da eficiência da metodologia seis sigma para a resolução deste caso.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 METODOLOGIA SEIS SIGMA

De acordo com o economista Alexandre Andrioli Iwankio (2011), a metodologia seis sigma, criada na década de 1980 pela Motorola, é uma estratégia gerencial disciplinada e quantitativa aplicada para melhorar os processos de produção, reduzindo suas variações naturais, através de uma abordagem estruturada dos problemas, promovendo melhores resultados para as empresas.

Os principais benefícios da utilização desta metodologia são o aumento da produtividade, melhor aproveitamento dos recursos da empresa, além de redução de custos com perdas e retrabalhos, gerando aumento de qualidade do produto ou serviço. Consequentemente, a satisfação do cliente também é elevada.

Ainda de acordo com Iwankio (2011), qualquer empresa pode aplicar esta metodologia, pois todo produto ou serviço é resultante de um processo, o qual sempre apresenta alguma oportunidade de melhoria.

O sucesso dos programas seis sigma, de acordo com Carvalho *et al.* (2005), não pode ser explicado apenas pela utilização exaustiva de ferramentas estatísticas, mas também pela harmoniosa integração do gerenciamento por processo e por diretrizes, mantendo o foco nos clientes, nos processos críticos e nos resultados da empresa.

Mario Perez-Wilson (1999) apresenta a definição de seis sigma como uma filosofia de melhoria perpétua do processo e redução de suas variabilidades na busca interminável pelo defeito zero.

Segundo Chase *et al.* (2006), o seis sigma reflete o objetivo de fazer com que os limites de especificação dos clientes dos itens produzidos sejam duas vezes a variação natural ($\pm 3\sigma$) das saídas do processo.

Um projeto seis sigma deve ser executado seguindo-se algumas etapas. Um roteiro bastante utilizado é o modelo DMAIC, cuja sigla é composta pelas iniciais de cada etapa (Define, Measure, Analyse, Improve e Control).

Segundo Iwankio (2011), suas vantagens consistem em facilitar a condução de uma análise, projeto ou trabalho em equipe, definir o uso de ferramentas adequadas para uma melhor abordagem do problema, questionar os meios de medição existentes e a confiabilidade dos dados, estimular a análise aprofundada das causas e evitar ações precipitadas, além de

prever uma fase final para monitoramento e controle, a fim de perpetuar as melhorias implantadas.

O roteiro DMAIC, o qual foi escolhido para este estudo de caso, mostrou-se bastante eficiente para a solução de outros problemas em empresas dos mais variados ramos de atuação. Conforme relatado por Holanda *et al.* (2013), um projeto de melhoria organizado segundo o DMAIC foi aplicado para aumentar a qualidade dos produtos em uma fábrica de calçados no estado da Paraíba. Durante cada etapa, verificou-se a aplicação de várias ferramentas da qualidade que também estão presentes neste estudo, tais como diagrama de causa e efeito, fluxograma e técnica dos cinco porquês.

A integração de diversas ferramentas às fases do DMAIC contribui para estruturar um método sistemático e disciplinado, capaz de promover a redução da taxa de defeitos e falhas nos produtos, serviços e/ou processos nas organizações (SANTOS, 2006; CARVALHO *et al.*, 2005).

Brait e Fettermann (2014), ao realizar um estudo de caso em uma empresa de computadores no estado da Bahia, se depararam com um problema de atraso de produção devido à falta de insumos em uma determinada etapa do processo. Mais uma vez, a metodologia seis sigma aplicada seguindo-se o roteiro DMAIC mostrou a sua eficácia. Projeções indicaram que a empresa obteria uma redução aproximada de 48,24%, caso os gestores e diretores decidissem seguir adiante com o projeto. Algumas ferramentas básicas da qualidade também foram utilizadas, tais como *brainstorming*, estratificação e gráfico de Pareto.

Schneppendahl *et al.* (2011) fizeram uso do DMAIC para um projeto cujo objetivo era o aumento da durabilidade de uma tela na indústria serigráfica. Novamente, ferramentas como *brainstorming* e diagrama de causa e efeito foram utilizados.

A seguir, serão descritas as etapas do roteiro DMAIC, o qual, de acordo com Chase *et al.* (2006), foi desenvolvido pela General Electric.

2.1.1 Define (Definição)

Segundo Iwankio (2011), nesta primeira etapa, é desenvolvido e determinado o escopo do projeto, partindo de um problema inicial e traduzindo-o em dados que reflitam a realidade. Além disso, é determinada a meta do projeto e, a partir dela, estabelece-se um cronograma de desenvolvimento, definição da equipe e outras informações que possam ser relevantes, tais como prazos ou restrições.

É necessário, também, que todos os envolvidos no projeto possuam um conhecimento básico sobre os processos envolvidos, necessidades dos clientes e sobre possíveis tentativas de melhorias que tenham sido feitas anteriormente.

Muito provavelmente, nesta etapa já seria possível notar algum ponto que pode ser modificado para obter uma melhoria imediata.

De acordo com Carvalho *et al.* (2005), durante a fase de definição, a equipe também realiza uma análise de custo-benefício do projeto, de modo a ter uma visão clara do retorno que a atividade deverá trazer para a empresa.

Chase *et al.* (2006) afirmam que nesta primeira fase, é importante ouvir a voz do cliente, ou seja, identificar as suas prioridades.

2.1.1.1 Definição do objetivo do projeto

De acordo com o material de apoio do curso de formação de greenbelts da Anova Consultores em Melhoria (2010), um objetivo bem definido para um projeto deve ser escrito, para que ele possa ser passado a todos os membros da equipe. Além disso, deve conter uma explicação do contexto no qual foi elaborado, citando os fatores que impactam negativamente e estabelecendo uma meta para cada indicador.

Feito isso, avaliam-se as limitações para a execução do projeto.

2.1.1.2 Indicadores e Metas

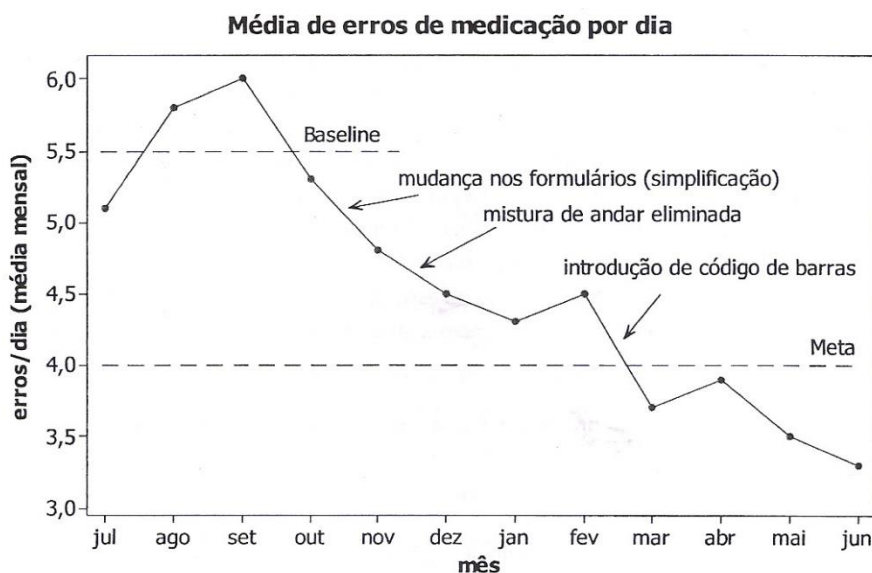
Logo nos primeiros passos da execução do projeto de melhoria, a equipe deve obter os indicadores, os quais são variáveis numéricas sobre as quais se exerce o controle (ANOVA CONSULTORES, 2010). Os indicadores retratam a situação do problema e devem ser checados a cada intervalo de tempo previamente definido, a fim de avaliar se as mudanças estão surtindo o efeito desejado ou não.

Para que a equipe se organize com relação aos indicadores, deve ser feita uma avaliação sobre quais variáveis seriam importantes para se controlar, listando-as. Além disso, é necessário checar quais indicadores já são acompanhados pela empresa e dizer se vale a pena mantê-los ou implantar uma mudança para novos indicadores mais significativos para se acompanhar a história do projeto de melhoria.

Com os indicadores em mãos, o próximo passo é o estabelecimento de uma meta. O gráfico de tendência, uma ferramenta muito importante, é utilizado para a visualização dos

indicadores, do baseline (desempenho atual do processo) e da meta, conforme exemplificado na figura 1 a seguir:

Figura 1 – Exemplo de gráfico de tendência



Fonte: (ANOVA CONSULTORES, 2010)

Deve-se ter um certo cuidado ao se estabelecer a meta. Se ela for bastante ousada, a equipe pode se sentir desestimulada frente aos recursos disponíveis. Se a meta foi pouco agressiva, os membros podem ficar com a ideia de que a necessidade de mudança não é tão grande (ANOVA CONSULTORES, 2010).

Para se definir uma meta adequada, torna-se necessário um estudo sobre os resultados que se desejam obter, além de aplicação de uma outra ferramenta da Qualidade, o benchmark, que seria a observação de outros processos ou organizações, permitindo a identificação de métodos mais eficientes.

Prande *et al.* (2001) afirma que é comum o grupo, de início, não possuir uma meta clara, pois isso depende muito do conhecimento que será obtido ao longo do estudo do processo. É comum a equipe não atingir as metas quando elas são baseadas em estimativas, em vez de dados reais do processo.

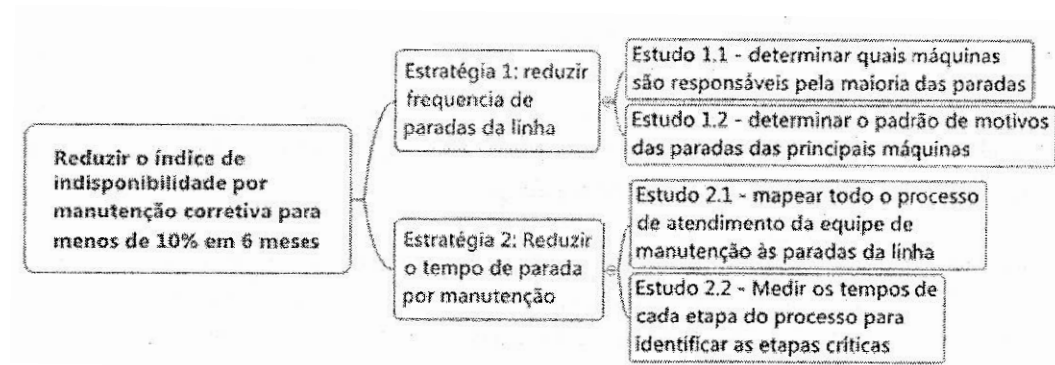
2.1.1.3 Desdobramento do Objetivo

Uma ferramenta muito adequada para a implementação de um projeto de melhoria é o Mapa de Organização do Projeto, também conhecido como MOP. Com ele, é possível desdobrar o objetivo em estratégias e frentes de esforços.

É importante ressaltar que o MOP é uma ferramenta mutável ao longo da realização do projeto, pois quanto mais conhecimento se agrega sobre o processo, mais estratégias e frentes de esforços vão surgindo.

A figura 2 a seguir ilustra um MOP:

Figura 2 – Exemplo de Mapa de Organização do Projeto



Fonte: (ANOVA CONSULTORES, 2010)

2.1.1.4 Contrato de Melhoria

É um documento que pode ser bastante descritivo ou mais sucinto, dependendo da versão adotada pela organização, embora seja recomendada a utilização dos dois modelos.

O Contrato de Melhoria permite que o processo de formação da equipe seja mais rápido, além de possibilitar a comunicação entre o grupo e o patrocinador. Neste documento, na versão descritiva, estão presentes informações como descrição geral, objetivos, razões para esforços, resultados esperados, indicadores, limitações, efeitos colaterais, cronograma, além de dados sobre os integrantes da equipe.

A versão executiva possui basicamente todas as informações citadas acima, porém, de forma mais sucinta.

Na figura 3, segue um exemplo de Contrato de Melhoria em sua versão executiva:

Figura 3 – Exemplo de Contrato de Melhoria

Projeto (nome): Assiduidade no Contact Center			Início (mês/ano): julho
Objetivos do Projeto: Reduzir o absenteísmo no Contact Center dos atuais 8% para menos de 3% até o final deste ano. O absenteísmo no Contact Center é um ofensor da eficiência operacional, dele acarretando superdimensionamento dos sites, utilização de horas extras e redução da produtividade por analista.			
Indicador (nome)	Como é medido e frequência	Média atual	Meta
Absenteísmo	% de faltas sobre escalados. Indicador diário e por site	8,2% (média do 1º semestre)	< 3%
Produtividade por analista	Ligações atendidas por analista por mês (mensal)	210,2 (média dos últimos 2 meses)	> 300
Horas extras	Média de horas extras por analista (mensal)	11,3 (média do 1º semestre)	< 5
Outras entregas esperadas do projeto: Aumento de produtividade e redução de horas extras Melhoria do ambiente de trabalho (reflexo na pesquisa interna de satisfação)			
Abrangência - Limitações - Efeitos colaterais indesejados: Não restringir a análise às causas oficiais – entender os reais motivos de faltas Incluir sites receptivos e ativos Envolver processos de contratação, definição de escalas e gerenciamento das equipes Não impactar negativamente a qualidade de atendimento			
Patrocinador: José - Diretor de Operações Líder da equipe: Luciana – Gerente do Contact Center Facilitador: Fábio – Melhoria Contínua		Demais integrantes: Amadeu – Coordenador de Sites Ativos Magda – Coordenadora de Sites Receptivos Irineu – Coordenador de Planejamento Márcia – Coordenador de RH (Contact Center)	

Fonte: (ANOVA CONSULTORES, 2010)

Para finalizar a fase Define, é realizada uma reunião formal entre grupo e patrocinador logo após o preenchimento do Contrato de Melhoria, a fim de se esclarecer quaisquer dúvidas remanescentes e dar início ao projeto.

2.1.2 Measure (Medições)

Nesta etapa, o problema é estratificado, identificando-se seus focos e gargalos. Deseja-se sair do aspecto amplo do problema, identificando onde ele se concentra.

A estratificação, segundo Oliveira (2014) é uma ferramenta muito utilizada para identificar oportunidades de melhoria da qualidade em situações nas quais os dados são provenientes de fontes distintas, mas se encontram agrupados da mesma forma em um mesmo banco de dados. Estratificar um modo de falha elimina as subjetividades com as quais a equipe se depara, como será visto neste estudo de caso.

A etapa Measure proporciona à equipe um entendimento detalhado de como o processo realmente está ocorrendo.

Carvalho *et al.* (2005) afirma que é muito importante que, durante a fase de medições, as relações entre as entradas e as saídas do processo sejam estabelecidas.

De acordo com Chase *et al.* (2006), na etapa de medições, devem ser identificados os processos internos que influenciam as características críticas consideradas pelo cliente e medir os defeitos atualmente gerados em relação a esses processos.

Ao final da etapa de medições, a equipe já deve possuir em mãos os mapas dos processos, verificados no local de trabalho, mostrando como realmente são desenvolvidas as atividades. Além disso, o time também deverá estar em posse de gráficos de tendência dos indicadores do projeto. Estes gráficos ilustram o comportamento dos processos. A partir destes dados, a equipe chega a uma definição mais clara dos focos de atuação. Com isso, podem ser feitos ajustes das metas do projeto e uma revisão dos ganhos esperados (ANOVA CONSULTORES, 2010).

2.1.2.1 Mapeamento do Processo

Processos são atividades relacionadas, organizadas e executadas cronologicamente a fim de se obter um resultado. Tal resultado é comumente chamado de output e pode ser um produto ou serviço (ANOVA CONSULTORES, 2010)

De acordo com Scholtes (1992), visto que a organização trabalha em processos, o resultado somente poderá ser melhorado com a melhoria dos processos.

A equipe, ao fazer o mapeamento dos processos, agregará maior conhecimento sobre como a organização produz os resultados. Para isso, são feitos alguns questionamentos como qual o propósito do processo, quais são as entradas, o que fazer para avançar à próxima atividade, quais os passos desnecessários e onde se encontram os problemas.

Para o mapeamento, uma ferramenta importante é utilizada. O fluxograma. Este é a representação gráfica da sequência cronológica das etapas do processo.

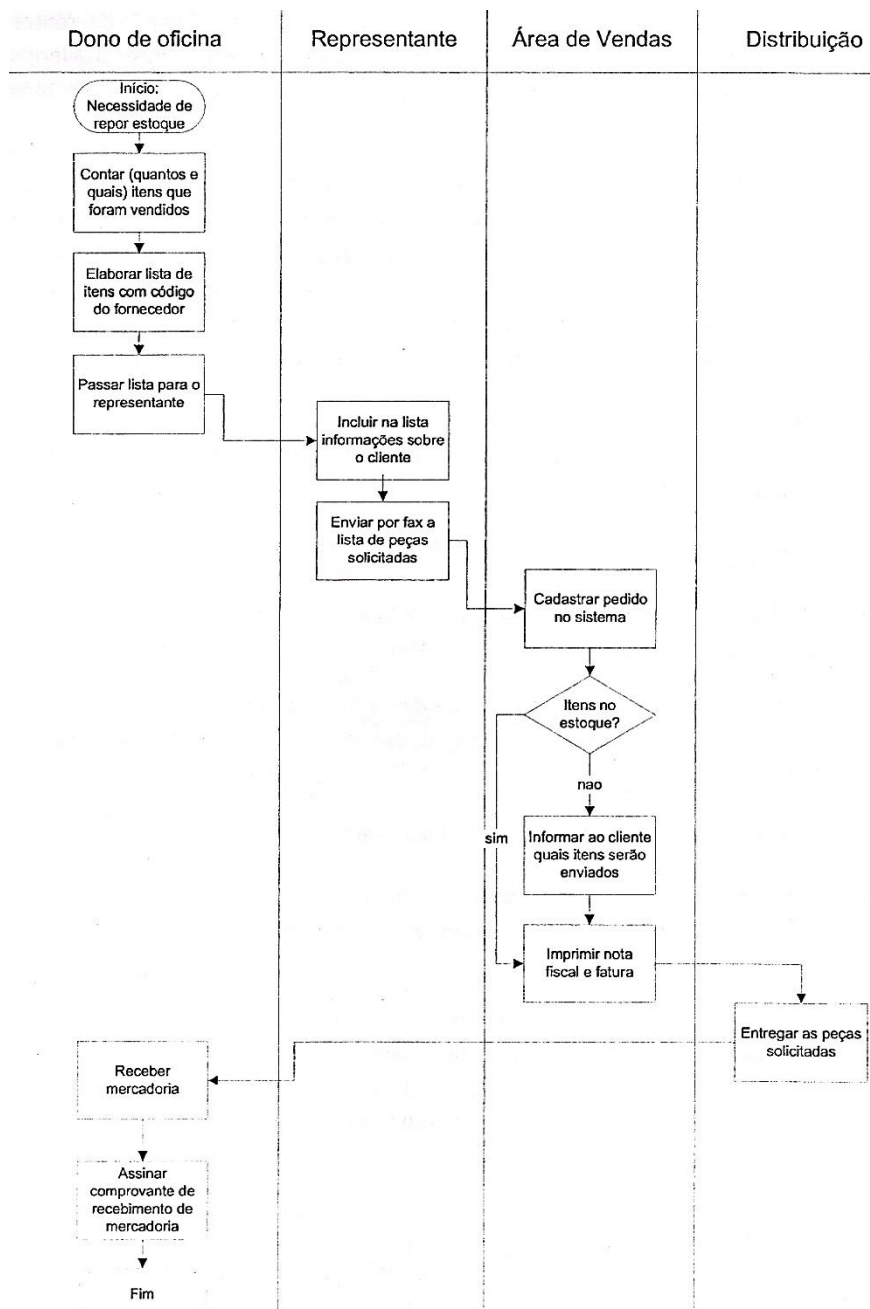
O fluxograma serve para definir um processo e proporcionar à equipe o entendimento de como ele ocorre, além de despertar o senso crítico dos membros com relação a possíveis melhorias em algumas etapas. O fluxograma também pode ser utilizado após o projeto de melhoria, apenas para mostrar as mudanças que ocorreram.

É indispensável que todas as etapas do processo estejam explícitas no fluxograma, pois o objetivo da equipe nesta parte do projeto é conhecer os locais ou etapas nos quais ocorrem as variações.

Chase *et al.* (2006) afirma que, em qualquer processo, as atividades existentes afetam umas às outras, portanto, deve-se considerar o desempenho simultâneo de uma série de atividades. Para isso, o fluxograma é essencial, pois é esta ferramenta que ilustra todos os elementos básicos do processo.

A seguir, a figura 4 mostra um exemplo de fluxograma:

Figura 4 – Exemplo de fluxograma



Fonte: (ANOVA CONSULTORES, 2010)

A análise do fluxograma permite identificar atividades que, segundo o ponto de vista do cliente, agregam valor ou custo.

A equipe, em posse desta ferramenta, pode direcionar os esforços do projeto para determinadas etapas consideradas críticas e, a partir deste ponto, iniciar as medições. Geralmente, etapas de transferência de área ou função são consideradas críticas, pois é nelas que se encontram possíveis formações de estoques intermediários e atrasos. Locais de transferência são pontos recomendados para coleta de dados sobre os problemas, permitindo verificar quais os tipos e com que frequência ocorrem (ANOVA CONSULTORES, 2010).

2.1.2.2 Coleta de dados

Após o mapeamento dos processos, dá-se início à coleta de dados para monitoramento. É importante checar os dados que a organização já costuma coletar, mas é preciso que a equipe esteja aberta para identificar e coletar dados inéditos. São estes que trazem um maior aprendizado a respeito do comportamento do processo.

Os dados têm sua importância devida ao fato de que eles proporcionam um melhor entendimento sobre como e onde ocorrem os problemas.

Devem ser obtidos através de observações e medições documentadas, porém, alguns cuidados devem ser tomados, pois a qualidade dos resultados depende da qualidade dos dados. Para tanto, a equipe necessita de uma definição formal de como se coletam os dados, garantindo que eles sejam bem coletados. Além disso, uma análise crítica deve ser feita, a fim de verificar a consistência dos dados, ou seja, se eles estão de acordo com o esperado.

Uma ferramenta que pode ser utilizada para auxiliar na obtenção dos dados é o formulário de coleta.

A utilização deste formulário permite a obtenção de conhecimento necessário para alcançar o objetivo do projeto. Portanto, a coleta de dados deve ser bem planejada (ANOVA CONSULTORES, 2010).

As informações do formulário devem ser capazes de responder perguntas previamente estabelecidas. Além disso, os diferentes membros da equipe devem ser capazes de realizar as medições de maneira homogênea. Ou seja, devem seguir as definições operacionais, as quais especificam como os resultados das medições devem ser obtidos.

O planejamento da coleta de dados também inclui a definição do ponto do processo no qual haverá a coleta, além de se estimar a duração deste serviço.

De acordo com o tipo de dados, há dois formulários que podem ser utilizados. Um deles é a folha de verificação e o outro é o formulário de registro. O primeiro se aplica quando os valores específicos dos dados já são previamente definidos antes da coleta. Os valores coletados serviriam apenas para conferir as categorias pré-estabelecidas. Por exemplo, para um chassi têm-se especificações do produto final dadas pelo cliente, tais como suas dimensões e acabamento superficial.

Já o formulário de registro é aplicado quando não se tem uma definição prévia dos valores específicos. Os valores devem ser registrados durante o tempo em que forem observados e medidos (ANOVA CONSULTORES, 2010).

Seja qual for o tipo de formulário aplicado, todos os dados devem ser arquivados em um banco de dados estruturado de uma maneira em que estejam separados por casos e variáveis.

2.1.2.3 Medição para foco

Normalmente, ao se iniciar o projeto, o objetivo é muito amplo e a equipe pode ter à sua frente várias opções para se seguir com as análises. Porém, nem todas elas podem ser necessárias para se resolver os problemas da organização. Para isso, os membros se orientam através da medição para foco utilizando-se de uma outra ferramenta da qualidade: o gráfico de Pareto.

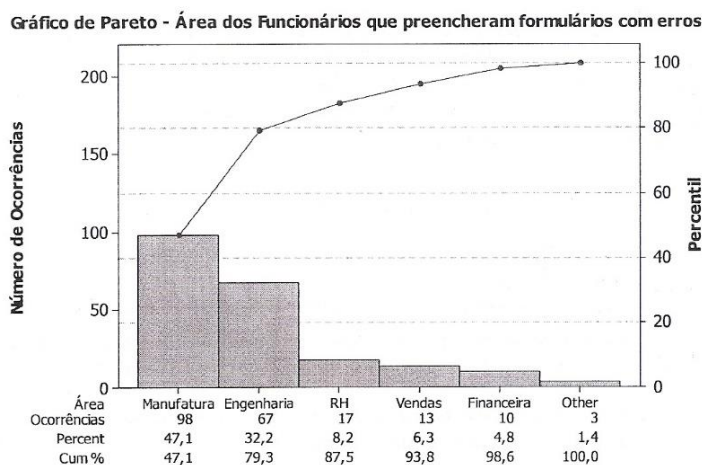
A finalidade desta ferramenta é ajudar a equipe a compreender onde e como os problemas acontecem (ANOVA CONSULTORES, 2010).

O gráfico de Pareto é constituído por barras nas quais a altura representa a frequência ou o impacto do problema. As barras são organizadas de forma decrescente, de modo que as da esquerda representam as categorias mais relevantes e as da direita representam as menos relevantes. A abscissa acomoda as categorias, enquanto que a ordenada esquerda indica a frequência da ocorrência. A porcentagem referente a cada ocorrência é indicada na ordenada direita. Segmentos de reta são ligados, mostrando a porcentagem acumulada da esquerda para a direita (ANOVA CONSULTORES, 2010).

De acordo com Oliveira (2014), o gráfico de Pareto tem se mostrado uma ferramenta importante na priorização de ações, sendo possível, desta forma, resolver os problemas de modo mais eficiente, priorizando as causas que se mostram responsáveis pela maior parte das perdas.

A figura 5 mostra um exemplo de gráfico de Pareto:

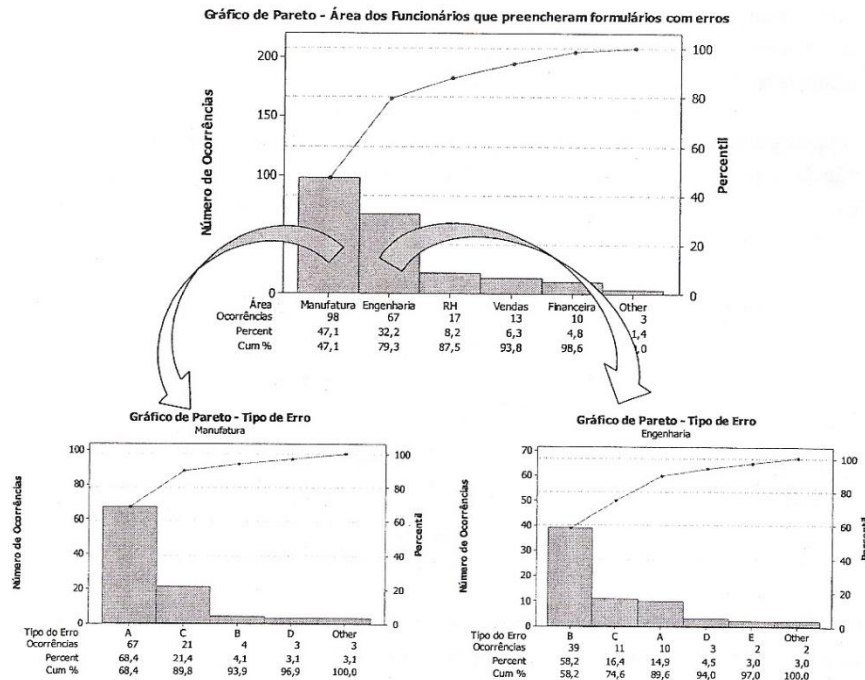
Figura 5 – Exemplo de gráfico de Pareto



Fonte: (ANOVA CONSULTORES, 2010)

Este gráfico pode ainda ser estratificado, aprimorando a análise e ajudando a focar melhor o problema, conforme exemplificado na figura 6:

Figura 6 – Estratificação do gráfico de Pareto



Fonte: (ANOVA CONSULTORES, 2010)

A estratificação dos dados no gráfico de Pareto é importante quando se verificam variações devidas a causas especiais no processo, ou seja, quando o processo é instável.

2.1.2.4 O comportamento do processo

Entender o comportamento do processo é de fundamental importância. Para isso, é necessário que a equipe diferencie muito bem as causas especiais das causas naturais de variações no processo, caso contrário, o projeto de melhoria será prejudicado. Alguns exemplos do que aconteceria, caso houvesse tal confusão, são os gastos com investimentos desnecessários, perda de tempo discutindo variações naturais do sistema e intervenção no processo estável.

Para se estudar o comportamento de um processo, são utilizados os gráficos de controle. Causas comuns são inerentes a quaisquer processos e estão presentes em tempo integral. Causas especiais de variação podem aparecer em algum momento devido a alguma circunstância particular (ANOVA CONSULTORES, 2010).

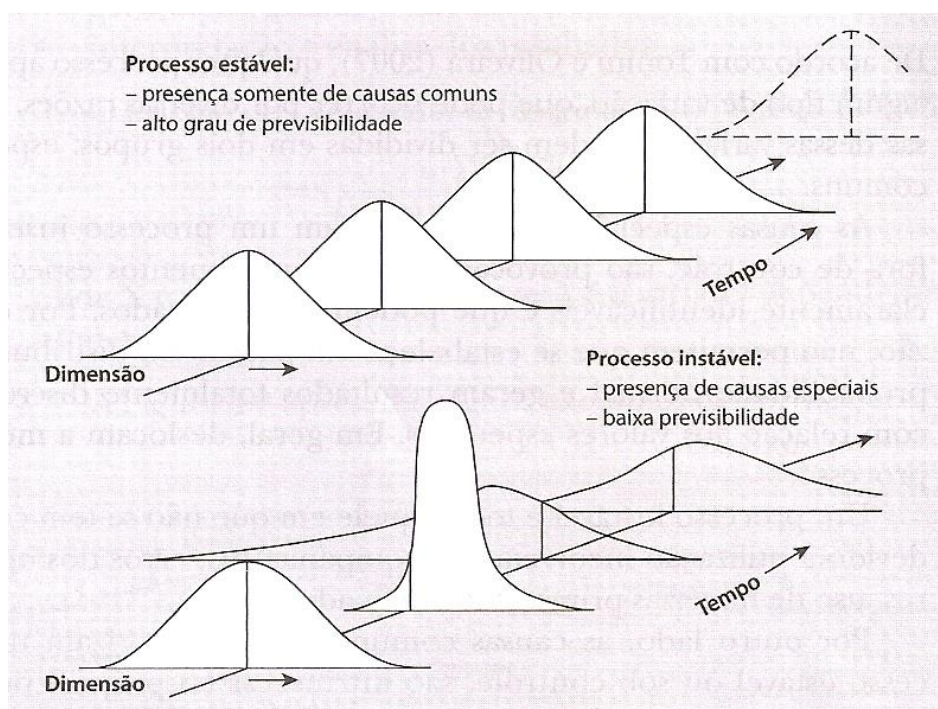
Um processo é dito estável quando somente causas comuns estão presentes. Desta forma, as variações são previsíveis e respeitam os limites estatísticos previamente estabelecidos.

Oliveira (2014) afirma que causas naturais decorrem de situações aleatórias, nas quais as variáveis seguem uma distribuição normal. Suas origens não influenciam umas às outras. Os valores individuais podem diferir, mas, quando agrupados, formam um padrão.

Quando começam a aparecer causas especiais no processo, este se torna instável e imprevisível. As origens das variações especiais se sobrepõem às origens das variações comuns e fazem com que a média se desloque. Como resultado, as variáveis não formam um padrão normal.

A seguir, na figura 7, pode-se verificar um exemplo das distribuições de probabilidades em um processo estável e em um processo instável.

Figura 7 – Processos estáveis e instáveis

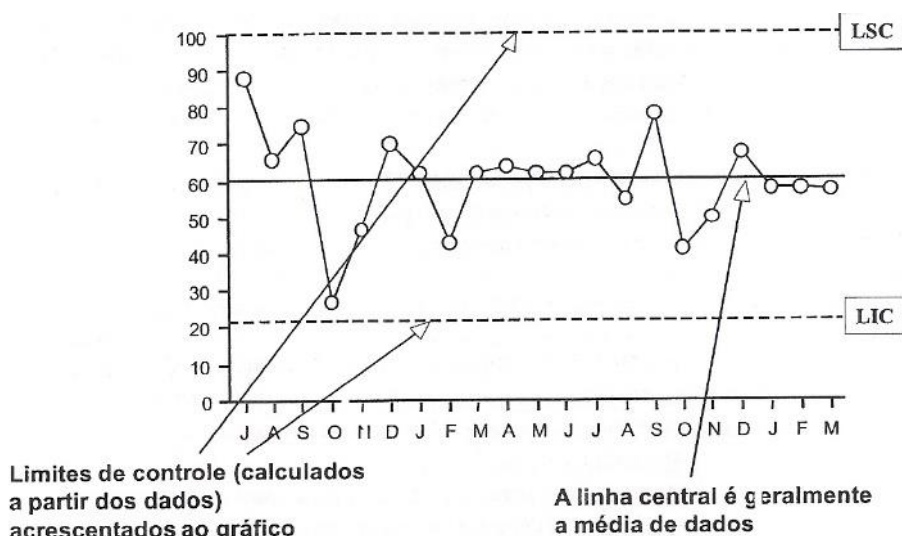


Fonte: (OLIVEIRA, 2014)

Saber diferenciar as variações naturais das variações especiais é, portanto, de suma importância para a tomada de decisões corretas para a melhoria do processo. Essa distinção pode ser feita adequadamente através do monitoramento dos indicadores dos processos. Portanto, basta coletar os dados dos indicadores e plotar em um gráfico ao longo do tempo. Chama-se isso de gráfico de tendência. No mesmo gráfico, adicionam-se as linhas conhecidas como limites de controle superior e inferior, as quais constituem o gráfico de controle. Um processo está sob controle ou estabilizado quando todas as medidas de sua execução refletem valores entre os limites de controle (OLIVEIRA, 2014).

Na figura 8, segue um exemplo de gráfico de controle:

Figura 8 – Exemplo de gráfico de controle



Fonte: (ANOVA CONSULTORES, 2010)

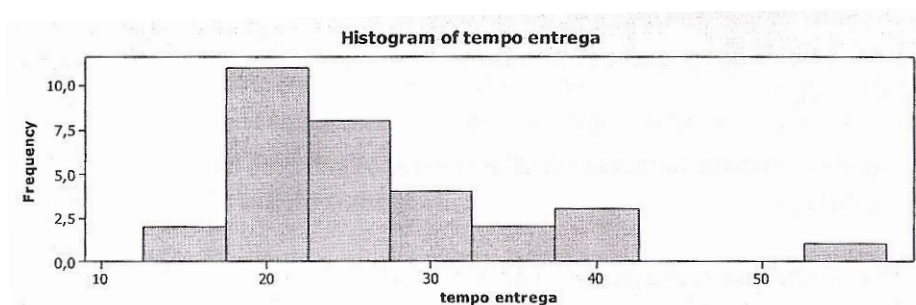
Este gráfico é essencial para a continuidade do projeto, pois fornece informação sobre a estabilidade do processo. Tal ferramenta pode ser de vários tipos, de acordo com os dados coletados. Dados variáveis são aqueles obtidos através de medições ou registros de magnitude numérica de alguma característica. Dados de atributos são aqueles obtidos pela observação da presença ou ausência de alguma característica na unidade de estudo (ANOVA CONSULTORES, 2010).

A interpretação do gráfico de controle se dá a partir do uso da estatística descritiva. Para isso, têm-se os números que indicam a localização dos dados, tais como médias ou medianas e os números que indicam a variabilidade, tais como amplitude ou desvio-padrão. Além disso, uma outra ferramenta bastante útil para a interpretação dos dados é o histograma, o qual é um gráfico de frequência essencial para saber qual o tamanho da dispersão dos dados, se o conjunto de dados é simétrico, qual o valor mais comum e se existem picos ou valores isolados (ANOVA CONSULTORES, 2010).

Segundo Oliveira (2014), o histograma é uma ferramenta estatística em forma de gráfico de barras que apresenta a distribuição de um conjunto de dados. Os resultados da aplicação desta ferramenta, de acordo com o mesmo autor, podem ajudar a indicar se houve alguma mudança no processo, além de fornecer informações úteis para prever o futuro desempenho do processo e mostrar a frequência relativa da ocorrência de alguns dados.

Na figura 9, segue um exemplo de histograma:

Figura 9 – Exemplo de histograma



Fonte: (ANOVA CONSULTORES, 2010)

2.1.3 Analyse (Análises)

Esta etapa consiste em levantar e comprovar as causas fundamentais do problema, através de testes e simulações.

Carvalho *et al.* afirmam que os processos devem ser analisados levando em conta sua variabilidade. Portanto, a equipe deverá fazer grande uso de ferramentas estatísticas.

Além disso, de acordo com o economista Iwankio (2011), durante as análises ocorre uma grande mudança cultural na empresa, pois o processo é estudado por completo, levantando as causas e comprovando o impacto de cada uma na geração do problema.

Nesta fase, são identificados focos de mudança a serem desenvolvidos na fase “improve”. Um passo decisivo para o sucesso do projeto é a proposição, pela equipe, de uma estratégia bem focada para as mudanças (ANOVA CONSULTORES, 2010).

Durante as análises, a equipe deve procurar entender o motivo do baixo desempenho dos processos, criticando a maneira como eles ocorrem e apontando possíveis causas de problemas. As causas devem ser comprovadas por meio de testes ou evidenciadas através dos dados.

Para identificar quais os focos de mudança, são utilizadas técnicas de análise e crítica do processo e técnicas de análise de dados. Independente da técnica, deve ser utilizado o mapeamento detalhado do processo, o qual foi obtido na fase “measure”, para explorar os dados. Além disso, a equipe deve gerar e testar hipóteses sobre as causas dos problemas.

2.1.3.1 Análise e crítica ao processo

De acordo com o material de apoio do curso de formação de greenbelts da Anova Consultores em Melhoria (2010), com o fluxograma do processo obtido na fase “measure”, dá-se início à análise e crítica do processo, buscando identificar desconexões, gargalos, redundâncias, retrabalhos, atividades desnecessárias ou até mesmo erros de conceito. Para possibilitar esta análise, deve-se fazer uso de três ferramentas:

- Técnica do desafio
- Os cinco por quês
- Diagrama de causa e efeito

Criada na década de 80, a técnica do desafio visa estimular o pensamento criativo da equipe. Por exemplo, fazer com que os membros desafiem a real necessidade de algo ser como é atualmente. Ou desafiar a validade das razões para se manter a maneira como o processo é realizado. E, por fim, desafiar a singularidade na realização de uma determinada tarefa (ANOVA CONSULTORES, 2010).

No desafio da necessidade, a equipe deve se perguntar se algo é realmente necessário para o processo e, caso não seja, se pode ser eliminado. Este desafio se justifica pelo fato de que novos materiais ou métodos podem ter sido criados, além de outras condições que podem ter surgido.

No desafio da validade das razões, devem ser estudadas as possibilidades de adequação às novas leis, regras ou procedimentos. Além disso, deve-se questionar a tradição.

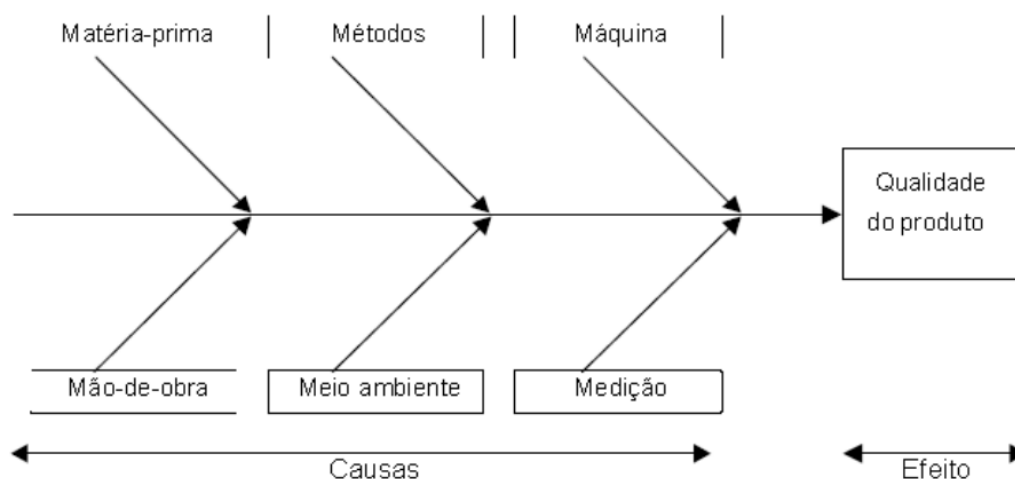
No desafio da singularidade, devem ser analisadas novas possibilidades de realização de uma tarefa. Quase sempre existe mais uma alternativa.

Com relação aos cinco por quês, pode-se afirmar que é uma técnica cujo objetivo é encontrar a causa raiz do problema, ou seja, não se prender à eliminação dos sintomas. O princípio desta técnica se baseia em, ao se deparar com um problema, perguntar-se por que ele ocorre, buscando a causa. Feito isso, pergunta-se o porquê desta causa e assim sucessivamente. Normalmente, após cinco iterações com os por quês já se consegue chegar na causa fundamental (ANOVA CONSULTORES, 2010).

Segundo Reyes (2000), a ferramenta dos cinco porquês serve para organização das informações em um plano de ação, planejamento ou mesmo para apresentação de resultados.

Por fim, o diagrama de causa e efeito é uma ferramenta para visualização gráfica que permite resumir e estruturar de forma hierárquica o conhecimento do grupo a respeito das causas e sub causas que contribuem para o problema (ANOVA CONSULTORES, 2010). Este diagrama é, também, chamado de espinha de peixe, devido ao seu aspecto, conforme exemplo da figura 10:

Figura 10 – Exemplo de diagrama de causa e efeito



Fonte: (ANOVA CONSULTORES, 2010)

Costa Filho (2011) afirma que este diagrama é utilizado quando se necessita identificar, explorar e ressaltar todas as possíveis causas de um problema.

O *brainstorming* é uma outra ferramenta que possibilita uma boa execução da fase de análises. Esta ferramenta consiste em entrevistas realizadas pela equipe com todos os envolvidos nos processos em análise, a fim de coletar as informações sobre o problema.

Muitas das informações obtidas em um *brainstorming* são colocadas a esmo, sem saber ao certo o que é causa e o que é consequência. O diagrama de causa e efeito ajuda com relação a isso (DONADEL, 2008).

É importante ressaltar que, antes da tomada de qualquer decisão, deve-se detectar a influência destas causas no problema. Além disso, a equipe precisa decidir, através dos dados, quais são as causas reais do problema e se há a necessidade de coletar informações adicionais.

2.1.3.2 Análise de dados

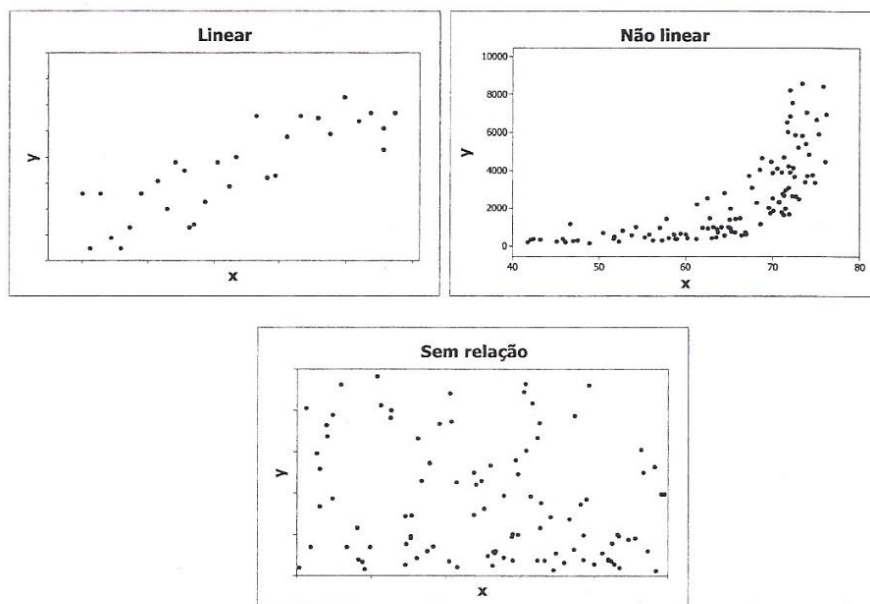
A análise dos dados busca a compreensão de como estão relacionadas as variáveis. Para isso, são utilizadas, dependendo dos tipos de variáveis, ferramentas como gráficos de dispersão, gráficos de tendência e de barras estratificados (ANOVA CONSULTORES, 2010).

Quando as variáveis são numéricas, elas podem ser estudadas através de um gráfico de dispersão, o qual, segundo Oliveira (2014), é um diagrama no qual se marcam os valores à variável independente no eixo horizontal e os valores das variáveis pressupostas dependentes no eixo vertical. De acordo com o mesmo autor, para a construção deste gráfico, devem-se selecionar as variáveis, coletar os dados em pares e fazer a plotagem no diagrama de eixos cartesianos.

Neste gráfico, podem ser observados padrões de forma, força e direção.

Os padrões de forma indicam qual o tipo de função esperada para a relação entre as variáveis. Podem ser observadas funções lineares ou não lineares, tais como exponenciais, parabólicas ou outros tipos (ANOVA CONSULTORES, 2010). A figura 11 ilustra os padrões de forma:

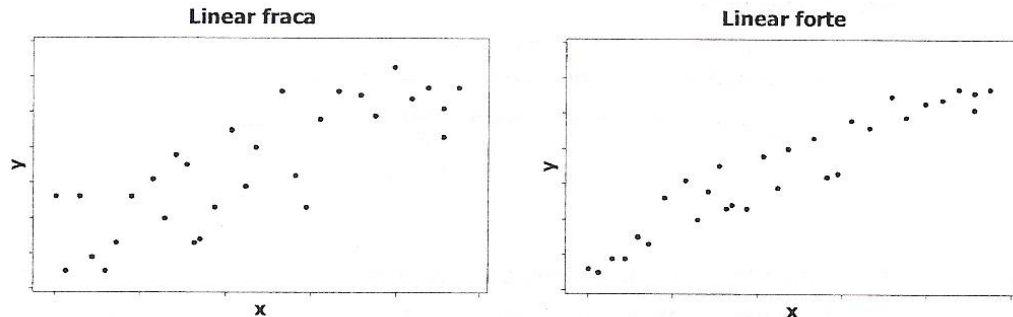
Figura 11 – Padrões de forma



Fonte: (ANOVA CONSULTORES, 2010)

Os padrões de força indicam o quanto os dados variam em torno da forma observada, conforme ilustrado na figura 12:

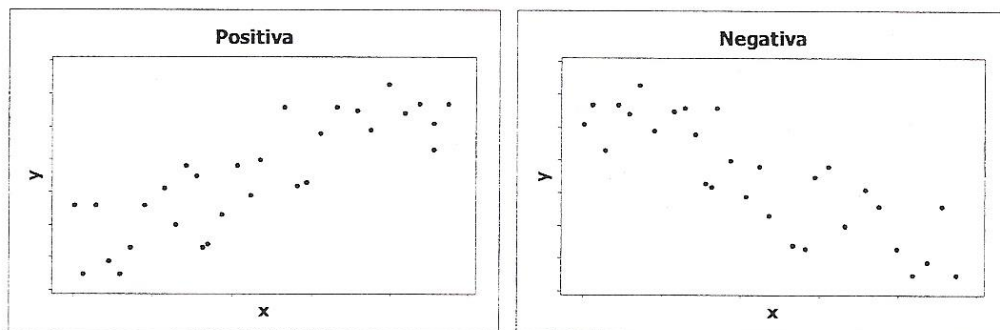
Figura 12 – Padrões de força



Fonte: (ANOVA COLSULTORES, 2010)

Os padrões de direção mostram se a função é crescente ou decrescente, conforme ilustrado na figura 13:

Figura 13 – Padrões de direção



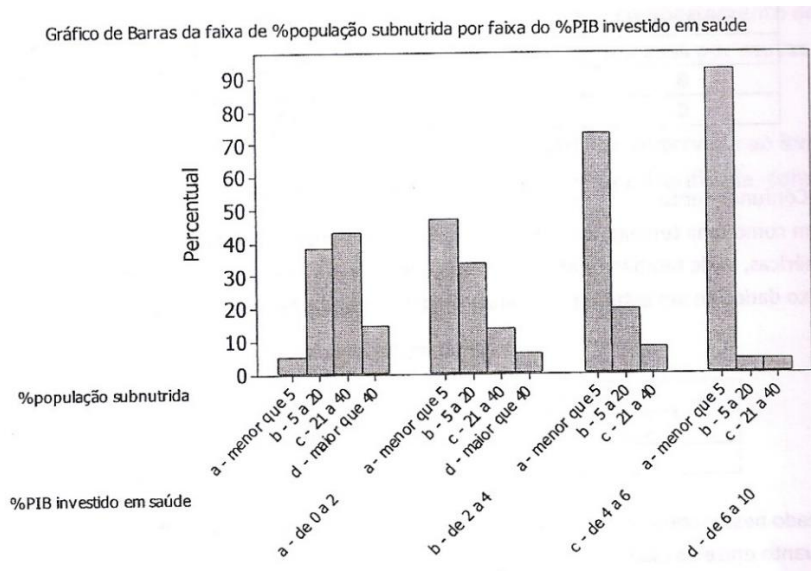
Fonte: (ANOVA COLSULTORES, 2010)

De acordo com o material de apoio do curso de formação de greenbelts da Anova Consultores em Melhoria (2010), quando se observa um padrão linear, pode-se calcular o coeficiente de correlação. Este coeficiente, cuja amplitude é de -1 até 1, mostra a força da associação linear entre as variáveis numéricas estudadas. O sinal indica se o padrão é crescente ou decrescente e o módulo indica a proximidade dos pontos em relação à reta que melhor se ajusta a eles. O coeficiente de correlação linear é calculado da seguinte maneira:

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

Quando as variáveis são categóricas, os gráficos de dispersão não se aplicam. Portanto, deve-se construir uma tabela cruzada e, a partir dela, plotar um gráfico de barras estratificado, conforme exemplificado na figura 14 (ANOVA COLSULTORES, 2010):

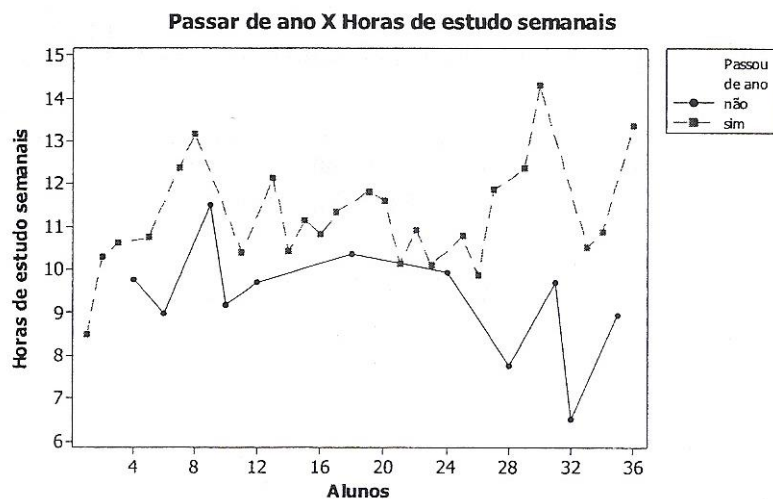
Figura 14 – Exemplo de gráfico de barras estratificado



Fonte: (ANOVA COLSULTORES, 2010)

Quando uma das variáveis é contínua e a outra é categórica, utiliza-se o gráfico de tendência estratificado, conforme exemplificado na figura 15 (ANOVA COLSULTORES, 2010):

Figura 15 – Exemplo de gráfico de tendência estratificado



Fonte: (ANOVA COLSULTORES, 2010)

Ao final da fase “analyse”, a equipe deverá demonstrar com clareza os aprendizados com as análises e testes. Além disso, deverá provar que as mudanças propostas possuem grande potencial benéfico para a organização.

2.1.4 **Improve (Implementação)**

É nesta fase que as melhorias se materializam no processo, quando a equipe interage com as pessoas que executam as atividades, sendo, portanto, uma fase crítica (CARVALHO *et al.*, 2005).

Nesta fase são discutidas as mudanças, desde o seu desenvolvimento, origem e tipos até a implementação, testes e análise de riscos.

2.1.4.1 Desenvolvimento de mudanças

Desenvolver uma mudança que, aos olhos do cliente, possa ser classificada como melhoria, pode não ser uma tarefa fácil, mas deve envolver alguma modificação fundamental na forma como os processos funcionam (ANOVA COLSULTORES, 2010).

Porém, é importante ter o cuidado de não se enganar com mudanças do tipo “mais do mesmo”, como por exemplo, mais pessoas, mais investimento financeiro ou mais tempo de dedicação ao trabalho. Este tipo de mudança não altera a forma básica de execução do processo e, apesar de poder apresentar resultados positivos em curto prazo, os problemas voltarão a ocorrer depois de um tempo (ANOVA COLSULTORES, 2010).

Portanto, ao se desenvolver uma mudança, a equipe deve saber diferenciar dois tipos mais genéricos, tais como mudanças reativas e mudanças fundamentais.

As do tipo reativo produzem efeito quase que imediato e serve para reestabelecer o padrão normal de desempenho de um processo, mas não leva a um melhor patamar de operação. As do tipo fundamental são resultado do redesenho do processo e levam à melhoria dos resultados. Porém, o efeito é sentido apenas de médio a longo prazo (ANOVA COLSULTORES, 2010).

2.1.4.2 Origem das mudanças

De acordo com o material de apoio do curso de formação de greenbelts da Anova Consultores em Melhoria (2010), as mudanças podem surgir de cinco maneiras diferentes, listadas e explicadas a seguir.

- Análise lógica e crítica da situação atual.
- *Benchmarking*.
- Uso de tecnologia.
- Criatividade.
- Conceitos de mudança.

A análise crítica e lógica da situação atual pode ser feita com base no estudo do Fluxograma do processo. Tal ferramenta pode auxiliar a equipe a propor novas operações ou mudanças na sequência das operações do processo.

O *benchmarking* consiste em analisar outros casos semelhantes que já tenham sido implementados em outras áreas ou até mesmo em outras empresas, segundo Chase *et al.* (2006). As ideias obtidas através da observação dos outros casos podem ser adaptadas pela equipe para serem utilizadas no caso em questão.

O uso de tecnologia demanda tempo e dinheiro. Portanto, deve-se ter o cuidado de não implementar tecnologias que não resultem em melhorias. Geralmente, a tecnologia pode ser utilizada para automação de sistemas que antes eram manuais, aumentando a produtividade e reduzindo o tempo.

A criatividade se resume simplesmente na criação de uma nova ideia, ou seja, buscar alternativas para realizar uma determinada tarefa, evitando propor mudanças do tipo “mais do mesmo”, como já citado anteriormente.

De acordo com o material de apoio do curso de formação de greenbelts da Anova Consultores em Melhoria (2010), o uso dos conceitos de mudança consiste em agir de maneiras previamente determinadas para uma dada situação. Por exemplo, se uma das propostas de mudança for a melhoria do ambiente de trabalho, algumas atitudes a serem tomadas podem ser o melhor acesso às informações, desenvolver alianças e participar de treinamentos. Além destas, podem existir várias outras atitudes pré-determinadas, variando de acordo com a maneira que se deseja melhorar o ambiente de trabalho.

Abaixo, uma lista de conceitos de mudanças, de acordo com Langley *et al.* (2009).

- Eliminar desperdícios.
- Melhorar o fluxo de trabalho.
- Otimizar inventário.
- Mudar o ambiente de trabalho.
- Incrementar a relação entre produtor e consumidor.
- Gerenciar o tempo.
- Gerenciar variação.
- Planejar sistemas e evitar erros.
- Focar no produto ou serviço.

2.1.4.3 Teste de mudanças

Antes da implementação das mudanças propostas, faz-se necessário o teste em pequena escala, a fim de identificar possíveis falhas e fazer os reajustes necessários para garantir o sucesso da equipe. Os efeitos das mudanças poderão ser notados nos gráficos de controle.

2.1.4.4 Análise de riscos

Mesmo que a mudança testada torne possível atingir o resultado desejado, a equipe deverá fazer uma análise de riscos associados às mudanças propostas. Não seria apreciável o fato de atingir o objetivo sem atentar para outras áreas que poderiam ser afetadas negativamente.

De acordo com o material de apoio do curso de formação de greenbelts da Anova Consultores em Melhoria (2010), seguem alguns exemplos de risco:

- Ao cliente.
- Ao meio-ambiente.
- Saúde dos colaboradores.
- Patrimônio.
- Comunidade.
- Organização.

Uma ferramenta bastante adequada à análise de riscos é o FMEA, sigla em inglês para Análise de Modos e Efeitos de Falha.

O FMEA de processo deve possuir as mesmas etapas dispostas na mesma ordem do Fluxograma. Para cada etapa há um requisito e seus respectivos modos de falha, seguidos das possíveis causas. Além disso, devem constar, para cada modo de falha, controles de prevenção, detecção e as ações recomendadas. A seguir, na figura 16, tem-se um exemplo de uma página de um FMEA de processo.

Figura 16 – Exemplo de FMEA

Descrição do Produto / Processo	Função (ões) do processo	Tipo de Falha Potencial	Efeito de Falha Potencial	Causa da Falha em Potencial	Controles Atuais	Índices			
						SEV	OCC	DET	R ou NPR
Solicitação de Medicamento	Garantir o medicamento correto quando solicitado	Solicitação de remédio incorreto	Consequência potencialmente fatal	Lapso mental, problema com escrita, leitura incorreta de protocolo, falta de conhecimento, protocolo impresso incorretamente		3	8	10	240
		Solicitação de dose incorreta	Consequência potencialmente fatal	Erro de cálculo, leitura incorreta de protocolo, dados do paciente incorreto (peso, altura, etc), informações do paciente não disponível, lapso mental e protocolo impresso incorretamente		2	7	10	140

Fonte: (ANOVA COLSULTORES, 2010)

2.1.5 Control (Controle)

Por fim, são criados mecanismos e ferramentas para monitorar os principais parâmetros alterados, garantindo a manutenção dos resultados desejados a longo prazo.

Para manter os resultados, é necessária uma padronização nos processos, adotando, por exemplo, treinamentos, documentações e medições periódicos.

Carvalho *et al.* (2005) afirmam que qualquer sistema fechado tende da ordem para a desordem, ou seja, se o processo não estiver sob controle, tenderá a ficar mais desorganizado futuramente.

3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

3.1 DEFINE (DEFINIÇÃO)

Inicialmente, o patrocinador reuniu a equipe e comunicou que estavam sendo registrados atrasos na linha de montagem de chassis.

Os atrasos eram devidos ao alto índice de retrabalho. Além disso, os retrabalhos desencadeavam outros problemas, pois era necessário reorganizar a mão-de-obra e o espaço físico.

Durante a primeira reunião, realizada no mês de março de 2014, a equipe definiu que o objetivo seria a redução do número de retrabalhos na linha de montagem. Também foram definidos os indicadores e metas, além do estabelecimento de um cronograma. Um prazo estimado para a conclusão do projeto seria até o final do mês de abril de 2015.

Decidiu-se que uma meta exequível seria uma redução de até 25% no índice de retrabalhos, levando-se em consideração as restrições impostas pelo ambiente de trabalho.

Com a avaliação do histórico de ocorrências e considerando-se a maneira como eram controlados os registros de problemas de qualidade, o grupo optou pela criação de um indicador do número de retrabalhos em função da quantidade de chassis produzidos.

Para finalizar a reunião e dar sequência ao projeto, a equipe preencheu o contrato de melhoria simplificado, conforme ilustrado na figura 17.

Figura 17 – Contrato de melhoria

Equipe:	Sponsor:
1. Descrição do Problema/Incômodo: Alto índice de retrabalho nos chassis.	
2. Meta(s) e ganhos esperados: Redução de 25% no número de retrabalhos.	
3. Indicadores do Projeto: Número de Retrabalhos X Número Chassis Produzidos.	
4. Cronograma: Abril de 2015.	
5. Escopo, Restrições (fronteira, indicadores, etc.) e Observações O projeto terá foco na linha de montagem principal de chassis X	

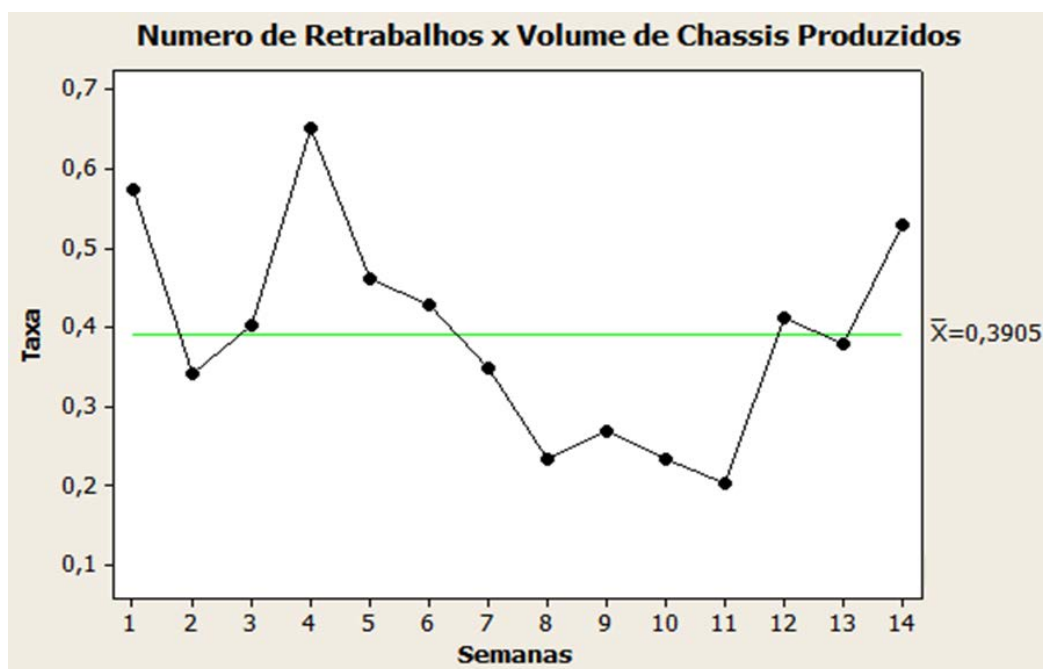
Fonte: Adaptado de DOMINGUES *et al.* (2014)

3.2 MEASURE (MEDIÇÕES)

A fim de estudar como estava o processo, a equipe realizou o acompanhamento na própria linha de montagem. Para cada chassi que deixa a produção, existe um documento conhecido como ficha de conformidade, no qual constam resumos de todas as ocorrências registradas durante a passagem do produto pela linha. Todos os controles, inspeções e liberações são anotados neste documento.

Através destas fichas de conformidade, a equipe pôde estudar o comportamento do processo durante o período de abril a julho de 2014. Os resultados obtidos podem ser vistos no gráfico da figura 18.

Figura 18 – Gráfico de tendência

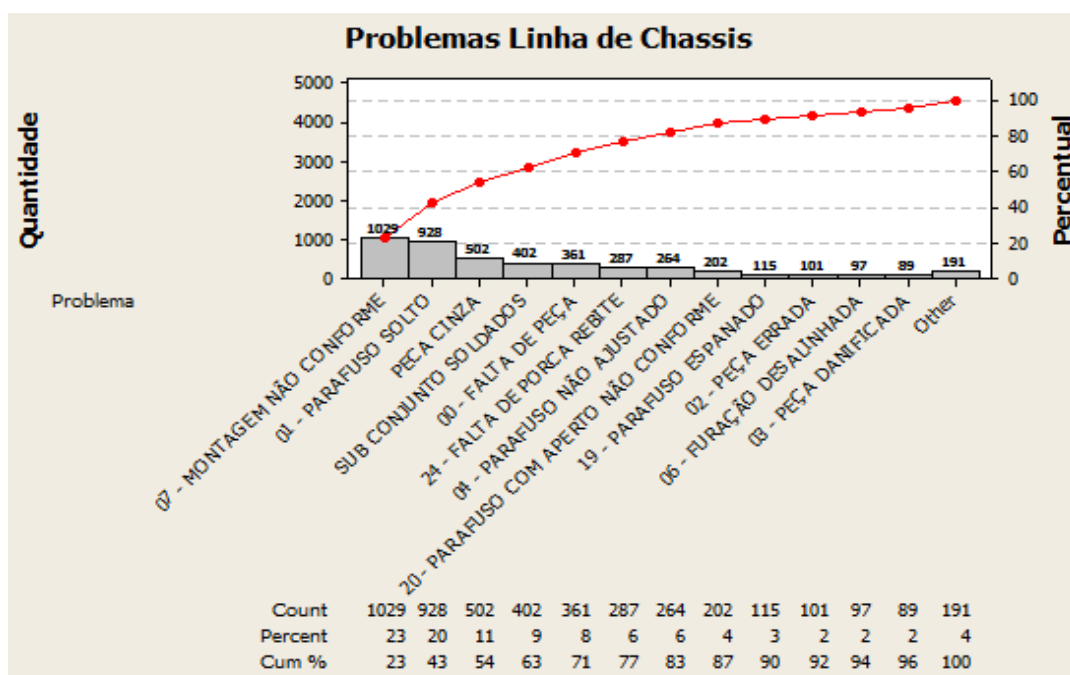


Fonte: Adaptado de DOMINGUES *et al.* (2014)

Mesmo com este gráfico em mãos, a equipe ainda não podia iniciar as medições. Isso se deve ao fato de que este indicador englobava todas as ocorrências de linha durante o período considerado. Portanto, evidenciou-se a necessidade de uma estratificação do problema.

Para isso, o grupo fez um levantamento de todas as fichas de conformidade durante o período entre 01/04/2014 a 22/07/2014 e os resultados foram plotados no gráfico de Pareto da figura 19.

Figura 19 – Gráfico de Pareto



Fonte: Adaptado de DOMINGUES *et al.* (2014)

A partir da análise deste gráfico, juntamente da análise dos processos no local de produção, a equipe concluiu que o problema descrito como “peça cinza” não gerava retrabalhos. Ele apenas se referia aos chassis que haviam sido pintados de cinza por algum outro motivo, sem a necessidade de retrabalhar a peça.

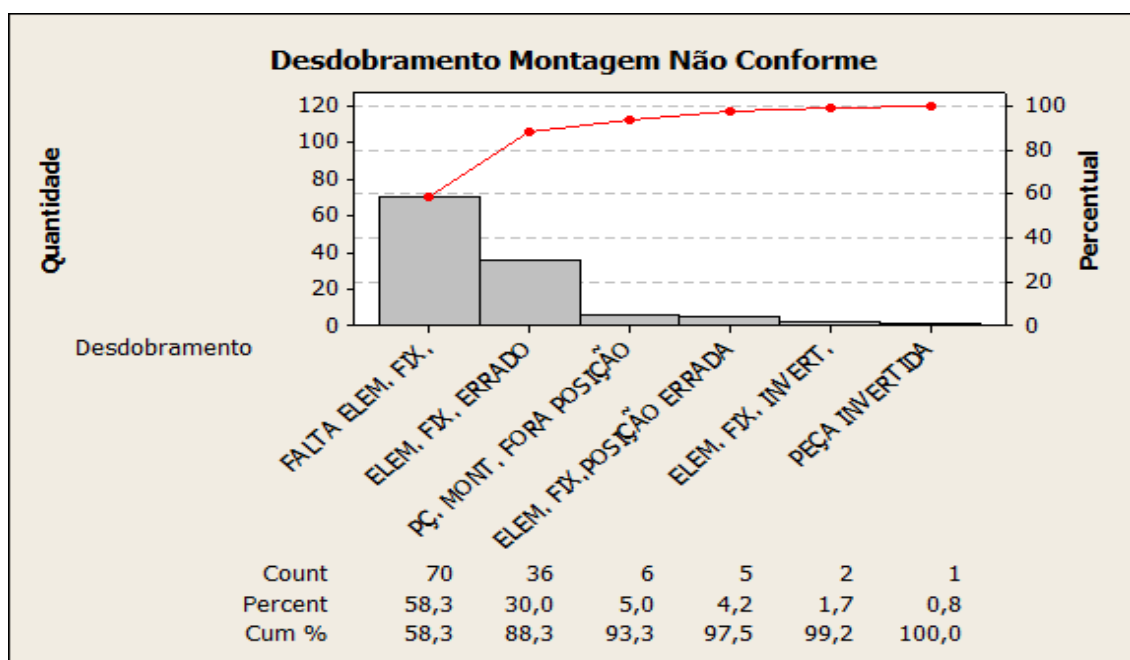
Além disso, a equipe e o patrocinador verificaram que os problemas relacionados à montagem não conforme, parafusos soltos e aos sub conjuntos soldados eram responsáveis por mais de 50% dos retrabalhos no período considerado.

Portanto, os esforços da equipe poderiam, a partir deste momento, se direcionarem a estes três modos de falha.

Porém, antes de prosseguir com o projeto, o grupo decidiu estratificar ainda mais dois destes problemas, pois todos concordaram com relação à subjetividade que eles apresentavam. Montagem não conforme e sub conjuntos soldados deveriam ser, portanto, desdobrados.

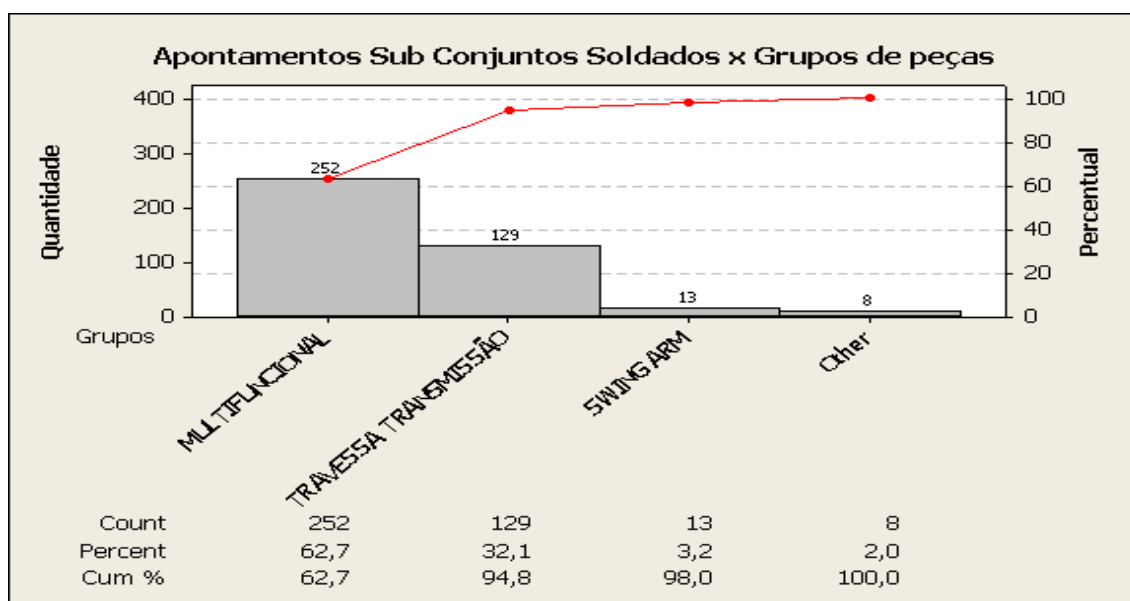
Para a estratificação destes dois tipos de falhas, a equipe realizou diversas reuniões com os colaboradores da linha de montagem, a fim de compreender as anotações feitas nas fichas de conformidade. Feito isso, o grupo obteve os gráficos de Pareto das figuras 20 e 21.

Figura 20 – Gráfico de Pareto para montagem não conforme



Fonte: Adaptado de DOMINGUES *et al.* (2014)

Figura 21 – Gráfico de Pareto para sub conjuntos soldados



Fonte: Adaptado de DOMINGUES *et al.* (2014)

A partir do primeiro gráfico, concluiu-se que 90% dos problemas relacionados à montagem não conforme eram devidos à falta de elementos de fixação e, também, elementos de fixação montados em locais indevidos.

O segundo gráfico possibilitou que a equipe identificasse que 95% dos problemas ligados aos sub conjuntos soldados estavam relacionados aos multifuncionais e à travessa da transmissão.

Diante desta análise, a equipe concluiu que as medições do indicador de retrabalhos seria feita com base em uma nova ficha de conformidade, a qual deixava bem claro quais seriam as falhas mais relevantes para o projeto de melhoria, eliminando a subjetividade encontrada anteriormente.

Portanto, para a continuidade do projeto, direcionou as atenções para as seguintes falhas dos elementos de fixação:

- Soltos;
- Errados;
- Faltantes.

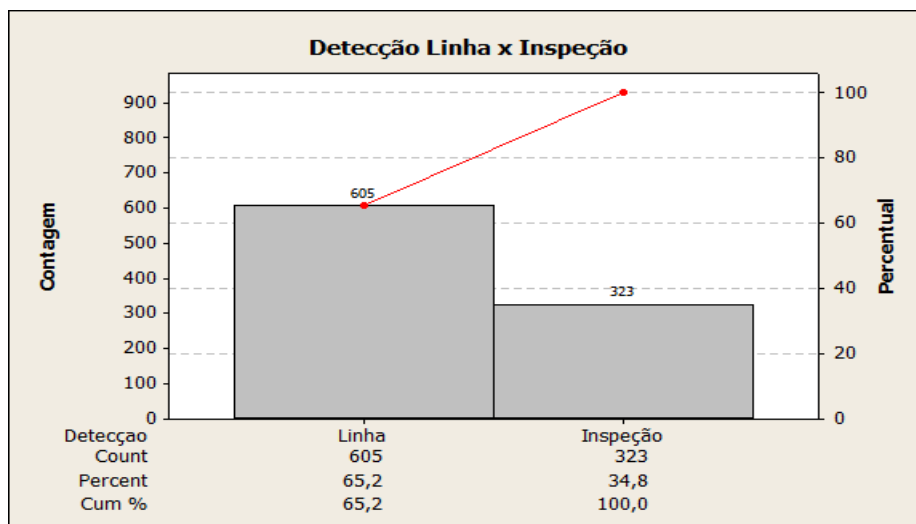
E para os sub conjuntos soldados, as atenções se voltariam para:

- Montagem da travessa de transmissão;
- Montagem dos multifuncionais.

3.3 ANALYSE (ANÁLISE) – ELEMENTOS DE FIXAÇÃO

Para a análise dos elementos de fixação, foram estudadas, novamente, as fichas de conformidade. A partir desta nova análise destes documentos, o grupo concluiu que 65% dos problemas eram apontados pelos próprios operadores durante a montagem, ou seja, os chassis nem chegavam a seguir para a inspeção. Os dados analisados podem ser vistos no gráfico de Pareto da figura 22.

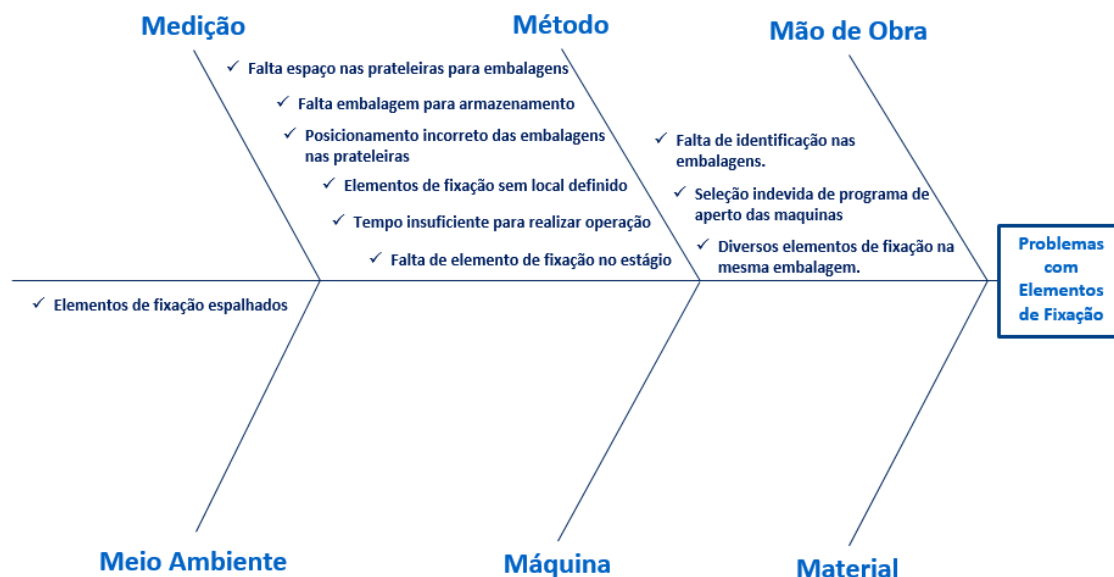
Figura 22 – Gráfico de Pareto para local de detecção



Fonte: Adaptado de DOMINGUES *et al.* (2014)

Com este cenário em vista, a equipe realizou outro *brainstorming* com os colaboradores de todos os turnos da linha de montagem, a fim de melhor compreender as principais dificuldades enfrentadas pelos operadores durante a passagem do chassi pela produção. Com isso, foi possível obter o diagrama de causa e efeito da figura 23.

Figura 23 – Diagrama de causa e efeito



Fonte: Adaptado de DOMINGUES *et al.* (2014)

3.4 IMPROVE (IMPLEMENTAÇÃO) – ELEMENTOS DE FIXAÇÃO

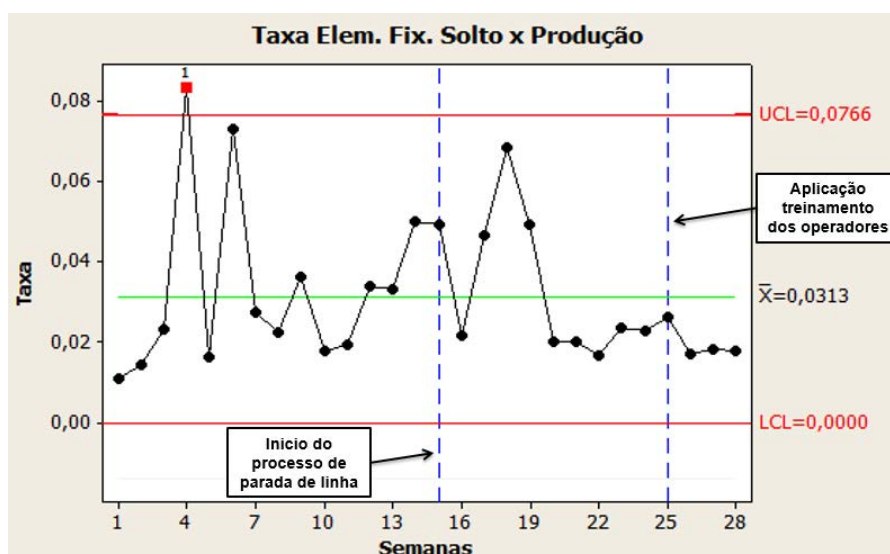
Após a compreensão dos problemas principais, o grupo iniciou a implementação de algumas ações em conjunto com a linha de montagem, visando à melhoria de aspectos como organização do ambiente de trabalho, padronização de informações e identificação correta dos itens, além de treinamentos para manutenção dos resultados obtidos com a melhoria.

As ações tomadas pela equipe foram a parada de linha, a padronização com redistribuição dos torques e treinamentos 5S. Os princípios destes treinamentos, segundo Oliveira (2014), possuem origem em um código comportamental japonês. Cada letra S se refere às palavras *Seiri* (utilização), *Seiton* (ordenação), *Seiso* (limpeza), *Seiketsu* (saúde) e *Shitsuke* (disciplina). Ainda de acordo com Oliveira (2014), a prática do 5S é um excelente meio de conseguir bons resultados de mudança comportamental, tanto pela revolução que faz nos ambientes de trabalho, quanto pelo envolvimento e comprometimento pessoal que gera.

A decisão de parada da produção se deve aos relatos dos colaboradores durante o *brainstorming*, que diziam não haver tempo suficiente para apertar determinado elemento ou montar um certo componente. Desta maneira, o problema seguia adiante, sendo reportado apenas quando o chassi chegava à inspeção final com a necessidade de retrabalho. Com a parada da linha, os funcionários poderiam finalizar o serviço antes do chassi prosseguir, evitando o retrabalho.

O gráfico da figura 24 ilustra a eficácia da implementação desta ação para a eliminação dos problemas relacionados ao elementos de fixação soltos ou faltantes.

Figura 24 – Início do processo de parada de linha



Fonte: Adaptado de DOMINGUES et al. (2014)

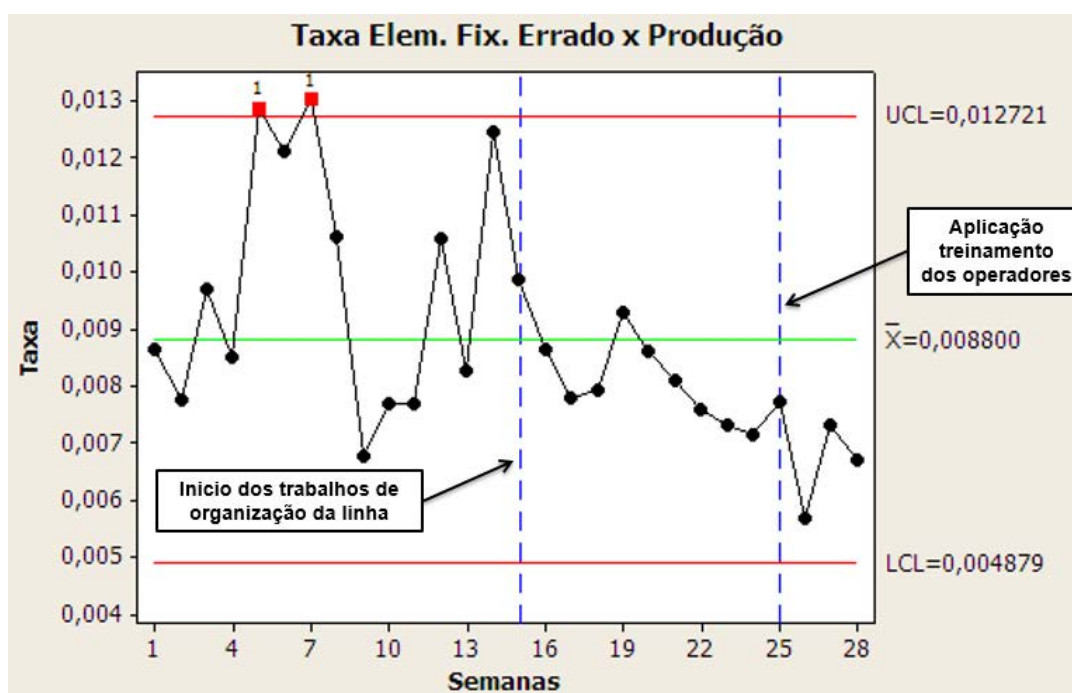
A padronização com redistribuição dos torques foi uma ação implementada em conjunto com a engenharia do cliente, o qual era responsável direto pelos projetos dos chassis. O objetivo era agrupar os elementos de fixação de acordo com o tipo de junta onde cada um seria montado. Isso facilitaria ao operador a seleção do programa de aperto nos painéis das máquinas, evitando seleções erradas. Tal ação foi eficaz na redução de problemas relacionados a elementos de fixação soltos.

A terceira ação foi a realização de treinamentos de conceitos 5S. Este trabalho foi realizado em conjunto com o departamento de recursos humanos da empresa.

Com relação à falta de organização, foram levantados diversos pontos, como elementos de fixação espalhados pelo local de trabalho, misturados com outros elementos semelhantes e, também, embalagens sem identificação ou posicionadas em locais incorretos.

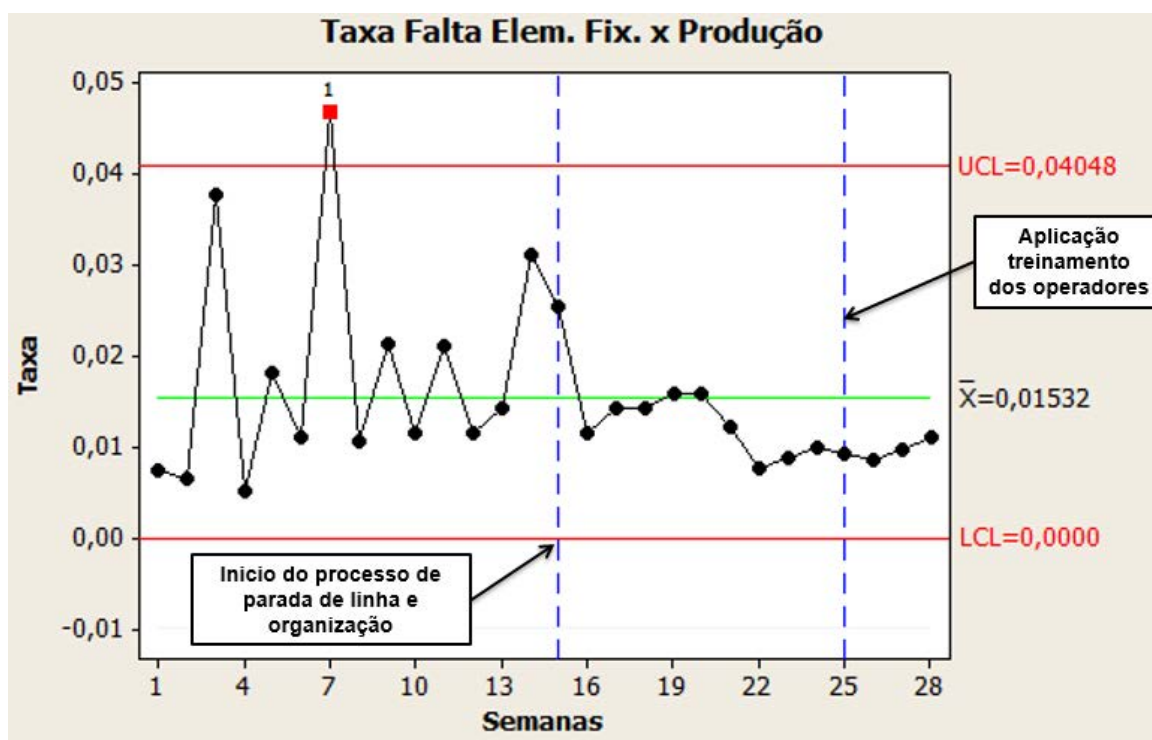
A equipe iniciou, em conjunto com os funcionários da linha de montagem, um trabalho de organização do setor, identificando todas as embalagens e separando os elementos de fixação, levando cada um para seu devido lugar. Feito isso, com a ajuda do RH, foi aplicado um treinamento on the job, buscando a conscientização dos colaboradores quanto à organização do ambiente de trabalho. Os resultados podem ser verificados nos gráficos das figuras 25 e 26.

Figura 25 – Início dos trabalhos de organização de linha



Fonte: Adaptado de DOMINGUES *et al.* (2014)

Figura 26 – Início do processo de parada de linha e organização



Fonte: Adaptado de DOMINGUES *et al.* (2014)

Outra ação implementada pela equipe foi a instalação de um armário para armazenar os elementos de fixação. Porém, após três meses de uso, percebeu-se que as outras ações adotadas anteriormente já eram suficientes para produzir os ganhos esperados e, além disso, o custo para instalação de armários em toda a linha de montagem não se mostrou atrativo.

3.5 ANALYSE (ANÁLISE) – TRAVESSA DA TRANSMISSÃO

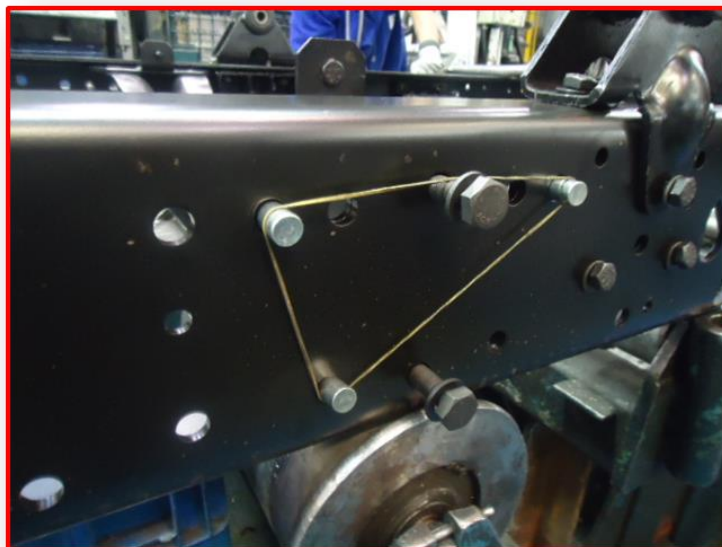
A travessa da transmissão é um elemento estrutural que faz a ligação entre as longarinas esquerda e direita. Na parte interna das longarinas existem furos específicos para a fixação da travessa. Na parte externa, há outros furos para a fixação de um determinado suporte.

Para entender o incômodo com relação à travessa da transmissão, a equipe acompanhou o trabalho na linha de montagem durante alguns dias e observando diversos chassis com a mesma configuração.

A seguir, através das figuras de 27 a 30, é explicada a sequência de montagem. A partir disso, a equipe já pôde notar claramente qual era o problema.

Inicialmente, a travessa é posicionada entre as longarinas, com três rebites e dois parafusos nas porcas solda dos terminais da travessa.

Figura 27 – Primeiro passo para montagem da travessa da transmissão



Fonte: Adaptado de DOMINGUES *et al.* (2014)

Em seguida, fixam-se os rebites, mantendo os parafusos apenas apontados nas porcas solda.

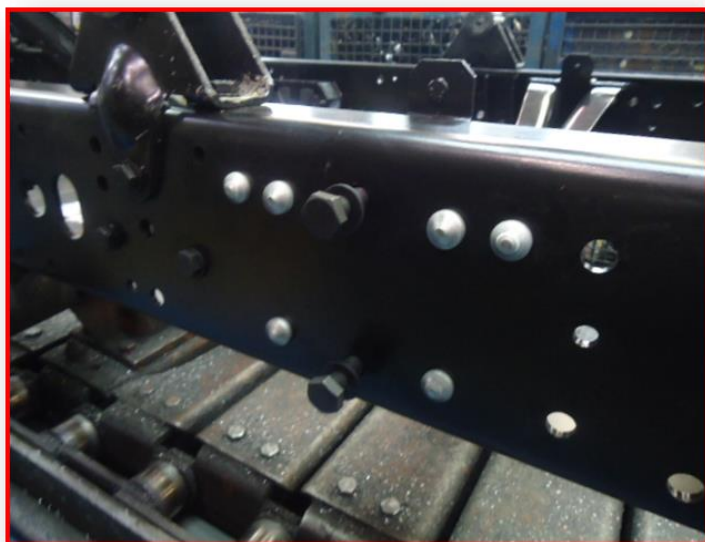
Figura 28 – Segundo passo para montagem da travessa da transmissão



Fonte: Adaptado de DOMINGUES *et al.* (2014)

Em seguida, fixam-se mais três rebites, mantendo os parafusos da mesma maneira que estavam na operação anterior.

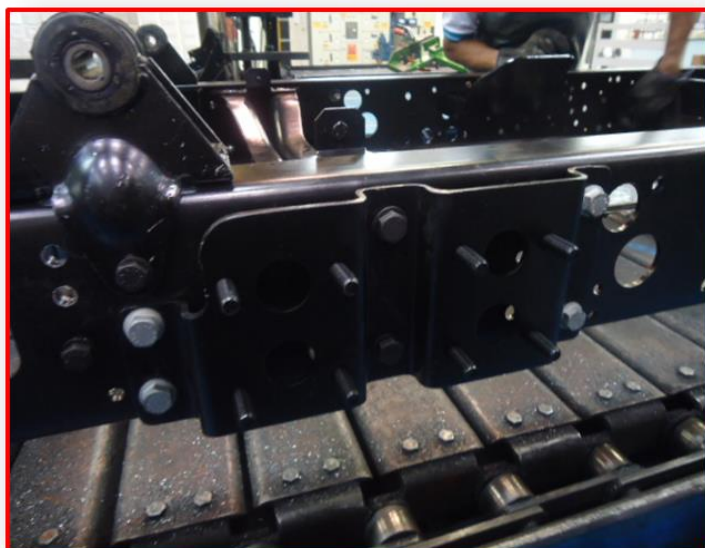
Figura 29 – Terceiro passo para montagem da travessa da transmissão



Fonte: Adaptado de DOMINGUES *et al.* (2014)

Por fim, removem-se os parafusos para a instalação do suporte. Os parafusos são novamente fixados.

Figura 30 – Quarto passo para montagem da travessa da transmissão



Fonte: Adaptado de DOMINGUES *et al.* (2014)

O problema ficou evidenciado na última etapa da montagem da travessa. Os dois parafusos, que deveriam servir apenas para alinhamento dos furos até a operação ilustrada na figura 29, ficavam presos, o que dificultava a instalação do último suporte e o chassi precisava ser enviado ao retrabalho. Com isso, os parafusos eram danificados durante a retirada.

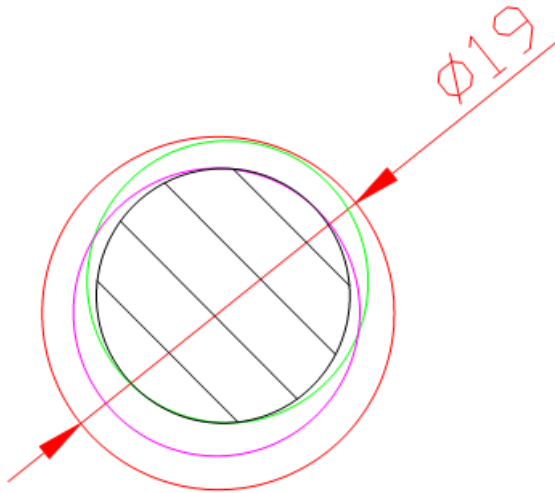
O grupo entendeu que tal incômodo ocorria quando o chassi se movimentava na linha durante a operação de rebitagem, pois os parafusos acabavam encostando nas paredes dos furos e ficavam presos.

Ao realizar a análise dimensional do terminal da travessa e da longarina, a equipe identificou uma possibilidade de ganho rápido, pois o desenho original do cliente informava que todos os oito furos deveriam ter um diâmetro variando entre 15,00 mm e 15,30 mm. Contudo, dois destes furos teriam porcas soldas instaladas. A norma DIN 928, do próprio cliente, informa que, quando há porcas solda M14 instaladas nos furos, os diâmetros em questão devem estar entre 16,50 mm e 16,80 mm. Mas, mesmo com este aumento, os parafusos ainda corriam o risco de permanecerem presos. Isso se deve ao fato de que os furos das longarinas também possuíam suas próprias tolerâncias. Após um estudo sobre tais tolerâncias, concluiu-se que o diâmetro dos furos da longarina por onde passariam os parafusos deveria ser de 19,00 mm. Desta maneira, independentemente da situação de montagem, não haveria interferência e os parafusos poderiam ser retirados e recolocados normalmente, sem danos e sem necessidade de retrabalho.

3.6 IMPROVE (IMPLEMENTAÇÃO) – TRAVESSA DA TRANSMISSÃO

O grupo preparou uma apresentação e entrou em contato com o cliente, o qual era totalmente responsável pelo projeto dos chassis. O estudo de tolerâncias foi discutido e o cliente concordou em modificar o desenho do conjunto, adotando o novo valor proposto pela equipe, conforme ilustrado na figura 31.

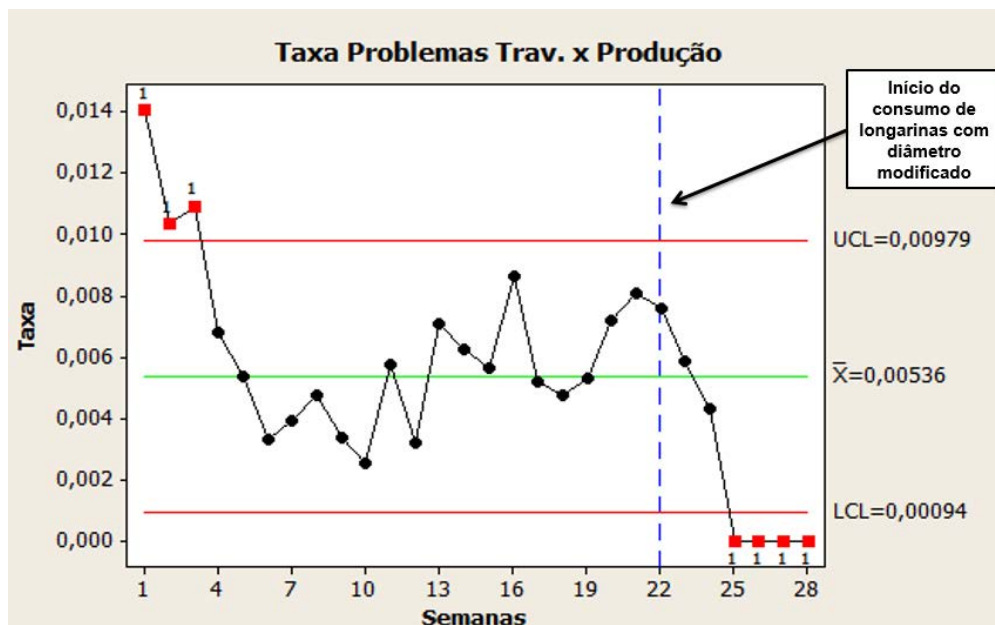
Figura 31 – Estudo de tolerâncias para o furo



Fonte: Adaptado de DOMINGUES *et al.* (2014)

Enquanto a engenharia de projeto do cliente revisava o desenho do conjunto, foi concedido um desvio para que os chassis já começassem a ser fabricados conforme nova especificação. Logo após a implementação desta ação corretiva na linha de produção, o indicador de retrabalhos foi reduzido a zero, conforme se verifica no gráfico da figura 32.

Figura 32 – Gráfico de controle da travessa da transmissão



Fonte: Adaptado de DOMINGUES *et al.* (2014)

3.7 ANALYSE (ANÁLISE) – SUPORTES MULTIFUNCIONAIS

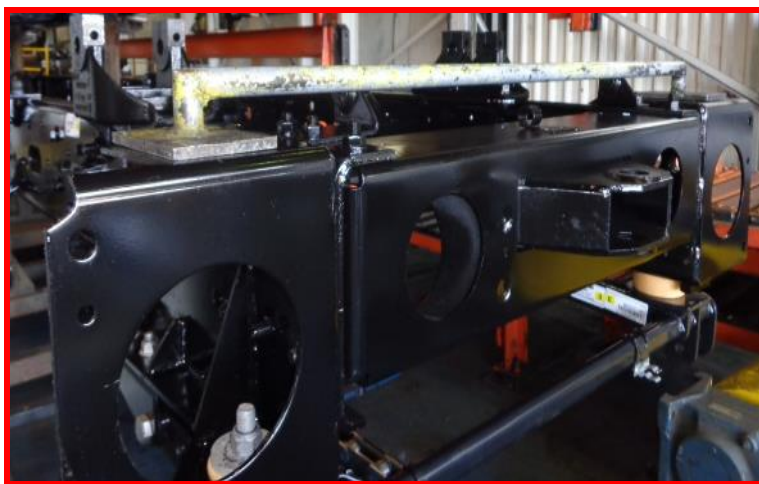
Para investigar o motivo de tantos retrabalhos devido aos suportes multifuncionais, a equipe acompanhou a montagem de alguns chassis na linha de produção. Notou-se que o problema sempre ocorria em um determinado estágio, quando os operadores utilizavam um calibre para inspecionar uma dimensão referente aos furos dos multifuncionais esquerdo e direito, conforme ilustrado nas figuras 33 e 34.

Figura 33 – Suporte multifuncional do lado direito



Fonte: Adaptado de DOMINGUES *et al.* (2014)

Figura 34 – Dispositivo calibrador verificando a dimensão característica



Fonte: Adaptado de DOMINGUES *et al.* (2014)

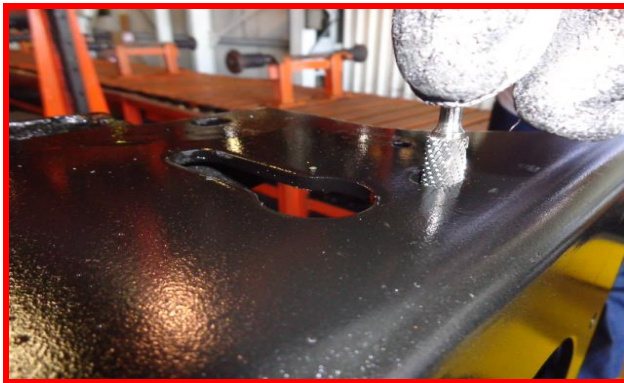
Quando as peças eram recusadas, os furos oblongos dos multifuncionais precisavam ser usinados até que se conseguisse o encaixe do dispositivo calibrador. Tal procedimento pode ser visto nas figuras 35 e 36.

Figura 35 – Retrabalho nos furos oblongos



Fonte: Adaptado de DOMINGUES *et al.* (2014)

Figura 36 – Retrabalho nos furos oblongos



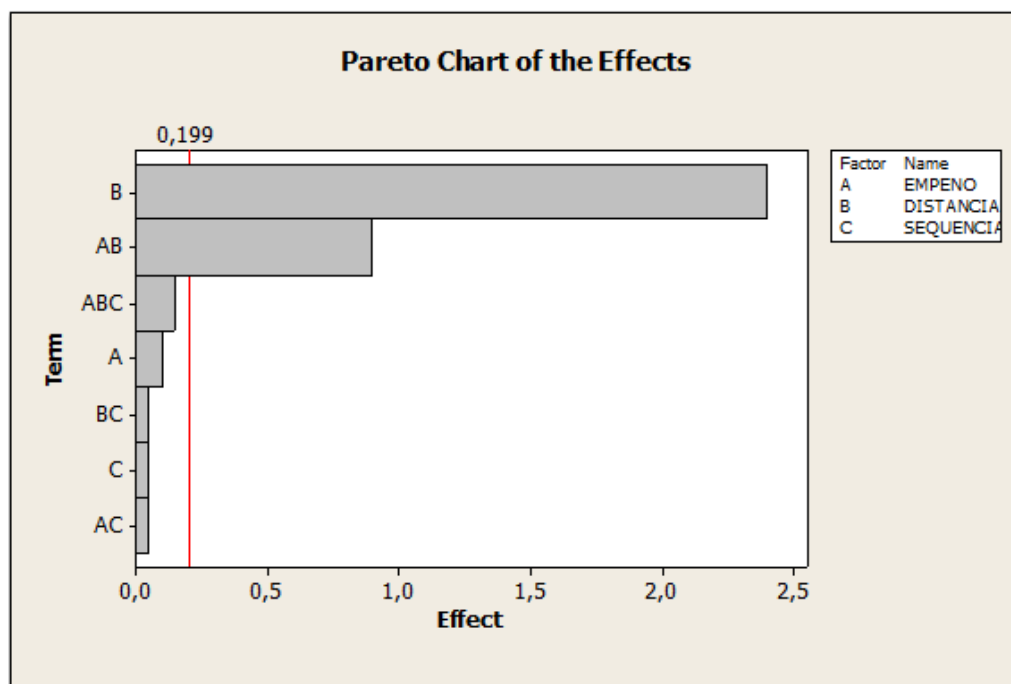
Fonte: Adaptado de DOMINGUES *et al.* (2014)

Diante deste problema, o grupo separou vários chassis que necessitaram de retrabalho. Nos multifuncionais separados, foram identificados alguns problemas referentes ao empeno excessivo da superfície, distância entre furos fora do especificado e sequência errada de aperto dos parafusos.

Através de análises com o software Weld Planning, a equipe concluiu que a retirada de cordões de solda não implicaria em redução do empeno.

O gráfico da figura 37, construído pelo grupo após as análises, mostra o efeito de cada um dos problemas identificados.

Figura 37 – Gráfico de Pareto para problemas com os multifuncionais



Fonte: Adaptado de DOMINGUES *et al.* (2014)

Concluiu-se, portanto, que a distância entre os furos oblongos era o problema para o qual a equipe deveria direcionar o foco das análises.

O primeiro passo para investigar a causa desta falha foi estudar o desenho e o plano de medição, elaborados pelo próprio cliente. Imediatamente o grupo pôde comprovar que o não encaixe do dispositivo calibrador se devia à distância entre furos oblongos, pois havia uma diferença entre as tolerâncias do desenho e do plano de inspeção.

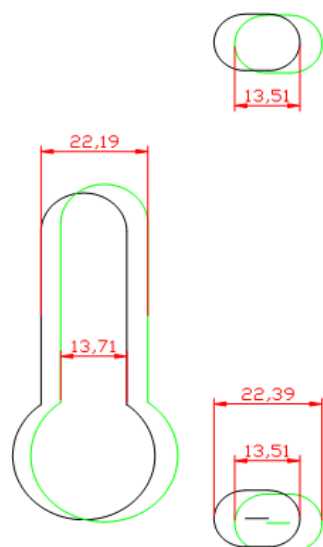
Tendo em vista que o calibrador foi desenvolvido conforme plano de inspeção e que os suportes multifuncionais foram desenvolvidos conforme o desenho, os chassis produzidos correriam grandes chances de rejeição.

3.8 IMPROVE (IMPLEMENTAÇÃO) – SUPORTES MULTIFUNCIONAIS

A equipe separou dez chassis reprovados pelo dispositivo calibrador e usinou os furos oblongos até que se atingissem as tolerâncias propostas pelo plano de inspeção. Feito isso, os chassis retrabalhados foram inspecionados e aprovados normalmente com o mesmo calibrador.

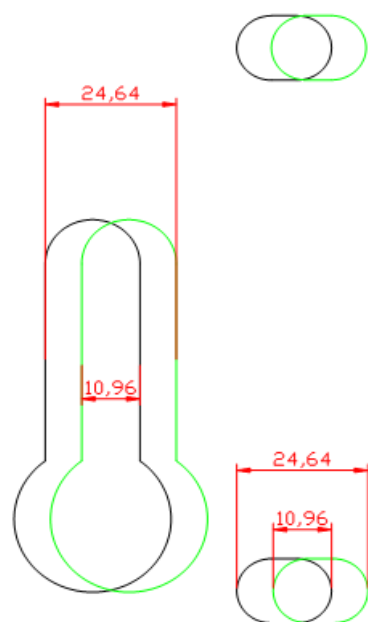
As figuras 38 e 39 mostram as diferenças entre as tolerâncias do desenho e do plano de inspeção.

Figura 38 – Especificação dos furos conforme desenho do cliente



Fonte: Adaptado de DOMINGUES *et al.* (2014)

Figura 39 – Especificação dos furos conforme plano de inspeção do cliente



Fonte: Adaptado de DOMINGUES *et al.* (2014)

Diante destes resultados, a equipe comunicou o cliente e solicitou a adequação dos desenhos, mantendo as tolerâncias indicadas pelo plano de inspeção.

Reconhecendo a própria falha, o cliente sinalizou positivamente a implementação desta ação corretiva.

3.9 CONTROL (CONTROLE)

A fim de manter as melhorias obtidas, ficou acordado entre a equipe e a coordenação das áreas acompanhadas que, semanalmente, os indicadores de retrabalho seriam monitorados pelos respectivos coordenadores. Além disso, os colaboradores das áreas acompanhadas receberiam anualmente um treinamento 5S e, bimestralmente, os coordenadores acompanhariam os indicadores das auditorias.

Novas fichas de conformidade dos chassis foram elaboradas, a fim de eliminar as subjetividades encontradas durante a etapa de definição. Isso facilitou o controle dos principais modos de falha identificados.

Estes controles ainda são realizados e as linhas de produção estudadas não sofreram mais com os retrabalhos citados.

4 CONCLUSÃO

Foi possível verificar a eficácia de várias ferramentas da qualidade, tais como gráficos de tendência, de controle, de dispersão, de Pareto, fluxograma, histogramas, diagramas de causa e efeito, estratificação, *benchmarking* e *brainstorming*. Todas estas ferramentas foram fundamentais para a realização deste projeto de melhoria, pois possibilitaram a organização da equipe para executar cada etapa do roteiro DMAIC.

Com relação aos resultados esperados, pode-se afirmar que a metodologia seis sigma se mostrou eficiente, pois a equipe conseguiu a redução esperada no número de chassis retrabalhados.

O trabalho em equipe também foi fundamental para a concretização do projeto de melhoria, pois um dos pré-requisitos do sucesso da metodologia é o bom entrosamento dos membros, proporcionando facilidade de comunicação e organização.

Verificou-se que alguns dos problemas não se deviam às falhas internas da empresa, mas sim, de projeto do próprio cliente. Portanto, é de extrema importância que os engenheiros responsáveis pelo projeto no cliente estejam em sintonia com os engenheiros da empresa fornecedora.

Este trabalho demonstrou que, antes de se iniciar um projeto de melhoria, a equipe precisa fazer um estudo de viabilidade e deve tomar os devidos cuidados para não propor “falsas melhorias”, ou seja, atuar nos sintomas do problema, em vez de atuar na causa.

Outro aprendizado importante foi que, mesmo após a implementação das melhorias, é indispensável que a equipe e os colaboradores continuem monitorando os indicadores, para que os problemas não voltem a aparecer.

Para o sucesso da fase “control”, é fundamental que a empresa passe por uma mudança cultural, mantendo seus colaboradores sempre treinados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANOVA CONSULTORES EM MELHORIA. **Curso de formação de greenbelts**, 2010. (Apostila – Material de Apoio fornecido pela empresa).

BRAITT, B. A.; FETTERMANN, D. C. **Aplicação do método DMAIC para análise de problemas de produção**: um estudo de caso. e-xacta, BELO HORIZONTE, v. 7, n.1, p.125-138, 2014. EDITORA UNIBH. Disponível em: <www.unibh.br/revistas/exacta/>. Acesso em: 14 jul. 2016.

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

CHASE, Richard B.; JACOBS, F. Robert; AQUILANO, Nicholas T. **Administração da produção para a vantagem competitiva**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

DOMINGUES, Adriano; FRANÇA, Matheus B.; FERREIRA, Renato; GIORNES, Rodrigo. **Redução de retrabalho na linha de montagem MAN**, 2014. Apresentação para formação de greenbelts. (Slides fornecidos pela empresa).

HOLANDA, L. M. C.; SOUZA, I. D.; FRANCISCO, A. C. Proposta de aplicação do método DMAIC para melhoria da qualidade dos produtos numa indústria de calçados em Alagoa Nova-PB. **Revista GEPROS**, Bauru, v. 8, n. 4, p. 31-44, out-dez. 2013. Disponível em: <<http://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/viewFile/974/517>> Acesso em 14 jul. 2016.

IWANKIO, Alexandre A. **Gestão Eficaz Lean 6 Sigma**. Curitiba: EBS Business School, 2011. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ituyB4QBPCs>>. Acesso em: 14 jul. 2016.

LANGLEY, G. J.; MOEN, R.; NOLAN, K. M.; NOLAN, T. W.; NORMAN, C. L.; PROVOST, L. P. **The improvement guide**: a practical approach to enhancing organizational performance. San Francisco: John Wiley & Sons, 2009.

O que é um chassi ? Disponível em <<https://andrecerberus.com/2012/05/22/o-que-e-um-chassi/>>. Acesso em 14 jul. 2016.

OLIVEIRA, Otávio J. **Curso básico de gestão da qualidade**. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

PEREZ-WILSON, Mario. **Seis Sigma**: compreendendo o conceito, as implicações e os desafios. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

PRANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. **Estratégia Seis Sigma**: Como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

REYES, A. **Implantação de um sistema de qualidade**. São Paulo: USP, 2000. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/qualidade/pagexp1.htm>>. Acesso em: 30 de setembro de 2016.

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

SCHNEPPENDAHL, G. K.; GONÇALVES, F. M.; REAES, P. A.; MIKOS, W. L.; FERREIRA, J. C. E. Aplicação da metodologia DMAIC na otimização da tela gabarito de um processo serigráfico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31, 2011, Belo Horizonte. Belo Horizonte: ABEPRO, 2011. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STO_135_861_18949.pdf>

SCHOLTES, Peter R. **Times de qualidade:** como usar equipes para melhorar a qualidade. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.

TRINDADE, C; REZENDE, J.L.P; JACOVINE, L.A.G; SARTORIO, M.L. **Ferramentas da qualidade:** aplicação na atividade florestal. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle Estatístico de Qualidade**. São Paulo: Atlas, 2012.

MIGUEL, P. A. C.; FLEURY, Afonso; MELLO, C. H. P.; NAKANO, D. N.; LIMA, E. P.; TURRIONI, J. B.; HO, L. L.; MORABITO, Reinaldo; MARTINS, R. A.; SOUSA, Rui; COSTA, S. E. G.; PUREZA, Vitória. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, ABEPRO, 2012