

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E DE PRODUÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

ISADORA FARIAS E SOUSA

**PROPOSTA PARA REDUÇÃO DE PERDAS DE MATÉRIA PRIMA ATRAVÉS DA
APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE PRODUÇÃO ENXUTA E DE TQC: UM ESTUDO
DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE GRANDE PORTE**

FORTALEZA

2012

ISADORA FARIAS E SOUSA

PROPOSTA PARA REDUÇÃO DE PERDAS DE MATÉRIA PRIMA ATRAVÉS DA
APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE PRODUÇÃO ENXUTA E DE TQC: UM ESTUDO
DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE GRANDE PORTE

Trabalho de conclusão de curso submetido à
Coordenação do Curso de Engenharia de
Produção Mecânica da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial para obtenção
do título de Engenheira de Produção
Mecânica.

Orientador: Prof. Heráclito Lopes Jaguaribe
Pontes, Msc.

FORTALEZA

2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

S696p

Sousa, Isadora Farias e.

Proposta para redução de perdas de matéria prima através da aplicação de ferramentas de produção enxuta e de TQC : um estudo de caso em uma indústria de grande porte / Isadora Farias e Sousa. – 2012.

65 f. : il. color., enc. ; 30 cm.

Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica e de Produção, Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Fortaleza, 2012.

Orientação: Prof. Dr. Heráclito Lopes Jaguaribe Pontes.

1. Produção enxuta. 2. Controle da qualidade total. 3. Calçados – Indústria – Produção. I. Título.

CDD 658.51

ISADORA FARIAS E SOUSA

PROPOSTA PARA REDUÇÃO DE PERDAS DE MATÉRIA PRIMA ATRAVÉS DA
APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE PRODUÇÃO ENXUTA E DE TQC: UM ESTUDO
DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE GRANDE PORTE

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Produção Mecânica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Produção Mecânica.

Orientador: Prof. Msc. Heráclito Lopes Jaguaribe Pontes

Aprovada em 20/09/2012

Banca Examinadora

Prof. Msc. Heráclito Lopes Jaguaribe Pontes

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. João Welliandre Carneiro Alexandre

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Marcos Ronaldo Albertin

Universidade Federal do Ceará (UFC)

À minha mãe Lourdes pelo amor, carinho, educação e pelos limites dados a mim e por não ter medido esforços para que eu chegasse até aqui.

Ao meu pai João pelo seu amor e pela sua eterna persistência em sempre estar junto de mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço antes de tudo a DEUS e a Jesus Cristo que sempre estão comigo, que permitiram que eu vencesse as dificuldades e chegasse até aqui.

Agradeço ao meu pai João, à minha mãe Lourdes e à minha irmã Isabela pelo amor, apoio e compreensão.

Agradeço ao meu namorado Elieder por todo incentivo, dedicação e empenho em ver o meu crescimento.

Aos meus professores pelo conhecimento transmitido, em especial agradeço ao professor Heráclito Lopes Jaguaribe Pontes por sua disponibilidade e atenção em me orientar na monografia, em artigos e outros trabalhos que desenvolvi na faculdade, e ao professor Marcos Ronaldo Albertin pela minha iniciação em pesquisas científicas.

Agradeço a Evandro Gomes por sua disponibilidade em me ajudar nos processos burocráticos junto à secretaria.

“[...] Esforçai-vos, todo o povo da terra, e trabalhai; porque eu sou convosco, diz o Senhor dos exércitos.” Ageu 2:4

RESUMO

A indústria brasileira de calçados vem promovendo uma reformulação de seus processos de produção e de organização do trabalho, devido à concorrência dos produtos estrangeiros, principalmente dos chineses. As indústrias buscam meios de produzir em grandes quantidades, mas com redução de custos e aumento da qualidade. Neste meio a produção enxuta e o controle de qualidade total (TQC) surgem como ferramentas estratégicas para aumento da eficiência e redução dos custos. O presente trabalho tem o objetivo de reduzir a ineficiência do uso de matéria-prima de uma indústria de calçados através da aplicação de ferramentas de produção enxuta e de TQC. Foi realizada uma investigação sobre as requisições de matéria-prima da empresa através da análise de seus indicadores e da análise de Pareto para descobrir qual a área possuía o maior valor em requisições de toda a fábrica, em seguida para descobrir as maiores perdas que causam essas requisições, foi usado o Diagrama de *Ishikawa* e para descobrir a perda mais impactante foi utilizado novamente o gráfico de Pareto. Em seguida foi elaborado o projeto de melhoria utilizando ferramentas de TQC e produção enxuta para conseguir um maior controle do processo produtivo e melhoria da eficiência do processo para reduzir as perdas e consequentemente reduzir das requisições de matéria-prima extra.

Palavras-chave: Produção enxuta, Controle da qualidade total, Requisições de matéria-prima.

ABSTRACT

The Brazilian shoe industry is undergoing big changes to its production and organization, mainly because of competition from foreign products, especially from China. Brazilian industry is looking for ways to reduce costs, whilst still producing large quantities of quality products. In this situation Lean Manufacturing and *Total Quality Control* (TQC) emerge as strategic tools to increase efficiency and reduce costs. At present the goal of the industry is to decrease inefficiency in the use of raw materials, and therefore reduce the cost of application of the Lean Manufacturing and TQC tools. An investigation into what to do about surplus orders of raw materials in the shoe industry was done by analysis of their indicators, using a Pareto Analysis. This was used to investigate and discover problems with extra raw materials, and particularly which areas of the assembly line needed the extra material, therefore discovering the reasons why surplus raw materials were being ordered and used. An *Ishikawa* Daiagram is used to illustrate the research done using the Pareto Analysis. Afterwards an elaborate project of improvements was undertaken using Lean Manufacturing tools and TQC to obtain more control over the productive process on the assembly line, in order to reduce production losses and consequently reduce requests for raw materials.

Key words: Lean Manufacturing, *Total Quality Control*, surplus orders.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplo poka-yoke de contato.....	25
Figura 2 – Exemplo de poka-yoke de prevenção para montagem de cabos	26
Figura 3 – Exemplo de Diagrama de Ishikawa.....	32
Figura 4 – Organograma para análise de Pareto.....	33
Figura 5 – Exemplo de Diagrama de Pareto para estoque de uma montadora de veículos	34
Figura 6 – Fluxograma do Processo Produtivo	41
Figura 7 – Diagrama de Ishikawa para custo de requisição	50
Figura 8 – Simulação da Linha de Montagem.....	51
Figura 9 – <i>Layout</i> atual do CD	56
Figura 10 – Projeto do novo <i>layout</i> do CD	57
Figura 11 – Exemplo de gabarito.....	59
Figura 12 – Exemplo de gráfico P (defeitos por amostra) para o diâmetro	60

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Gráfico de Pareto para as requisições em Janeiro/12	45
Gráfico 2 – Gráfico de Pareto para as requisições em Fevereiro/12	47
Gráfico 3 – Grau Gráfico de Pareto para as requisições em Março/12.....	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Discriminação dos erros por causas.....	54
Quadro 2 – Definição do <i>Setup</i>	58
Quadro 3 – Definição do <i>Setup</i>	58
Quadro 4 – Síntese dos objetivos traçados e resultados alcançados.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Requisições janeiro/2012	44
Tabela 2 – <i>Ranking</i> das áreas e total para Janeiro/12	45
Tabela 3 – Requisições fevereiro/2012.....	46
Tabela 4 – <i>Ranking</i> das áreas e total para Fevereiro/12.....	46
Tabela 5 – Requisições Março/2012.....	47
Tabela 6 – <i>Ranking</i> das áreas e total para Março/12	48
Tabela 7 – Discriminação dos valores das requisições totais.....	49
Tabela 8 – Discriminação dos valores das requisições totais em percentuais.....	49
Tabela 9 – Discriminação dos das causas em relação ao valor total de requisições	50
Tabela 10 – Valores de requisição por modelo	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABS Material de composição dos saltos

CD Centro de Distribuição

EVA Etil Vinil Acetato

GGF Gastos Gerais de Fabricação

IMVP Programa Internacional Veículos Automotores

JIT *Just in time*

JUSE *Union of Japanese Scientists and Engineers*

LIC Limite inferior de controle

LSC Limite Superior de controle

MIT *Massachusetts Institute of Technology*

PCP Planejamento e Controle de Produção

PVC Policloreto de Vinila

STP Sistema Toyota de Produção

TRF Troca Rápida de Ferramentas

TQC *Total Quality Control* (Controle de Qualidade Total)

VMI *Vendor Manager Inventory*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	Contextualização	16
1.2	Justificativa	18
1.3	Objetivos	18
1.3.1	Geral	18
1.3.2	Específicos	18
1.4	Estrutura do Trabalho	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	Produção Enxuta.....	20
2.1.1	Definição.....	20
2.1.2	Surgimento da Produção Enxuta	22
2.1.3	Ferramentas da Produção Enxuta	23
2.1.4	Poka-Yoke.....	24
2.1.5	Troca Rápida de Ferramentas (TRF)	26
2.2	Ferramentas de Controle da Qualidade Total (TQC)	28
2.2.1	Conceito de Qualidade.....	28
2.2.2	Conceito de Qualidade Total.....	30
2.2.3	Relacionamento de causa e efeito (Diagrama de Ishikawa)	31
2.2.4	Análise de Pareto.....	32
2.2.5	Gráfico de controle	34
2.2.6	Gráfico de Controle por Atributos.....	35
2.2.7	Gráfico de controle para variáveis.....	36
2.2.8	Erro do produtor e erro do consumidor	37
3	ESTUDO DE CASO	38
3.1	Metodologia de Desenvolvimento do Estudo de Caso	38
3.1.1	Elaboração de Instrumentos e Determinação da Estratégia de Coleta de Dados	38

3.1.2	Seleção da Amostra	38
3.1.3	Coleta dos Dados.....	38
3.1.4	Análise e Interpretação dos Dados	39
3.2	A Empresa.....	39
3.3	O problema.....	40
3.4	O Processo Produtivo	40
3.5	Análise do ERRO 1 e Análise de Pareto.....	44
3.6	Estudo das causas	49
3.7	Estudo de Processo	51
3.7.1	Investigação das Perdas (causas-raízes)	51
3.7.2	Desenvolvimento do Projeto de melhoria.....	55
3.7.2.1	Projeto de melhoria para abastecimento	55
3.7.2.2	Projeto de melhoria para extinguir erros de setup.....	57
3.7.2.3	Projeto de melhoria para erros do operador.....	58
3.7.2.4	Projeto de melhoria para peças fora de especificação	60
4	CONCLUSÕES.....	62
	REFERÊNCIAS	64
	ANEXO	66

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo será abordado o contexto em que o trabalho ocorreu, a justificativa para realizar o trabalho, os objetivos a serem atingidos e a metodologia adotada para realizar o trabalho.

1.1 Contextualização

A economia mundial é globalizada e competitiva de modo que as empresas precisam ser eficientes para oferecer um produto de acordo com as necessidades do cliente e com uma boa relação entre custo e benefício. Caso uma empresa ofereça um produto que não está de acordo com a necessidade do cliente ou por um preço muito elevado em relação ao benefício proporcionado ela perderá mercado gradativamente para a concorrência e conseqüentemente chegará à falência.

As evoluções tecnológicas ampliaram os horizontes das empresas, mas também aproximaram seus concorrentes. Segundo Ohno (1997) uma pequena empresa, mesmo produzindo em pequena escala, pode estar atuando em um mercado global e a racionalização dos métodos de produção para redução de custos é o principal desafio dos gerentes.

A indústria calçadista onde este trabalho foi realizado é a maior exportadora de calçados do país em volume de pares, sendo responsável por 43% das exportações brasileiras de calçados em 2011. A empresa possui várias marcas nos segmentos masculino, feminino e infantil e compete principalmente na dimensão de custo, pois ela produz marcas com pouca variedade de modelos de calçados em grandes quantidades. Atualmente a empresa sofre uma forte concorrência da China que disputa o mesmo mercado. Hoje a referida empresa conta com seis unidades industriais nos estados da Bahia, Ceará e Rio Grande do Sul. No Ceará há três unidades produtivas localizadas nas cidades de Fortaleza, Crato e Sobral.

Para vencer a concorrência e se manter competitiva a empresa deve eliminar desperdícios e aumentar sua produtividade, eliminando do processo atividades que consomem recursos e não “agregam” valor.

Nesse contexto, surge a produção enxuta ou *lean manufacturing* que é uma filosofia de produção que prega a extinção dos desperdícios e a implantação de um processo robusto, sem perdas. Segundo Womack e Jones (1992) (*apud* Lima, 2007) atribui-se a John Krafcik, pesquisador do Programa Internacional de Veículos Automotores (IMVP), a definição de produção enxuta que consiste em produzir com o máximo de economia de recursos.

Surgida após a segunda guerra mundial na *Toyota Motor Company* a produção enxuta se adequou a todos os segmentos da indústria constituindo-se em uma poderosa ferramenta para alcançar a eficiência, a produtividade e a competitividade.

Outra filosofia, na mesma linha da produção enxuta, desenvolvida no Japão após a segunda guerra mundial foi o controle de qualidade total (TQC, do inglês *Total Quality Control*) que é um sistema de administração voltado para eliminação de problemas de qualidade, não apenas qualidade do produto, mas também qualidade na entrega, no custo e em todas as demais dimensões da qualidade (CAMPOS, 1992).

A TQC é uma ferramenta muito próxima da produção enxuta, pois a principal regra da produção enxuta é evitar desperdícios e a TQC contribui para que não ocorram defeitos, estes por sua vez são considerados desperdícios. Elas estão intimamente relacionadas, além de terem surgido na mesma época.

As condições de competitividade exigidas pelo mercado obrigam a empresas a buscar uma constante melhoria na eficiência e na eficácia de suas atividades. O sucesso de uma empresa está atrelado à maneira como ela elimina ou reduz seus desperdícios (Maia, 2008).

As perdas de matéria-prima que geram requisições são causadas por ineficiências dos processos: máquinas desreguladas, erros de operadores, defeitos de fornecedor, abastecimento errado da fábrica.

Este trabalho trata da elaboração de um projeto de melhoria para redução de perdas de matéria-prima através da aplicação das seguintes ferramentas de produção enxuta: troca rápida de ferramentas (TRF), *poka-yoke* e utilização das ferramentas de Gestão da Qualidade Total (TQC): Análise de Pareto, Diagrama de *Ishikawa* e Gráficos de controle.

A TRF irá orientar o *setup* das máquinas e a dar a correta regulagem das máquinas evitando que elas produzam defeitos nos produtos e além de evitar desperdícios de materiais e irá diminuir o tempo de processamento total evitando desperdícios de espera.

O *poka-yoke*, dispositivo a prova de erros, irá diminuir os erros dos operadores para evitar que os operadores produzam calçados com defeitos e gerem desperdícios.

A análise de Pareto contribui para que se possa focar o principal desperdício do sistema produtivo, baseado na regra dos 80-20 ele prega que 20% das causas são responsáveis por

80% dos problemas. Simplificando a solução dos problemas, uma vez que é mais fácil atuar em um número menor de causas.

O Diagrama de *Ishikawa* ajuda a encontrar as possíveis causas dos problemas, estratificando-os de modo que será mais simples identificar os principais problemas.

O gráfico de controle por atributos ajuda a detectar um lote conforme ou não conforme e evitar que o lote não conforme chegue à produção para gerar calçados com defeitos.

1.2 Justificativa

O trabalho foi desenvolvido a partir da constatação de que as áreas estavam consumindo matéria-prima além do que o planejamento previa necessitando requisitar matéria-prima extra e conseqüentemente gerando custos extras para a empresa.

Para diminuir as requisições de matéria-prima foi elaborado um projeto de melhoria para eliminar os desperdícios, reduzir custos e melhorar a competitividade da empresa.

1.3 Objetivos

Abaixo são listados os objetivos: geral e específicos deste trabalho que serviram para direcionar os rumos do trabalho.

1.3.1 Geral

O objetivo do trabalho é elaborar um projeto de melhoria para reduzir a ineficiência do uso de matéria-prima de uma indústria de calçados através da aplicação de ferramentas de produção enxuta e de TQC

1.3.2 Específicos

- Pesquisar junto aos indicadores da fábrica para descobrir qual dos setores produtivos é o que mais requisita matéria-prima extra;
- Descobrir quais as causas das requisições de matéria-prima extra;
- Acompanhar o processo produtivo em campo para descobrir quais desperdícios que estão ocorrendo;
- Elaborar um projeto de melhoria com aplicação de ferramentas de produção enxuta e TQC para eliminar os desperdícios e reduzir as requisições à zero.

1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos: no primeiro capítulo há a contextualização, a justificativa para desenvolver o trabalho, o objetivo geral e os objetivos específicos que se buscou atingir durante o desenvolvimento do trabalho.

No segundo capítulo há a fundamentação teórica, onde se apresenta: a definição de Produção Enxuta, o seu surgimento e suas principais ferramentas e o Controle Qualidade Total (TQC), com a definição de qualidade e o conceito de qualidade total.

No terceiro capítulo há o estudo de caso desenvolvido na empresa e a metodologia utilizada na pesquisa. No quarto capítulo há as conclusões feitas do trabalho e sugestões para melhorias futuras e no quinto capítulo há as referências utilizadas no trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico aborda os conceitos, as ferramentas e filosofias que foram utilizadas na elaboração do projeto de melhoria visando apresentar porque foram utilizadas essas ferramentas, qual a sua função e sua importância dentro das indústrias.

2.1 Produção Enxuta

A produção enxuta é uma filosofia industrial surgida no Japão no pós-guerra que tem como princípio a eliminação dos desperdícios. Devido ao seu enorme sucesso propagou-se por todas as indústrias do mundo superando o *fordismo* e o *taylorismo*.

2.1.1 Definição

Produção enxuta pode ser entendida como o conceito de produzir utilizando apenas materiais e esforços necessários, sem desperdícios. Segundo Womack e Jones (1992) (*apud* Lima, 2007) atribui-se a John Krafick, pesquisador do IMVP, o conceito de produção enxuta que consiste em produzir com o máximo de economia de recursos.

A produção enxuta também possui outras nomenclaturas como: *Lean Manufacturing*, *Lean System* e Sistema Toyota de Produção (STP). A produção enxuta é conhecida como Sistema Toyota de Produção porque foi criada na *Toyota Motor Company* após a segunda guerra mundial para adaptar o modelo de produção em massa fordista a um mercado discreto e com grande variedade de produtos como era o mercado japonês. O termo “*lean*” foi desenvolvido originalmente no livro “A máquina que mudou o mundo” (*The Machine that Changed the World*) de Womack, Jones e Roods (1992), que traz um estudo abrangente sobre a indústria automobilística realizada pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), onde são apresentadas as vantagens da utilização dos princípios da Produção Enxuta no sistema produtivo (MAIA, 2008).

Para Shingo (2000) o princípio básico do Sistema Toyota de Produção é a eliminação de perdas. Brevemente exposto o STP reduz preços e aumenta a eficiência do negócio, aproximando-se de uma situação ideal com as três características abaixo:

- Trabalhadores, máquinas e objetos são combinados sem desperdício.
- Trabalhadores e máquinas realizam apenas o trabalho que aumenta o valor agregado.
- O tempo total de manufatura dos produtos é o total dos tempos de processamento. (os tempos de atravessamento são os menores possíveis).

Womack e Jones (1992) (*apud* Maia, 2008) definem desperdícios como atividades que consomem recursos, mas não agregam valor do ponto de vista do cliente, ou seja, o cliente não está disposto a pagar por desperdícios.

Ohno (1997) defende que a capacidade de uma fábrica é utilizada em parte no trabalho necessário à produção e parte em desperdícios, o que gera a equação abaixo:

$$\text{CAPACIDADE ATUAL} = \text{TRABALHO} + \text{DESPERDÍCIOS}$$

Assim a melhoria da eficiência é alcançada quando o desperdício é reduzido a zero e o aproveitamento da força de trabalho é 100%. No Sistema Toyota de Produção é produzida apenas à quantidade necessária, evitando superproduções e a força de trabalho deve ser reduzida à quantidade necessária para cortar o excesso de capacidade (OHNO, 1997).

Ohno (1997) classifica os desperdícios em sete categorias que se tornaram conhecidos como as Sete Perdas Toyota. As sete perdas estão elencadas abaixo, as definições foram retiradas de Maia (2008) e Lima (2007) e Shingo (2000):

- **Desperdício de superprodução:** Para Shingo (2000) a superprodução está dividida em superprodução quantitativa e superprodução por antecipação. A primeira ocorre quando é fabricada uma quantidade maior que a solicitada pelo cliente e há uma formação de estoque, a superprodução por antecipação ocorre quando os estoques intermediários ou finais são produzidos antes de serem necessários.
- **Desperdício de tempo disponível:** longos períodos de ociosidade de pessoas, máquinas ou estoque em processo, resultando em *lead times* longos (LIMA, 2007);
- **Desperdício de transporte:** deslocamento excessivo de pessoas, informação ou peças gerando perdas de capital, de tempo e de energia (LIMA, 2007);
- **Desperdício de processamento em si:** representa situações onde há processamento excessivo como, por exemplo, etapas duplicadas que poderiam ser eliminadas sem afetar funções ou características próprias dos produtos (MAIA, 2008);
- **Desperdício de estoque disponível:** excesso de estoques de matéria-prima, produtos intermediários e produtos acabados gerando custos com produtos danificados, obsolescência e custos de armazenagem. Além de ocultarem problemas como desbalanceamento da produção, quebra de máquinas e atraso de fornecedores (MAIA, 2008);

- **Desperdício de movimento:** movimentação excessiva dos operadores durante uma atividade, geralmente resultado de um ambiente de trabalho desorganizado, resultando em baixo desempenho dos aspectos ergonômicos e perda frequente de itens (LIMA, 2007);
- **Desperdício de produzir produtos defeituosos:** perda pela fabricação de produtos fora da especificação, os itens defeituosos devem ser retrabalhados ou descartados. Na primeira hipótese haverá desperdícios de materiais, mão de obra, movimentação das peças defeituosas, armazenagem e testes de inspeção. Na pior hipótese o defeito chegará até o cliente, haverá custos de garantia e troca do produto além de perda do ativo intangível que é a credibilidade da empresa (MAIA, 2008).

Segundo Ohno (1997, p.38) “a melhoria da eficiência só faz sentido quando está associado à redução de custos”. Por isso as empresas buscam a produção enxuta como alternativa para aumentar a sua eficiência, a sua produtividade, reduzir seus custos e melhorar a sua competitividade. A ideia de que a Produção enxuta é uma ferramenta estratégica utilizada pelas empresas é reforçada por Millani e Oliveira (2010) que diz:

A globalização faz com que o mercado sofra constantes modificações e sua dinamicidade faz com que as empresas adaptem-se rapidamente a essas mudanças, sendo preciso desenvolver novos métodos de gestão e redefinir processos de trabalho, investindo em tecnologia e pessoas. Observa-se neste caso, a grande dificuldade das indústrias de manufatura no processo de adaptação. Por um lado há uma forte pressão mercadológica, agregar “valor” a produtos e/ou serviços e, por outro, há uma necessidade evidente de redução de custos, que se apoia no modelo de gestão enxuta, em que prevaleçam os princípios da economia de escala. (MILLANI; OLIVEIRA, 2010:pag. 1)

A produção enxuta é a filosofia de produção mais indicada para aumentar a produtividade do sistema produtivo e reduzir os custos de produção, por isso foi aplicada para reduzir as perdas de matéria-prima do sistema produtivo da indústria calçadista em estudo

2.1.2 Surgimento da Produção Enxuta

Para falar sobre produção enxuta é necessário entender a Administração Científica desenvolvida por Frederick Winslow Taylor e o Sistema de Produção em Massa desenvolvido por Henry Ford ambos nos Estados Unidos da América.

A administração científica desenvolvida por Taylor consiste em um conjunto de princípios e técnicas para aumentar a eficiência das empresas através da racionalização do trabalho e da extinção dos desperdícios. Taylor foi o primeiro que estudou os tempos e movimentos, para

encontrar a melhor maneira de executar as atividades e combiná-las de modo a obter maior aproveitamento (MAXIMIANO, 2007).

À medida que Taylor desenvolvia a Administração Científica, Henry Ford desenvolveu a Linha de Montagem, uma inovação revolucionária para apoiar o sistema de produção em massa. O sistema de produção em massa criado por Ford consiste em produzir em grandes quantidades de produtos não diferenciados. A filosofia do sistema de produção em massa se apoia em dois pilares: peças padronizadas e trabalhador especializado (MAXIMIANO, 2007).

O sistema de produção em massa e administração científica foram largamente utilizadas no mundo todo, inclusive no Japão durante o grande crescimento da economia japonesa iniciado entre 1959-1960 e que perdurou por muitos anos. Devido a esse grande crescimento o modelo de produção em massa no estilo americano ainda era utilizado com sucesso em muitas empresas japonesas (OHNO, 1997).

No entanto, a *Toyota Motor Company* nunca conseguiu reproduzir com sucesso o sistema de produção em massa americano, porque a indústria automotiva americana produzia grandes quantidades de poucos modelos, enquanto na indústria automotiva japonesa ocorria o inverso ela necessitava produzir uma pequena quantidade de vários modelos (OHNO, 1997). Então a *Toyota* adaptou a produção em massa a sua realidade e criou a produção enxuta.

A produção enxuta surgiu no pós-guerra quando o então presidente da *Toyota Motor Company* Toyoda Kiichirō (1894 – 1952) disse que caso a indústria automotiva japonesa não alcançasse a indústria americana em três anos a indústria não sobreviveria. Na época dizia-se que um trabalhador americano ou alemão conseguia desempenhar o mesmo trabalho que nove trabalhadores japoneses. Esse fato levou Taiichi Ohno, então diretor da *Toyota*, a refletir se o operador americano ou alemão verdadeiramente tinha mais força física que o operador japonês e Ohno concluiu que não. Na verdade deveria estar ocorrendo muitos desperdícios na indústria japonesa que consumiam a força de trabalho e que eliminando os desperdícios a produtividade iria crescer dez vezes mais. Foi esta ideia que marcou o início do atual Sistema *Toyota* de Produção (OHNO, 1997).

2.1.3 Ferramentas da Produção Enxuta

Para reduzir ao máximo os desperdícios, diminuir o tempo de preparo de máquinas (Tempo de *setup*), aperfeiçoar o abastecimento das linhas e reduzir ou até mesmo eliminar o *work in process* (estoque em processo), a produção enxuta utiliza ferramentas como: autonomia,

Just in time (JIT), poka-yoke, TRF, manutenção produtiva total (TPM), fluxo contínuo (one piece flow), produção nivelada, mapeamento do fluxo de valor, kaizen, andon.

A seguir estão descritas as ferramentas utilizadas no desenvolvimento neste trabalho.

2.1.4 Poka-Yoke

Poka-yoke é um termo japonês onde *Yokeru* significa “Prevenir” e Poka “erros por desatenção”. Sendo um dispositivo ou sistema *poka-yoke* com a função de prevenir falhas humanas por falta de atenção que resultem defeitos no produto. (Fonte: Portal Qualidade Brasil).

Womack e *Jones* (1998) (*apud* *Lima*, 2007) afirmam que ferramentas *poka-yoke* são dispositivos ou procedimentos a prova de erros com a finalidade de impedir a ocorrência de defeitos durante o recebimento de pedido ou fabricação dos produtos.

Shingo (1996) (*apud* *Lima*, 2007) afirma que a ferramenta *poka-yoke* é um método para inspecionar 100% da produção através do controle físico e mecânico. *Shingo* (1996) destaca duas funções principais do *poka-yoke* e afirma que a correta percepção da diferença entre os dispositivos irá ajudar na aplicação bem sucedida do conceito.

- **Função corretiva:** considerando o *poka-yoke* como uma ferramenta para correção de erros ele pode ser subdividido em duas categorias.

Poka-yoke de controle: dispositivo corretivo poderoso, porque paralisa o processo até a condição causadora da falha seja corrigida.

Poka-yoke de advertência: permite que o processo gerador de defeito continue, caso os operadores não atendam ao aviso.

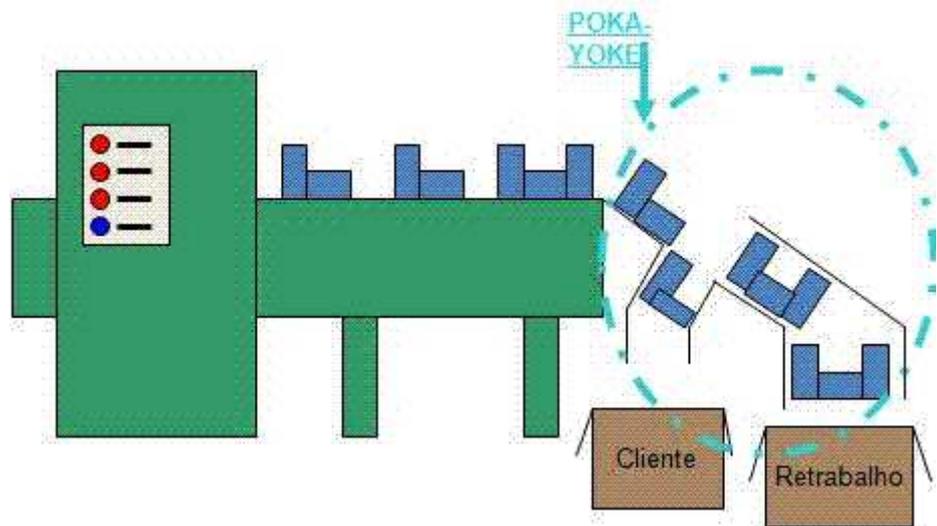
O fator decisivo para escolha do *poka-yoke* de controle ou advertência será a frequência com que os erros ocorrem e a possibilidade de correção.

- **Função de ajuste:** considerando o *poka-yoke* como uma ferramenta de ajuste ou controle, ele pode ser subdividido em três categorias:

Método contato: identifica o defeito através da existência ou não de contato entre o dispositivo e alguma característica ligada à forma ou dimensão do produto.

A figura 1 mostra um exemplo de *poka-yoke*, onde o dispositivo separa as peças não conforme, das peças conforme usando como critério o tamanho através do contato entre o dispositivo e as peças.

Figura 1 – Exemplo poka-yoke de contato



Fonte: CooperAction – Melhoria de Processos

Método de conjunto: determina a quantidade de atividades previstas foi executada.

Método das etapas: determina se a ordem dos estágios ou operações estabelecidas por um referido procedimento foi seguida.

Ohno (1997) define os *poka-yokes* como dispositivos instalados com o objetivo de evitar os defeitos, nesta classificação o *poka-yoke* pode ser dividido em prevenção, que evita que o erro ocorra de detecção que sinaliza quando o erro aconteceu.

Na figura 2 cada cabo e sua respectiva entrada possuem uma forma específica evitando que os cabos sejam montados nos lugares errados, assim qualquer pessoa consegue montar os cabos de maneira correta.

Figura 2 – Exemplo de poka-yoke de prevenção para montagem de cabos



Fonte: Portal Qualidade Brasil

2.1.5 Troca Rápida de Ferramentas (TRF)

Para entender melhor o conceito de TRF é necessário entender o conceito de tempo de *setup*. A seguir apresentam-se algumas definições de tempo de *setup*.

Segundo *SLACK e CHAMBERS(2002)* “o tempo de *setup* é definido como o tempo decorrido na troca do processo do final da produção de um lote até a primeira peça boa do próximo lote”.

O tempo de preparação ou tempo de *setup* é o tempo compreendido entre a última peça boa de um produtos X e a primeira peça boa do produto Y, incluindo o tempo de desaceleração, troca de ferramenta, ajustes e aceleração. A peça boa se caracteriza por um produto sem defeitos e produzido com o equipamento na sua velocidade nominal. (*LEAN WAY, 2008 apud MAIA, 2008*).

A TRF consiste diminuir ao máximo o tempo de *setup*. O desenvolvimento do conceito de TRF levou ao todo 19 anos, surgiu como resultado do estudo aprofundado de Shigeo Shingo sobre os aspectos teóricos e práticos da melhoria do *setup*. Os toques finais foram estimulados quando a *Toyota Motor Company* pediu para que Shingo reduzisse o tempo de *setup* de uma prensa de 1.000 toneladas de quatro horas para 90 minutos. (*SHINGO, 2000*)

Shingo (2000) desenvolveu uma metodologia, chamada *Single Minute Exchange of Die* (SMED) ou Troca Rápida de Ferramentas (TRF) que consiste em diminuir drasticamente o tempo de *setup*.

A teoria refere-se a um conjunto de técnicas que visam realizar a operação de *setup* em minutos simples (*single minute*) minutos de um dígito apenas, ou seja, realizar o *setup* em

menos de dez minutos. No entanto, nem sempre é possível realizar um *setup* em menos de dez minutos, mas mesmo assim empregar a prática de TRF reduz visivelmente o tempo de *setup* e traz ganhos de produtividade. (SHINGO, 2000)

A premissa da TRF é identificar o que é *setup* interno e o que é *setup* externo. Shingo (2000) define *setup* interno e externo da seguinte maneira:

- *Setup* interno (Tempo de preparação interno - TPI) são operações que podem ser realizadas somente quando a máquina estiver parada, tais como montagem ou remoção de matrizes.
- *Setup* externo (Tempo de preparação externo - TPE) são operações que podem ser realizadas com as máquinas ainda em processamento, tais como transporte de matrizes para a máquina.

Shingo (2000) indica os seguintes estágios conceituais para melhoria do *setup*:

Estágio inicial: as condições de *setup* interno e externo não se distinguem

Nesta fase inicial do estudo do *setup*, os *setups* interno e externo são confundidos de modo que muita coisa que poderia ser feita externamente, é feita internamente demandando muito tempo parada da máquina e diminuindo a produtividade. No planejamento da TRF devem-se estudar as condições reais do chão de fábrica.

Entre as maneiras de analisar de chão de fábrica estão: uma análise contínua da produção com auxílio de um cronômetro, ou um estudo por tipo de amostragem do trabalho ou ainda por meio de entrevistas com os operadores.

Em seguida iniciam-se os estágios propriamente ditos da melhoria do *setup*.

- **Estágio 1** – Separar o *Setup* interno do *setup* externo
- **Estágio 2** – Converter *setup* interno em externo, como exemplo tem-se: pré-montagem de peças para quando realizar o *setup* haja a montagem de apenas um componente e não de vários.
- **Estágio 3** – Racionalizar todos os aspectos da operação de *setup*, para este estágio é necessário um detalhamento de cada elemento da operação para verificar o que pode ser retirados do *setup*.

2.2 Ferramentas de Controle da Qualidade Total (TQC)

O cenário atual onde as empresas atuam está cada vez mais competitivo, exigindo que produzam cada vez mais, com mais qualidade, respeitando as pessoas e o meio ambiente, sob a pena de não sobreviverem caso não se adequem às novas exigências do mercado.

2.2.1 Conceito de Qualidade

Neste sentido Campos (1992) ressalta que o principal objetivo de uma empresa deve ser a satisfação das pessoas, sem isso a empresa não sobreviverá. Nesta ótica a prioridade nº 1 de uma empresa deve ser o consumidor que deve estar sempre satisfeito com os produtos ou serviços fornecidos. Em seguida a prioridade devem ser os funcionários, incluindo os funcionários dos fornecedores respeitando-os e dando-lhes oportunidade de crescimento, a próxima prioridade são os acionistas, a empresa deve ser lucrativa para proporcionar dividendos a seus acionistas e por fim os vizinhos que devem ser respeitados através de uma política ambiental que assegure que a empresa não polua o meio ambiente onde está inserida.

Uma das ferramentas para auxiliar as empresas a se manterem “vivas”, produtivas e lucrativas neste ambiente cada vez mais difícil é o Controle de Qualidade Total (TQC). O objetivo da TQC como abordagem gerencial nas empresas é exatamente criar condições internas que garantam a sobrevivência da empresa no longo prazo (CAMPOS, 1992).

Para definir a TQC é necessário que primeiro se tenha clareza sobre a definição de qualidade. Qualidade possui um sentido muito amplo e mutável, pois a noção de qualidade pode variar de acordo com o negócio com o qual se está lidando. De um modo geral, qualidade pode ser definida como: produzir dentro das especificações e dos padrões definidos previamente para o processo e com confiabilidade. Ou ainda pode-se dizer que qualidade é “fazer as coisas certas” e de acordo com o que o cliente deseja (SLACK; CHAMBERS, 2002).

A qualidade exerce grande influência sobre a satisfação ou insatisfação dos clientes, por isso é muito importante dentro do processo produtivo (SLACK; CHAMBERS, 2002).

Além dos benefícios externos como a satisfação dos clientes, a qualidade também traz benefícios internos, pois quando se fala em qualidade não há apenas qualidade do produto, mas também há qualidade em outros aspectos, como por exemplo, tem-se qualidade na entrega quando se cumpre o prazo correto, com a quantidade correta e no local correto (CAMPOS, 1992).

Segundo Campos (1992) a qualidade atua em cinco dimensões:

- **Qualidade do produto ou serviço:** está ligada a satisfação do cliente interno e externo, a qualidade é medida através das características dos produtos, inclui a qualidade do produto e serviço e também a qualidade em outros aspectos como qualidade de informações, dos sistemas entre outros.
- **Custo:** além do custo final para produzir, esta dimensão também considera os custos intermediários e o preço final repassado ao cliente, uma vez que se cobra pelo valor agregado.
- **Entrega:** esta dimensão mede o cumprimento do prazo estabelecido, no local correto e na quantidade correta.
- **Moral:** esta dimensão mede o nível médio de satisfação de um grupo de pessoas.
- **Segurança:** nesta dimensão avalia-se o nível de segurança dos empregados e a segurança dos usuários do produto.

Investir em qualidade é uma boa opção, no entanto como todo investimento deve haver um retorno compatível com o que foi investido, neste sentido há o que se denomina custos da qualidade.

O termo custo da qualidade refere-se tanto aos benefícios quanto aos custos da qualidade. (SLACK; CHAMBERS, 2002). Pois incorrem em investimentos para melhoria da qualidade como custos decorridos devido à falta da qualidade, tais como retrabalhos, refugos e garantias pós-venda.

Segundo SLACK e CHAMBERS(2002) os custos de qualidade são classificados como:

- **Custos de prevenção:** custos de prevenção são aqueles incorridos na prevenção de problemas, falhas e erros. Incluem atividades como identificação de problemas potenciais e correção do processo antes da ocorrência da má qualidade;
- **Custos de avaliação:** são aqueles associados ao controle da qualidade, que visam checar se ocorreram problemas ou erros durante ou após a criação de um produto ou serviço. Inclui atividades como inspeção, testes, adoção de programas de controle estatístico do processo, investigação de problemas de qualidade.
- **Custos de falha interna:** estes custos estão associados aos erros detectados na operação interna. Incluem assuntos como custo de peças refugadas, custos de peças retrabalhadas, tempo de produção perdido na produção do defeito.

- **Custos de falha externa:** são os custos de problemas detectados fora da operação por consumidores. Incluem assuntos como perda do ativo intangível como confiança do consumidor e manchas na reputação da empresa, litígios, custos de garantia.

Segundo *SLACK e CHAMBERS*(2002) a qualidade reduz custos e gera benefícios, mas há um ponto ótimo para o esforço de qualidade, a partir de um determinado ponto os custos em obter qualidade são maiores que os benefícios obtidos.

2.2.2 Conceito de Qualidade Total

Qualidade Total é o conjunto de todas estas dimensões que afetam a satisfação do cliente e conseqüentemente a sobrevivência da empresa, assim se o objetivo for alcançar a Qualidade Total é necessário medir os resultados para saber se o objetivo foi alcançado ou não.

Para gerenciar a qualidade total há um sistema administrativo específico chamado o Controle de Qualidade Total (TQC).

Segundo Campos (1992) o TQC atende a todos os objetivos de uma empresa, porque tem as seguintes características:

- i. É um sistema gerencial que parte do reconhecimento das necessidades das pessoas e estabelece padrões para o atendimento dessas necessidades.
- ii. Visa manter os padrões que atendem às necessidades das pessoas.
- iii. Visa melhorar (continuamente) os padrões que atendem às necessidades das pessoas, a partir de uma visão estratégica com abordagem humanista.

A TQC confunde-se com a produção enxuta, porque se trata de um sistema administrativo voltado para eliminação de problemas que foi aperfeiçoado no Japão no pós-guerra. O TQC, praticado no Japão, é baseado no envolvimento de todos os setores da empresa e de todos os empregados no estudo e condução do controle da qualidade (CAMPOS, 1992).

O TQC é baseado em elementos de várias fontes: emprega o método cartesiano, utiliza muito o trabalho de Taylor, utiliza o controle estatístico do processo, adota conceitos sobre o comportamento humano e aproveita todo o conhecimento ocidental sobre qualidade. O TQC é um modelo administrativo montado pelo Grupo de Pesquisa do Controle da Qualidade da *Union of Japanese Scientists and Engineers* (JUSE) (CAMPOS, 1992).

2.2.3 Relacionamento de causa e efeito (Diagrama de Ishikawa)

O processo é um conjunto de causas que provocam um ou mais efeitos. O controle do processo é a essência do gerenciamento em todos os níveis hierárquicos e o passo inicial para o efetivo controle do processo é a compreensão do relacionamento causa e efeito (CAMPOS, 1992).

Quando ocorrem efeitos indesejáveis no processo é importante que o processo seja completamente analisado a fim de identificar os efeitos indesejáveis e posteriormente investigar as possíveis causas. É fundamental diferenciar as causas dos efeitos para se definir a correta solução dos problemas e segundo Campos (1992) há uma grande tendência no meio industrial em confundi-los.

Para auxiliar nestas situações existe uma ferramenta gráfica chamada: diagrama de causa e efeito proposto por Kaoru Ishikawa em 1943. O diagrama consiste em identificar um efeito e em seguida alocar as possíveis categorias para as causas mais prováveis. A ferramenta também é conhecida como diagrama de *Ishikawa*, em homenagem ao seu idealizador ou espinha de peixe, devido ao seu formato.

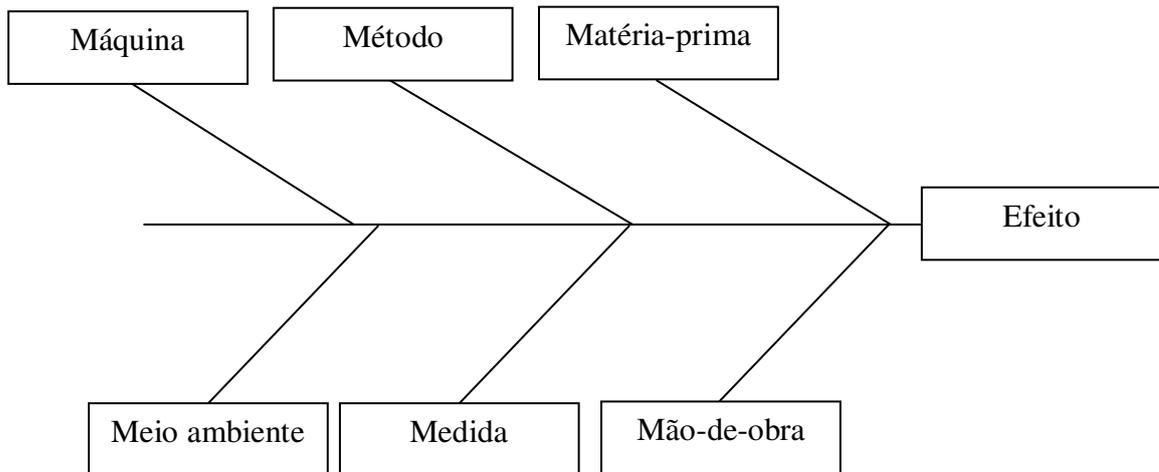
Segundo *SLACK e CHAMBERS*(2002) qualquer categoria pode ser usada, mas existem cinco categorias comuns: equipamento, mão de obra, máquinas, materiais, métodos e dinheiro.

Segundo *SLACK e CHAMBERS*(2002), “os diagramas de causa e efeito são um método particularmente efetivo para relacionar e ajudar a pesquisar as raízes dos problemas”.

O procedimento para montar um diagrama de causa e efeito é investigativo, são feitas perguntas como: o quê? Por quê? Onde? E são acrescentadas respostas explicitamente (*SLACK; CHAMBERS, 2002*).

A figura 3 mostra um modelo genérico do diagrama de causa e efeito.

Figura 3 – Exemplo de Diagrama de Ishikawa



Fonte: *SLACK; CHAMBERS, 2002*

SLACK e CHAMBERS(2002) define os seguintes passos para montar um diagrama de causa e efeito:

Passo 1: Colocar o problema na caixa de efeito.

Passo 2: identificar as principais categorias para as possíveis causas dos problemas.

Passo 3: Utilizar a busca sistemática de fatos e discussão em grupos para gerar possíveis causas sobre essas categorias

Passo 4: Registrar todas as causas potenciais no diagrama sob cada categoria, discutir cada item e esclarecer as causas.

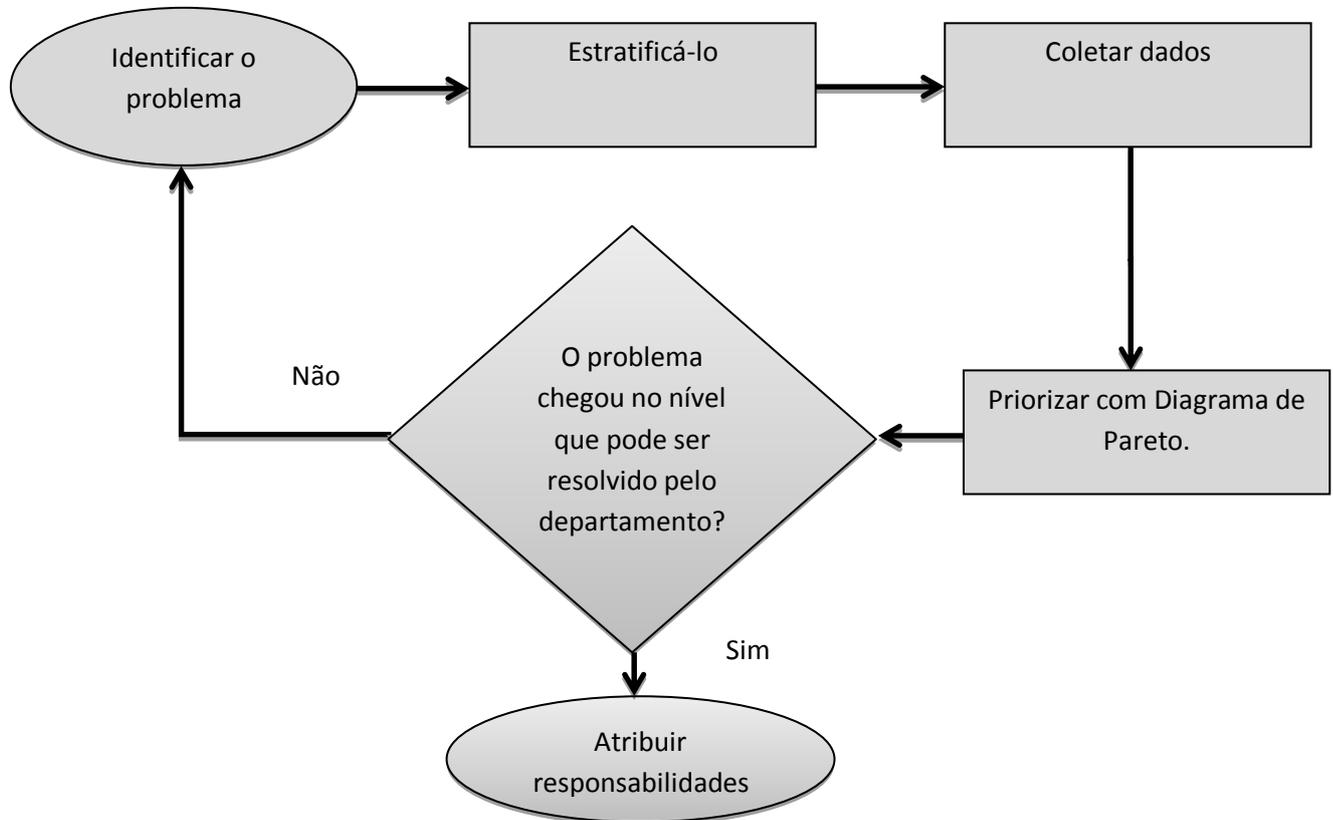
2.2.4 Análise de Pareto

O princípio de Pareto existe para auxiliar os gerentes a definir seu foco. Segundo Campos (1992) o princípio de Pareto é uma técnica para separar os problemas em duas classes: os poucos vitais ou os muitos triviais. Também conhecido como regra dos 80-20 o princípio de Pareto prega que 80% dos problemas são causados por 20% das causas, de modo que não é necessário eliminar 100% das causas de imediato o que demandaria muito mais esforços.

Para *SLACK e CHAMBERS(2002)* o princípio de Pareto distingue o que é importante do que é menos importante, é um método relativamente direto que consiste em estratificar os itens de informação conforme o grau de importância. *SLACK e CHAMBERS(2002)* reforça que a teoria de Pareto é embasada no fenômeno de que poucas causas explicam a maioria dos defeitos.

Campos (1992) atribui os seguintes passos a uma análise de Pareto ilustrados na figura 4:

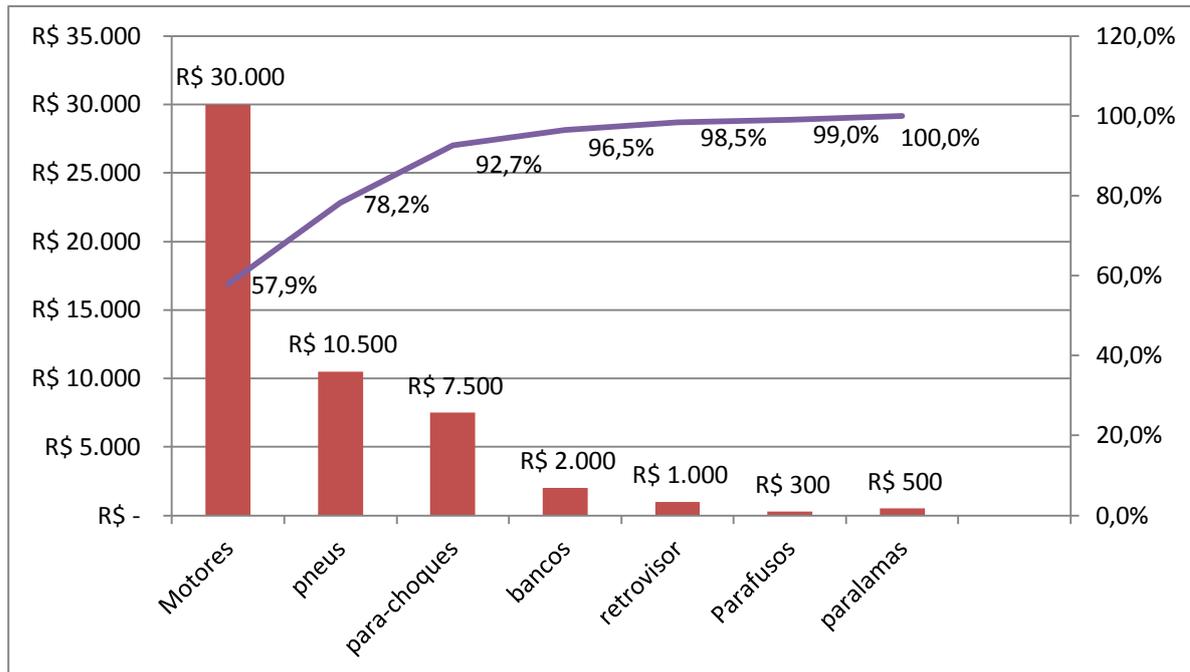
Figura 4 – Organograma para análise de Pareto



Fonte: CAMPOS, 1992

O diagrama de Pareto é uma ferramenta gráfica para visualizar a estratificação dos valores ou graus de importância, onde são visualizados os valores ou graus de importância e a contribuição percentual de cada um. A figura 5 mostra um exemplo de Gráfico de Pareto utilizado para mensurar o inventário de uma montadora de veículos. Cada valor sobre a coluna representa o total em reais de cada item do estoque, observa-se que apenas dois itens (os motores e os pneus) representam 78,2% do inventário.

Figura 5 – Exemplo de Diagrama de Pareto para estoque de uma montadora de veículos



Fonte: Criação Própria

2.2.5 Gráfico de controle

Gráficos de controle ou gráficos de Shewart são utilizados para monitorar os processos e detectar a presença de causas especiais que aumentam sua dispersão ou tiram sua média do valor alvo. Seu início formal aconteceu por volta de 1924 quando Walter A. *Shewart* desenvolveu e aplicou os gráficos de controle nos *Bell Telephone Laboratories* (COSTA; EPPRECHT, 2011).

Uma de suas principais funções segundo *SLACK e CHAMBERS*(2002) é identificar tendências e comportamento dos processos.

Segundo *SLACK e CHAMBERS*(2002) os processos são afetados por causas comuns que representam as variações no próprio material com que o processo opera, dessa maneira o processo sempre irá variar em torno de valor padrão, em geral usa-se a média por amostragem.

A faixa onde atuam somente causas comuns é denominada faixa de tolerância ou faixa de especificação que é delimitada pelo limite inferior de controle (LIC) e limite superior de controle (LSC). O modo de calcular esses limites irá variar de acordo com o tipo de gráfico de controle utilizado. Os gráficos de controle mais utilizados em geral são: gráfico de controle por atributos e gráfico de controle por variáveis (*SLACK; CHAMBERS, 2002*).

Quando as variações no processo ultrapassam os limites de controle há o indício que uma causa não comum ou especial está agindo no processo, portanto é uma causa assinalável, pois os defeitos são assinaláveis a ela (*SLACK; CHAMBERS, 2002*).

COSTA e *EPPRECHT* (2011) afirmam que se o processo está sujeito apenas a causas aleatórias ou comuns, então o processo está sob controle e os pontos devem estar entre os limites de controle, porém se um dos pontos estiver fora dos limites de controle há uma grande probabilidade de alguma causa especial estar intervindo no processo e então o processo é considerado fora de controle.

2.2.6 Gráfico de Controle por Atributos

Segundo *Neumann* (2011) gráficos por atributos tem a função de controlar números e proporções, tais como número de defeitos ou número de itens defeituosos. “No controle de atributos a característica da qualidade é avaliado como conforme ou não conforme” (*NEUMANN, 2011*).

Os gráficos por atributos em geral são divididos em duas categorias (*NEUMANN, 2011*):

- Gráficos de controle de peças defeituosas ou gráfico tipo P: é usado quando a característica de interesse é o número de produtos defeituosos na amostra.
- Gráfico da quantidade de defeitos ou gráfico tipo C: é utilizada quando se deseja monitorar o número de defeitos em uma unidade do produto.

Para *SLACK* e *CHAMBERS* (2002) atributos têm somente dois estados: certo ou conforme e errado ou não conforme. Portanto a estatística para um gráfico de controle por atributos é calculada com base na proporção de “errados” (p) em uma amostra. Essa estatística segue uma distribuição binomial.

Para este gráfico a população média pode ser estimada através da média de proporção de defeitos (p) de m amostras cada uma com n elementos, onde m deve ser no mínimo 30 e n deve ser no mínimo 100. Conforme a equação abaixo

$$p = \sum \acute{P}i / m \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (1)$$

onde $\acute{P}i$ é dado por:

$$\acute{P}i = \sum Xi / n \quad (i = 1, 2, \dots, n), \text{ onde } X \text{ é o intervalo da amostra} \quad (2)$$

O desvio-padrão é dado por:

$$\sigma = \sqrt{p(1-p)/n} \quad (3)$$

O LIC e LSC são dados por:

$$LSC = p + 3\sigma \quad (4)$$

$$LIC = p - 3\sigma \quad (5)$$

Segundo COSTA e EPPRECHT (2011) para obter o gráfico tipo C basta dividir o número de defeitos (p) pelo tamanho da amostra n .

2.2.7 Gráfico de controle para variáveis

Segundo SLACK e CHAMBERS (2002) o tipo mais comum de gráfico de controle é o gráfico X-R, que na realidade são dois gráficos em um. O primeiro gráfico monitora a média do processo (X) o segundo monitora a variação dentro da amostra pela medida da amplitude (R).

Para COSTA e EPPRECHT (2011) os gráficos de média e amplitude são utilizáveis para monitoramento de causas mensuráveis, tais como diâmetro de um eixo ou teor de carbono em uma liga metálica. O monitoramento é realizado através da análise periódica de amostras, a cada período de tempo retira-se uma amostra com n itens para análise.

O gráfico de X-R é composto pela média, amplitude e pelos limite inferior de controle (LIC) e limite superior de controle (LSC). (SLACK; CHAMBERS, 2002)

Segundo SLACK e CHAMBERS (2002) a média da população é estimada através da média (X_m) de um grande número m de amostra:

$$X_m = \sum X_i / m \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad (6)$$

Segundo COSTA e EPPRECHT (2011) afirma que a amplitude (R) é o resultado da subtração entre o maior valor e o menor valor.

Segundo SLACK e CHAMBERS (2002) os limites de controle para o gráfico da média são:

$$LSC = X_m + A_2R \quad (7)$$

$$LIC = X_m - A_2R \quad (8)$$

Os limites de controle segundo *SLACK e CHAMBERS* (2002) os limites de controle para o gráfico da amplitude são:

$$LSC = D_4R \quad (9)$$

$$LIC = D_3R \quad (10)$$

Onde os fatores A_2 , D_3 , D_4 variam de acordo com o tamanho da amostra e são mostrados na tabela em anexo no final do trabalho.

Ainda segundo *SLACK e CHAMBERS* (2002) a variação do gráfico da média sugere que o processo está se deslocando para fora do que deveria ser a média do processo embora a variabilidade não esteja mudando, enquanto mudanças na amplitude do processo significa que a variação está mudando embora a média permaneça a mesma.

2.2.8 Erro do produtor e erro do consumidor

Os erros do produtor e erro do consumidor são os riscos inerentes ao processo de amostragem, como a verificação não é feita em toda a população há risco de que lotes bons sejam rejeitados e lotes ruins sejam aceitos.

O erro do produtor consiste em rejeitar um lote conforme, o risco associado é estabelecido pela probabilidade de 0,05, ou seja, há 5% de chances de um lote conforme ser rejeitado (*SLACK; CHAMBERS, 2002 e NEUMANN, 2011*).

O erro do consumidor segue a mesma lógica, mas é o inverso do erro do produtor. Consiste em aceitar um lote não conforme, o risco associado é estabelecido pela probabilidade de 0,05, ou seja, há 5% de chances de um lote não conforme ser aceito (*SLACK; CHAMBERS, 2002 e NEUMANN, 2011*).

3 ESTUDO DE CASO

O capítulo a seguir apresenta a metodologia adotada para realizar o estudo de caso, a apresentação da empresa onde o trabalho foi realizado, as etapas para descobrir as causas-raízes das requisições de matéria-prima extra e o projeto de melhoria montado para eliminar as causas-raízes.

3.1 Metodologia de Desenvolvimento do Estudo de Caso

3.1.1 Elaboração de Instrumentos e Determinação da Estratégia de Coleta de Dados

Houve dois instrumentos utilizados para coletar os dados:

- i. Pesquisa documental de dados históricos do indicador de requisições da empresa.
- ii. Observação direta do processo para elaborar o projeto de melhoria para exterminar as causas das requisições de matéria-prima.

3.1.2 Seleção da Amostra

A amostra utilizada para a coleta de dados históricos foi realizada no primeiro trimestre de 2012, com detalhamento das requisições dos meses de Janeiro à Março de 2012.

O setor produtivo escolhido como amostra para coletar os dados para o projeto de melhoria foi o setor apontado como principal requisitante de matéria-prima.

3.1.3 Coleta dos Dados

Os dados utilizados foram obtidos através de pesquisa documental. Para a realização do trabalho foram utilizados dados históricos do Indicador que mede a ineficiência na utilização da matéria-prima planejada para volume de produção definido de cada setor através do controle e rastreamento das requisições de cada setor, dos custos de cancelamento de uma ordem de produção e do custo de uma nova ordem de produção complementar que não estava prevista no plano de produção.

Para descobrir quais os principais responsáveis pelas requisições totais da fábrica, foram coletados os dados de requisições de todas as áreas de Janeiro à Março de 2012. Os dados foram tratados no programa *Microsoft Excel* onde foi feito um percentual do valor das requisições em relação à matéria-prima planejada. Os valores foram plotados num gráfico

para uma melhor análise da tendência de crescimento, assim pode-se analisar visualmente o *ranking* das áreas, qual a área menos requisitou e qual área mais requisitou.

3.1.4 Análise e Interpretação dos Dados

Os gráficos de *ranking* das áreas mostraram que a Linha de Montagem era a área que mais requisitava em relação à sua matéria-prima planejada, em seguida foi feito também no programa *Microsoft Excel* um Gráfico de Pareto, onde foram plotados os valores em termos monetários (R\$) nas colunas do eixo principal e os valores em percentuais foram plotados na linha do eixo secundário, o eixo principal mostra qual área mais requisitou e os valores em percentuais mostram o quanto cada área contribuiu para o aumento das requisições totais.

Os resultados apontaram a Linha de Montagem como a principal requisitante. Após descoberto qual área requisitava mais, o objetivo seguinte foi descobrir quais as causas das requisições. Desenvolveu-se um Diagrama de *Ishikawa* para inferir quais as principais causas e foi realizada uma nova Análise de Pareto baseada nos valores de cada causa. E os resultados apontaram para perdas de processo

A partir dos fatos mostrados pelos dados interpretou-se que o processo produtivo da Linha de Montagem era ineficiente e estava requisitando muito além da matéria-prima planejada inicialmente para a sua produção.

3.2 A Empresa

A empresa analisada pertence ao ramo calçadista e fabrica sapatos injetados à base de Policloreto de Vinila (PVC). A empresa iniciou suas atividades em 1971 fabricando tampinhas de garrafa e outros componentes injetados para indústria de bebidas. Em 1979 ela iniciou a produção de sandálias femininas, hoje atua nos segmentos feminino, masculino e infantil e atende a todos os segmentos econômicos da classe A até a classe E. Possui seis marcas próprias sendo quatro femininas e duas masculinas, também possui nove patentes licenciadas entre marcas de terceiros, direitos de uso de nomes de celebridades e direitos de uso de personagens de desenhos animados.

Hoje a referida empresa conta com seis unidades industriais nos estados da Bahia, Ceará e Rio Grande do Sul. No Ceará há três unidades produtivas em Fortaleza, Crato e Sobral. O trabalho em estudo foi desenvolvido na unidade de Fortaleza que emprega aproximadamente

2.500 funcionários e produz duas marcas para o segmento feminino e uma para o segmento infantil.

A indústria calçadista em estudo produz sapatos injetados em larga escala a custo baixo para atender aos mercados de menor poder aquisitivo e produz sapatos diferenciados de alto valor agregado apresentados nas grandes semanas de moda do mundo como, por exemplo, São Paulo *Fashion Week* (SPFW) em São Paulo e nos salões Nova York, Milão e Paris para os consumidores mais exigentes da moda.

Atualmente, a empresa é a maior exportadora de calçados do Brasil em volume de pares sendo responsável por 43% das exportações brasileiras de calçados em 2011. Hoje a empresa sofre forte concorrência da China que apresenta sapatos muito semelhantes aos produzidos atualmente pela empresa por preços bem mais baixos. Para concorrer com os preços da China a empresa tem um *marketing* forte que tem a estratégia de associar os sapatos à imagem de celebridades de sucesso para o segmento adulto ou com brinquedos quando se trata do público infantil.

3.3 O problema

O problema é possuir um processo produtivo robusto sem erros e desperdícios para suportar o volume de vendas e entregar um produto de qualidade para o cliente final, sem custos de desperdícios que irão onerar o preço de venda do sapato.

A fábrica produz de acordo com os pedidos em carteira, ou seja, primeiro acontece à venda, em seguida a produção do produto. No plano de produção elaborado pelo Planejamento e Controle de Produção (PCP) e baseado no volume de demanda está descrito o volume de produção, a quantidade de matéria-prima, quantidade de material indireto e mão de obra necessária para a produção do volume solicitado, porém, devido à perda de componentes ao longo do processo produtivo e perda até mesmo de sapatos prontos ao final da Linha de Montagem e na Embalagem, existem muitas requisições de matéria-prima e componentes extras. Isso acarreta prejuízos para empresa que muitas vezes deve gerar um novo programa para refazer toda essa produção perdida.

3.4 O Processo Produtivo

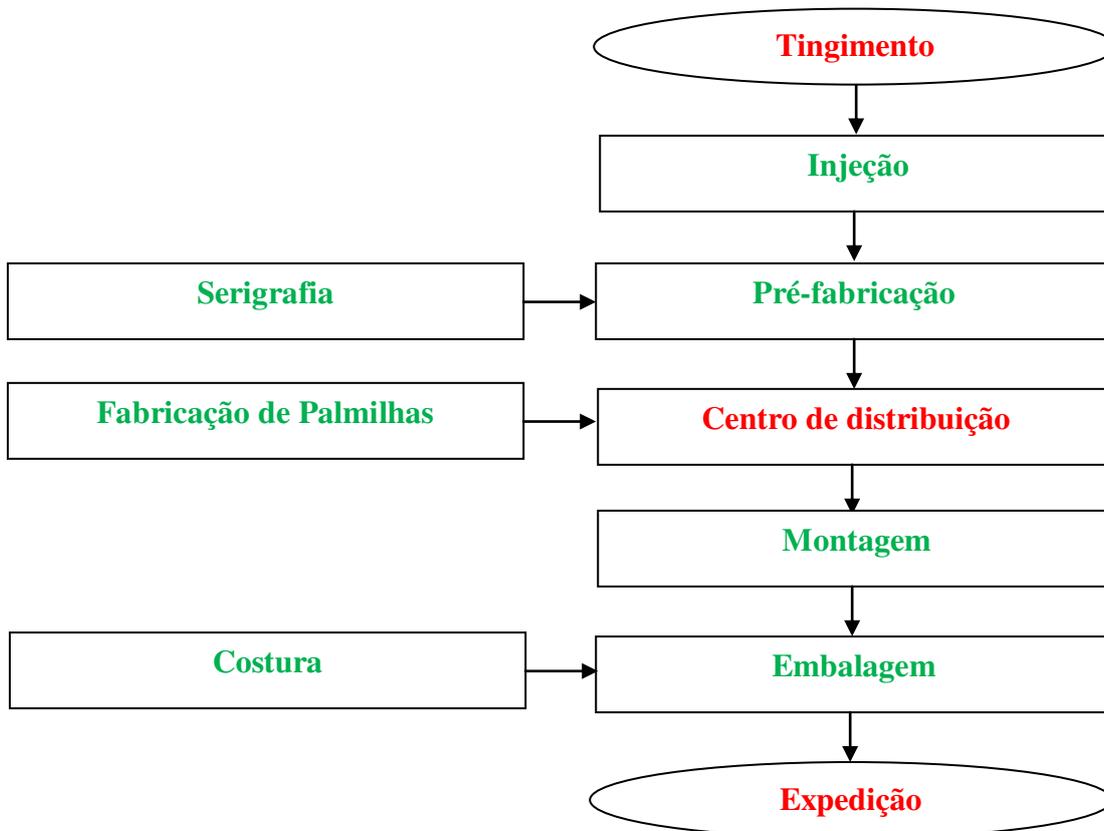
Os calçados são compostos em 90% por PVC, os outros 10% são corante e essência que são injetados junto ao PVC para dar cor e aroma à sandália. O PVC, a essência e o corante são

misturados no setor de tingimento e encaminhados ao setor de injeção onde será dada a forma do sapato chamado de cabedal. O cabedal consiste no PVC já injetado que seguirá para o setor de Pré-fabricação onde terá sua superfície preparada e seguirá para a montagem onde serão colocadas as palmilhas, fechos e enfeites.

Além do PVC, essência e corante também são matérias-primas: cola, tinta, verniz, material para serigrafia, flocos, *gliter*, esponja, fivela, botões, velcro e Etil Vinil Acetato (EVA). As peças utilizadas especificamente na montagem do sapato são chamadas de componentes e podem ser: cabedal (sapato injetado), sola, palmilha, fivela, velcro, botões e enfeites de PVC ou EVA.

A unidade de Fortaleza conta com sete setores produtivos e três de apoio. O processo de produção do calçado está apresentado na figura 6, os setores produtivos estão na cor verde e os setores de apoio estão na cor vermelha.

Figura 6 – Fluxograma do Processo Produtivo



Fonte: Criação própria

- **Injeção:** Setor responsável por injetar o PVC e produzir os cabedais e os enfeites ou saltos dependendo do modelo. Os enfeites podem ser de PVC ou EVA.

- **Pré-Fabricação:** Setor responsável por preparar a superfície do cabedal e dos componentes. Divide-se em três outras áreas:

Pintura: Área responsável por pintar e aplicar verniz aos cabedais e/ou enfeites;

Aplicação de glitter: Área responsável pela aplicação de *glitter* do cabedal e/ ou enfeites.

Flocagem: Área responsável por aplicar os flocos à superfície do cabedal e/ou enfeites para dar a aparência de camurça;

- **Serigrafia:** Área responsável pelos desenhos dos cabedais e das palmilhas;
- **Centro de Distribuição:** Setor responsável por separar cabedal e os componentes específicos de cada modelo e enviá-los a montagem.
 - **Fabricação de Palmilhas:** Setor responsável por recortar e montar as palmilhas;
 - **Montagem:** Setor responsável por montar o sapato, unir o cabedal à palmilha e colocar os componentes necessários de acordo com o modelo;
 - **Costura:** Setor responsável por preparar a embalagem de tecido;
 - **Embalagem:** Setor responsável por embalar o calçado individualmente, na embalagem de tecido e de papelão individual e em lotes de acordo com número, modelo e cor.
 - **Expedição:** Setor responsável por emitir os documentos das remessas enviadas, por embarcar as embalagens nos caminhões, conferir a identificação e o destino dos produtos.

O Tingimento é o setor de apoio responsável por misturar o PVC, o corante e a essência, pois eles chegam à fábrica em formato de minúsculas bolinhas que devem ser colocadas na quantidade certa e misturadas da maneira correta para não ocasionar manchas no cabedal. Apesar de não ser um setor produtivo ele está presente no organograma, porque é um setor chave para a fábrica.

3.2 Apresentação do ERRO 1

Cada setor possui um plano de produção designado pelo Planejamento e Controle da Produção (PCP). Neste plano está designado à quantidade de matéria prima, material indireto e tempo de mão de obra para o volume de produção determinado pela previsão de demanda, porém, devido a perdas do processo, sempre há requisições complementares de matéria prima para sanar perdas existentes na produção. Para controle de requisições de matéria-prima de cada setor existe o indicador de requisições complementares, denominado “ERRO1”.

O indicador “ERRO 1” mede a ineficiência na utilização da matéria-prima planejada para volume de produção definido de cada setor através do controle e rastreamento das requisições de cada setor. O “ERRO 1” tem essa denominação por ser considerado o erro que agrega mais

custos ao produto, porque ele pode medir a ineficiência do uso da matéria-prima e a matéria-prima por sua vez representa 90% do custo do produto, e por agregar mais custos é considerado o erro mais grave do processo. Todas as áreas podem requisitar até 3% a mais de sua matéria-prima planejada, que seria uma espécie de tolerância para as perdas normais do processo. O “ERRO 1” leva em consideração três custos para calcular o custo total de cada requisição, o cálculo está descrito abaixo:

$$\text{ERRO 1} = \text{CUSTO REQUISIÇÕES TOTAIS} / \text{MPP} \quad (10)$$

$$\text{REQUISIÇÕES TOTAIS} = \text{CR} + \text{CC} + \text{CPC} \quad (11)$$

Onde:

CR = Custo Requisições - 90% PVC

CC = Custo Cancelamento - 90% PVC

CPC = Custo Programa Complementar

MPP = Matéria Prima Planejada

O Custo de Requisições é o custo total do material requisitado pelo setor, por exemplo, custo do PVC ou custo de fivelas, de palmilhas, e existe também a requisições de sapatos prontos pela montagem, embalagem ou pelo PCP. Isso acontece quando ao final do processo faltam sapatos prontos e é necessário fazer uma requisição.

Custo de cancelamento é o custo gerado pelo cancelamento de um programa de produção. É o custo de alocação dos recursos para que o programa fosse realizado.

Custo de Programa Complementar é o custo gerado quando o PCP deve fazer uma nova ordem de produção em decorrência de perdas de sapatos prontos na montagem ou na embalagem.

Do custo total de requisições e de cancelamento são descontados 90% do valor total, esse desconto é referente ao PVC e é feito porque o PVC pode ser moído e reaproveitado nas injetoras para fazer novos sapatos. Esse reaproveitamento é considerado para efeito de economia e por isso é descontado um valor referente ao reaproveitamento do PVC.

3.5 Análise do ERRO 1 e Análise de Pareto

A seguir está disposto o histórico de requisições de matéria-prima extra registradas no “ERRO 1” para todos os setores da fábrica, o *ranking* de requisições entre áreas e o gráfico de Pareto com o grau de contribuição de cada setor para o incremento das requisições totais da fábrica para os meses de janeiro/2012, fevereiro/2012 e março/2012.

a) Análise em relação a janeiro/2012.

A tabela abaixo mostra os valores de requisição de matéria-prima extra em janeiro/2012.

Tabela 1 – Requisições janeiro/2012

Área	Req. Totais (R\$)	MPP (R\$)	ERRO 1 (%)
INJEÇÃO	8.811,64	758.544,74	1,16%
MONTAGEM	38.288,23	587.670,47	6,52%
PRÉ-FABRICADO	7.122,62	142.509,03	5,00%
SERIGRAFIA	4.741,61	609.349,69	0,78%
EMBALAGEM	2.067,65	354.329,67	0,58%
PALMILHAS	10,56	10.060,99	0,10%
FLOCAGEM	4.524,08	245.745,43	1,84%
COSTURA	327,22	196.032,07	0,17%
TOTAL	65.893,60	2.904.242,08	2,27%

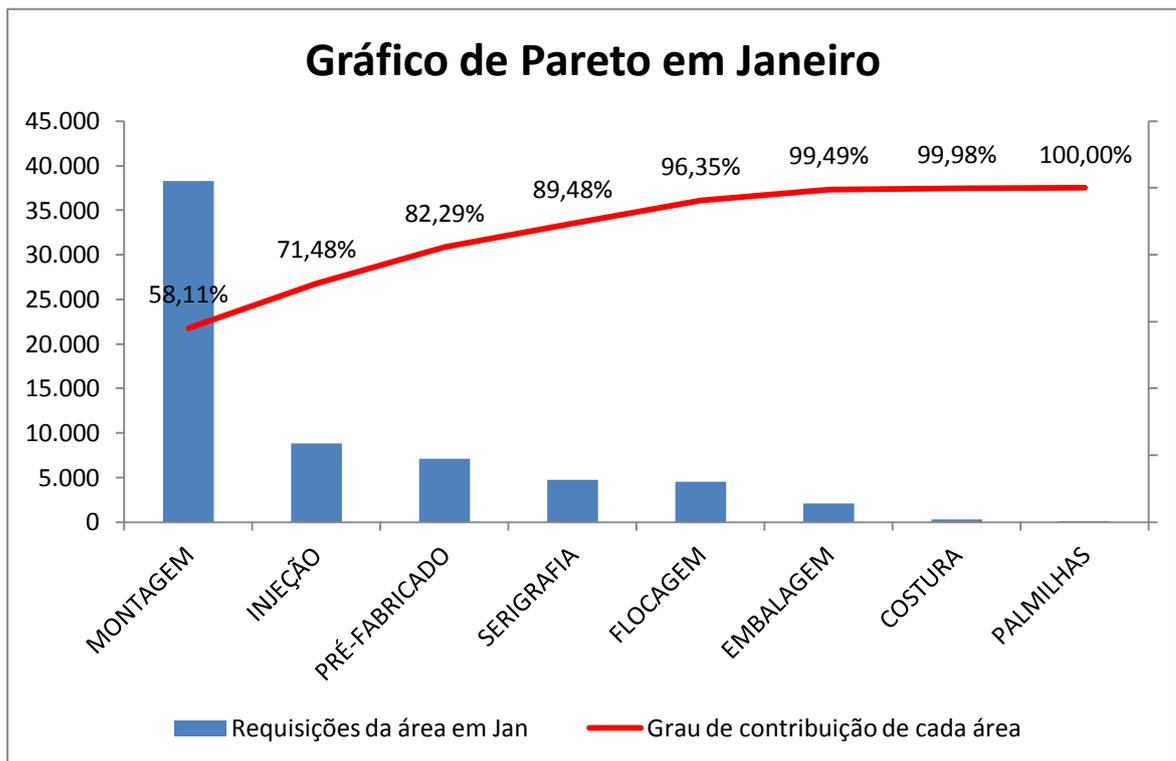
Na tabela 1 se observa que o setor de Montagem foi o maior valor e o maior percentual de requisições de matéria-prima extra de toda a fábrica em relação a sua própria matéria-prima planejada. Além do que o seu valor de requisições foi o que mais contribuiu para alavancar o percentual geral da fábrica.

Na tabela 2 mostra o *ranking* dos valores de requisições de matéria-prima extra e, em seguida, o gráfico de Pareto mostra o grau de contribuição de cada área para o incremento do valor das requisições de matéria-prima total da fábrica.

Tabela 2 – *Ranking* das áreas e total para Janeiro/12

Área	Req. por área (R\$)	Req. Empresa (R\$)	% por área	Acumulado (%)
MONTAGEM	38.288,23	65.893,60	58,11	58,11
INJEÇÃO	8.811,64	65.893,60	13,37	71,48
PRÉ-FABRICADO	7.122,62	65.893,60	10,81	82,29
SERIGRAFIA	4.741,61	65.893,60	7,20	89,48
FLOCAGEM	4.524,08	65.893,60	6,87	96,35
EMBALAGEM	2.067,65	65.893,60	3,14	99,49
COSTURA	327,22	65.893,60	0,50	99,98
PALMILHAS	10,56	65.893,60	0,02	100,00
TOTAL	65.893,60	65.893,60	100,00	

Gráfico 1 – Gráfico de Pareto para as requisições em Janeiro/12



b) Análise em relação a fevereiro/2012.

A tabela 3 mostra os valores de requisição de matéria-prima extra em fevereiro/2012.

Tabela 3 – Requisições fevereiro/2012

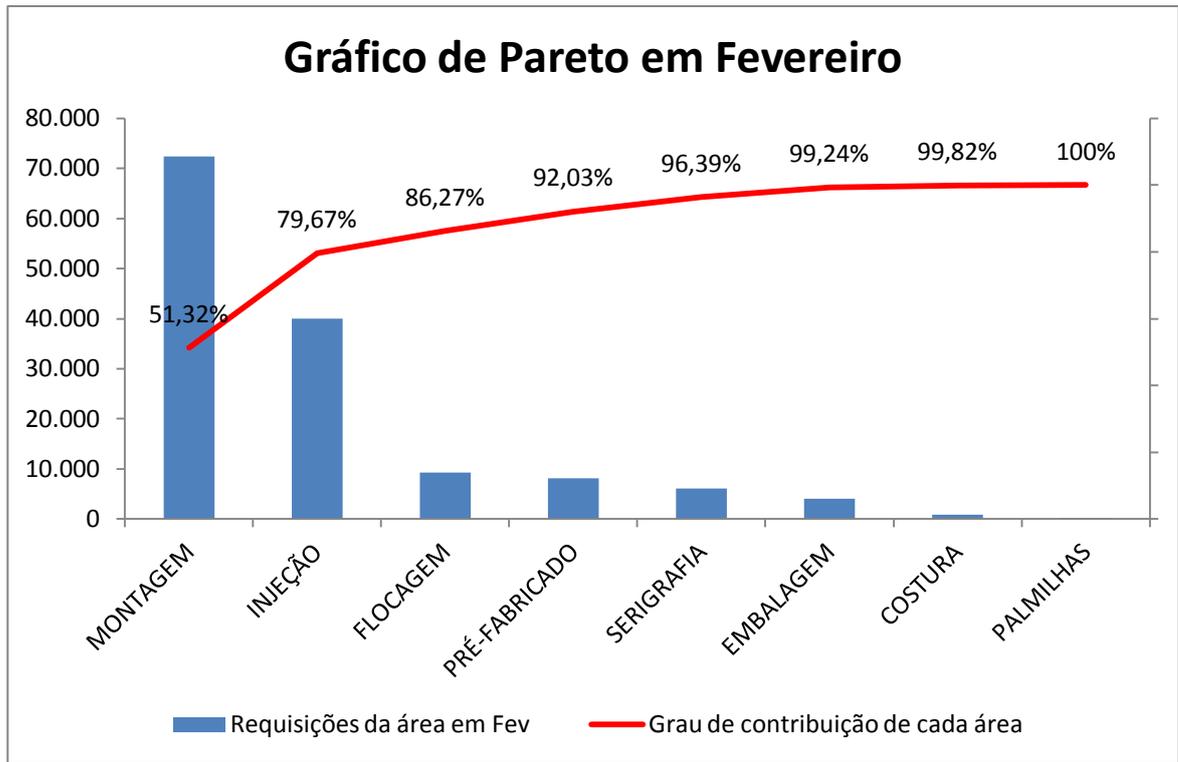
Área	Req. Totais (R\$)	MPP (R\$)	ERRO 1
INJEÇÃO	39.982,29	972.786,39	4,11%
MONTAGEM	72.379,55	666.465,94	10,86%
PRÉ-FABRICADO	8.136,11	130.722,47	6,22%
SERIGRAFIA	6.135,97	848.501,81	0,72%
EMBALAGEM	4.026,76	537.341,63	0,75%
PALMILHAS	252,70	6.344,04	3,98%
FLOCAGEM	9.297,92	296.814,15	3,13%
COSTURA	817,70	279.358,03	0,29%
TOTAL	141029,00	3738334,46	3,77%

Observa-se que o setor de Montagem novamente obteve o maior valor de requisições e também o maior percentual dentre os setores, sendo também a área que mais contribuiu com o incremento total da fábrica segundo o ranking da tabela 4 e a gráfico de Pareto a seguir.

Tabela 4 – Ranking das áreas e total para Fevereiro/12

Área	Req. Por área (R\$)	Req. Empresa (R\$)	(%) por área	Acumulado (%)
MONTAGEM	72.379,55	141.029,00	51,32	51,32
INJEÇÃO	39.982,29	141.029,00	28,35	79,67
FLOCAGEM	9.297,92	141.029,00	6,59	86,27
PRÉ-FABRICADO	8.136,11	141.029,00	5,77	92,03
SERIGRAFIA	6.135,97	141.029,00	4,35	96,39
EMBALAGEM	4.026,76	141.029,00	2,86	99,24
COSTURA	817,70	141.029,00	0,58	99,82
PALMILHAS	252,70	141.029,00	0,18	100,00
TOTAL	141.029,00	141.029,00	100,00	

Gráfico 2 – Gráfico de Pareto para as requisições em Fevereiro/12



c) Análise em relação a março/2012.

A tabela 5 mostra os valores de requisição de matéria-prima extra em março/2012.

Tabela 5 – Requisições Março/2012

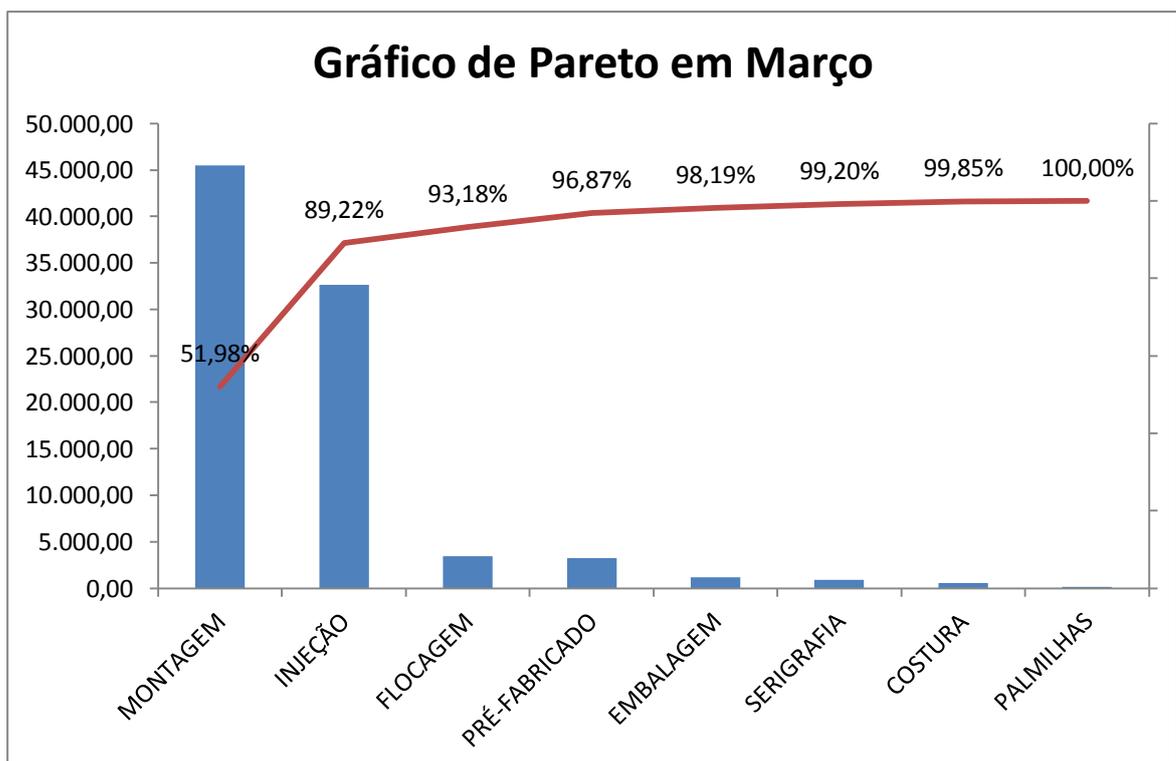
Área	Req Totais (R\$)	MPP (R\$)	ERRO 1
INJEÇÃO	32.608,02	1.054.222,87	3,09%
MONTAGEM	45.502,41	696.166,55	6,54%
PRÉ-FABRICADO	3.228,10	314.662,11	1,03%
SERIGRAFIA	885,27	72.929,71	1,21%
EMBALAGEM	1.155,03	669.138,27	0,17%
PALMILHAS	130,08	7.296,51	1,78%
FLOCAGEM	3.463,01	373.781,48	0,93%
COSTURA	571,69	277.514,45	0,21%
TOTAL	87.543,60	3.465.711,95	2,53%

A tabela 5 mostra que mais uma vez o setor de Montagem obteve o maior valor de requisições de matéria-prima extra e o maior percentual em relação à sua matéria-prima planejada. Sendo também a área que mais contribuiu com o incremento total da fábrica segundo o ranking na tabela 6 e a gráfico de Pareto a seguir.

Tabela 6 – Ranking das áreas e total para Março/12

Área	Req. Por área (R\$)	Req. Empresa (R\$)	(%) por área	Acumulado (%)
MONTAGEM	45.502,41	87.543,60	51,98	51,98
INJEÇÃO	32.608,02	87.543,60	37,25	89,22
FLOCAGEM	3.463,01	87.543,60	3,96	93,18
PRÉ-FABRICADO	3.228,10	87.543,60	3,69	96,87
EMBALAGEM	1.155,03	87.543,60	1,32	98,19
SERIGRAFIA	885,27	87.543,60	1,01	99,20
COSTURA	571,69	87.543,60	0,65	99,85
PALMILHAS	130,08	87.543,60	0,15	100,00
TOTAL	87.543,60	87.543,60	100	

Gráfico 3 – Grau Gráfico de Pareto para as requisições em Março/12



A Montagem foi a área com maior colaboração para o total de requisições da empresa por três meses seguidos, além de apresentar valores de requisição sempre muito superiores aos demais setores.

Assim sendo será elaborado um estudo para descobrir as causas de tantas requisições de matéria-prima e em seguida será elaborado um projeto de melhoria para extingui-las.

3.6 Estudo das causas

O ERRO 1 é composto por três custos, o custo de requisições, o custo de cancelamento e o custo de programas complementares. Por isso há três possíveis causas para o alto índice de “ERRO 1”:

- Alto custo de requisição (CR);
- Alto custo de cancelamento (CC);
- Alto custo de programas complementares (CPC).

No mês de março a Linha de Montagem apresentou os seguintes valores de requisições totais discriminados por custos na tabela 7 e por percentuais na tabela 8:

Tabela 7 – Discriminação dos valores das requisições totais

Mês	Req.Totais (R\$)	CR (R\$)	CC (R\$)	CPC (R\$)
Janeiro	38.288,23	38.288,23	0,00	0,00
Fevereiro	72.379,55	70.616,43	1.473,31	19,81
Março	45.502,41	44.216,34	1.277,21	8,86

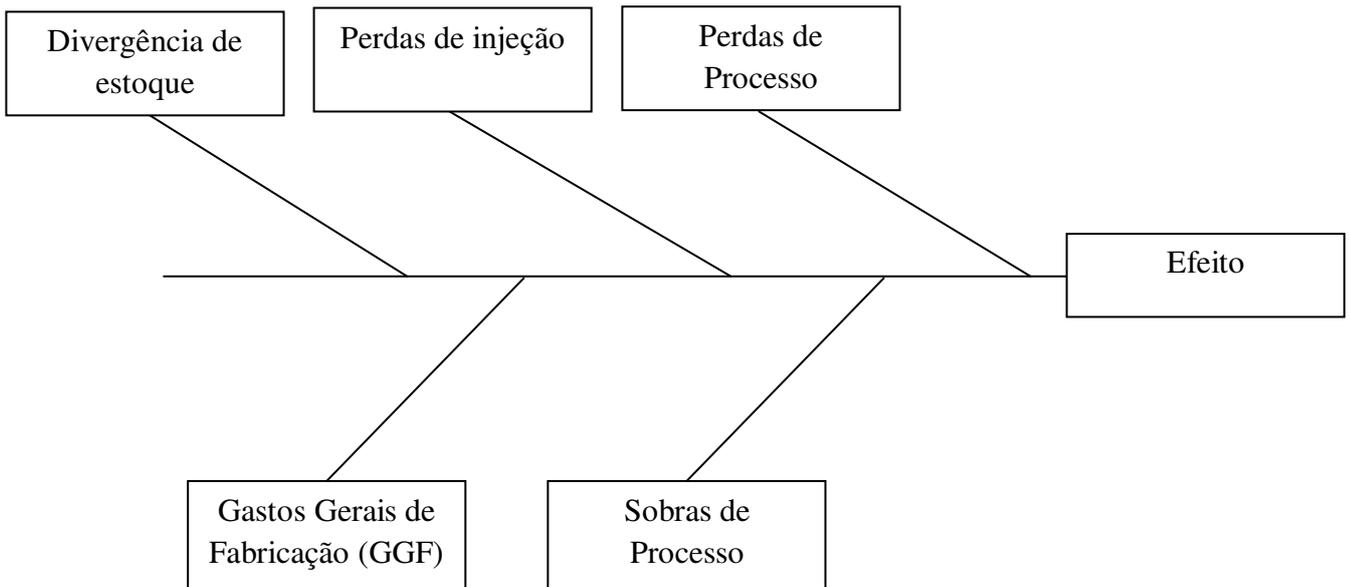
Tabela 8 – Discriminação dos valores das requisições totais em percentuais

Mês	Req Totais (R\$)	CR (%)	CC (%)	CPC (%)
Janeiro	38.288,23	100,00	0,00	0,00
Fevereiro	72.379,55	97,56	2,04	0,03
Março	45.502,41	97,17	2,81	0,02

Analisando os dados da tabela vê-se que o custo de requisições representa mais de 97% do valor de requisições totais, chegando a representar 100% do valor no mês de janeiro.

Assim conclui-se que o principal fator de aumento na ineficiência de matéria-prima é o alto custo de requisição. A figura 7 mostra o Diagrama de *Ishikawa* onde foram levantadas as principais causas raízes do alto custo de requisição.

Figura 7 – Diagrama de Ishikawa para custo de requisição



Fonte: Criação própria

Os dados levantados junto ao histórico de requisições e apresentados na tabela 9 mostram o quanto cada causa contribuiu para o aumento das requisições da Linha de montagem:

Tabela 9 – Discriminação das causas em relação ao valor total de requisições (continua)

Causas	Valores (R\$)	Percentual (%)
Perdas do Processo	43.995,05	96,69
Perda de Injeção	285,34	0,63
Material tipo GGF	1208,38	2,66
Sobras de Processos	13,64	0,03
Divergência de Estoque	0,00	0

Tabela 9 – Discriminação dos das causas em relação ao valor total de requisições (continuação)

Total	45502,41
-------	----------

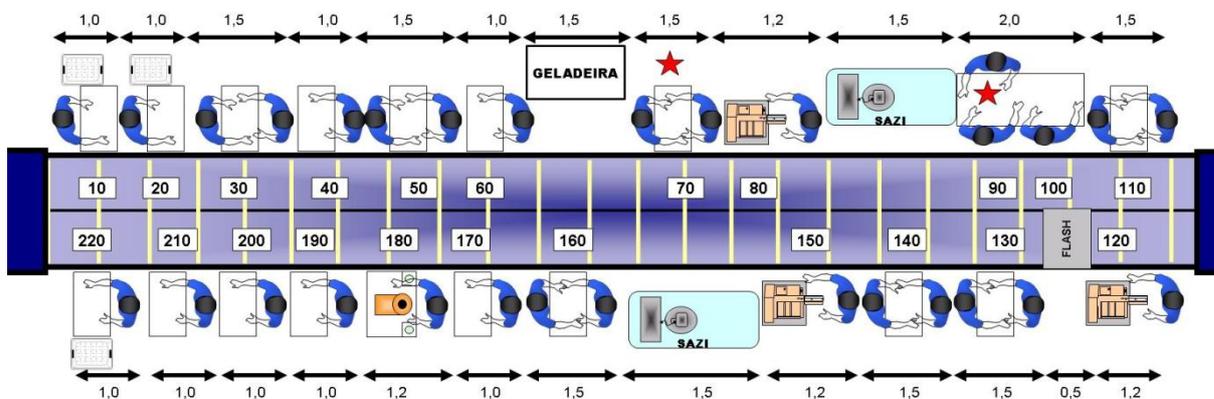
Pelos dados mostrados na tabela 9 é possível observar que perdas de processo são responsáveis por 96,69% das requisições do setor de Montagem. Portanto conclui-se que o processo de Montagem é ineficiente e apresenta altas perdas que precisam ser eliminadas.

3.7 Estudo de Processo

3.7.1 Investigação das Perdas (causas-raízes)

O processo da Linha de Montagem conta com 8 (oito) esteiras, cada esteira com 2 (duas) lonas, há capacidade total para produzir até 16 modelos. As esteiras deslocam o produto pelos postos de trabalho de modo que o sapato saia terminado no final da Linha de montagem. A figura 8 ilustra uma esteira da Linha de Montagem com a sequência de operações e os espaçamentos entre cada posto.

Figura 8 – Simulação da Linha de Montagem



Fonte: Mapa de operações da empresa

Os processos básicos na Linha de Montagem são:

- Retirar rebarbas de injeção dos cabedais complexos (cabedais simples são rebarbados ainda no setor de Injeção);
- Aplicar cola no cabedal para receber a palmilha e receber, quando houver, os componentes;
- Furar o cabedal para receber os enfeites, quando houver;

- Aplicar cola na palmilha;
- Aplicar cola nos componentes, quando houver;
- Colocar o cabedal, a palmilha e componentes no *FLASH* (um tipo de estufa) para ativar a cola;
- Colocar os cabedais com as palmilhas nas prensas para fixação;
- Colocar os enfeites nos furos, quando houver;
- Fazer a revisão do sapato pronto.

Os sapatos montados na Linha de Montagem podem ser divididos em até 3 (famílias): rasteiras, sapatilhas e sapatos com salto;

As três famílias de sapatos apresentam uma montagem bastante semelhante de modo que a diferenciação concentra-se principalmente nos enfeites e componentes que compõem cada sapato. Para estudar as perdas dos processos mais relevantes foi elaborada uma lista com todos os 80 modelos fabricados em março e os respectivos valores em requisições durante seus processos. Essa lista não será apresentada aqui para manter o sigilo da identidade da empresa dado que seus produtos são amplamente conhecidos no mercado, os resultados são apresentados na tabela 10:

Tabela 10 – Valores de requisição por modelo

Modelo	Valor (R\$)	Req. Totais (R\$)	(%) de Req Totais
Modelo 1	5.866,75	45.502,41	12,89
Modelo 2	4.136,70	45.502,41	9,09
Modelo 3	3.093,66	45.502,41	6,80
Modelo 4	2.806,89	45.502,41	6,17
Modelo 5	2.074,40	45.502,41	4,56
Modelo 6	1.923,09	45.502,41	4,23
Modelo 7	1.645,20	45.502,41	3,62
Modelo 8	1.590,24	45.502,41	3,49
Modelo 9	1.290,44	45.502,41	2,84
Modelo 10	1.145,03	45.502,41	2,52
Total	25.572,41	45.502,41	56,20

Observa-se pela tabela 10 que dos 80 modelos produzidos, apenas 10 modelos são responsáveis por 56,20% dos valores de requisição da Linha de Montagem e que o modelo 1 sozinho responde por 12,89% das requisições. Os modelos 1, 2, 4, 6 e 8 pertencem à família dos saltos e possuem um processo bastante parecido. O modelo escolhido para estudar o processo produtivo foi o modelo 1, pois ele representa sozinho 12,89% das requisições da montagem e existe a possibilidade de as melhorias feitas nesse processo serem estendidas aos demais modelos uma vez que seus processos são semelhantes.

Para orientar as mudanças no processo de montagem do sapato, foram investigados quais eram as principais requisições desse modelo, os itens encontrados foram: Cabedal Injetado, Tarugo ABS (Tarugo é a estrutura do salto agulha, ABS é o material de composição do salto), Cepa ABS (estrutura do salto plataforma), Cola, Contraforte EVA (forro interno colocado na parte traseira do pé), Enfeite Zaflex, Etiqueta Adesiva, Etiqueta Adesiva Papel, Etiqueta Bordada, Fivela Zaflex, Ilhós, Palmilha Montada, Parafuso, Passador Zarflex, Placa EVA (forro interno), Solvente, Tampa ABS para CEPA (tampa da estrutura do salto plataforma).

Para investigar como ocorrem as perdas dos itens requisitados listados acima será analisado as instruções de trabalho do modelo para comparar com observações no processo real e identificar onde ocorrem os erros de processo que geram ineficiências, se ocorrem na execução do processo ou ainda na elaboração das instruções de trabalho.

As instruções para montar o modelo 1 estão descritos abaixo:

- Abastecer componentes na esteira;
- Aplicar cola na tampa de PVC para colar no tarugo;
- Aplicar cola no tarugo do ABS;
- Aplicar cola no cabedal na área de colagem com o tarugo;
- Estufa *Flash* (Máquina para ativar a cola);
- Colar tampa no tarugo de PVC + prensar;
- Geladeira;
- Encaixar tarugo no cabedal+ Selar cabedal no tarugo;
- Aplicar cola na palmilha + traseiro de EVA;
- Forno de secagem e reativação;
- Colar palmilha de montagem + Cola contraforte;
- Aplicar cola no cabedal na área de colagem da soleta;

- Limpar + Aplicar cola na soleta + Abastecer componentes no forno;
- Forno de secagem e reativação;
- Colar soleta no cabedal;
- Embutir fôrma e prensar colagens;
- Retirar enfeite e rebite do saco + encaixar enfeite e rebite+ encaixar na matriz da rebitadeira + rebitar;
- Acondicionar.

Os principais erros encontrados na Linha de Montagem durante as observações diárias foram: cabedal com excesso de cola, tampa do ABS diferente da estrutura de ABS utilizado no modelo, cabedal com defeito de injeção, enfeite rebite fora da especificação do modelo, *FLASH* com temperatura menor que a necessária para ativar a cola (máquinas desreguladas), cabedal com furo no lugar errado, enfeites diferentes dos necessários para produzir o modelo, solvente insuficiente na esteira, palmilhas prensadas com força menor que a necessária não dando a devida aderência.

Os erros foram agrupados de acordo com as possíveis causas, como pode ser observado no quadro 1:

Quadro 1 – Discriminação dos erros por causas

Abastecimento	Erros do <i>setup</i>	Erros do operador	Fornecedor
Tampa diferente da estrutura do modelo	Palmilhas sem aderência	Cabedal com excesso de cola	Rebite fora da especificação
Enfeites diferentes dos necessários para o modelo	Máquinas desreguladas	Cabedal com furo no lugar errado	
Solvente insuficiente na esteira			
Cabedal com defeito de injeção			

Assim pode-se considerar que essas são as causas-raízes das requisições de matéria-prima de matéria-prima, portanto o projeto de melhoria deve agir nos pontos listados abaixo:

- Deficiência no abastecimento;
- Erros de *setup*;
- Erros dos operadores;
- Peças fora de especificação;

3.7.2 Desenvolvimento do Projeto de melhoria

Para resolver cada um dos problemas anteriormente citados foi investigado como é feito cada processo e foram apontadas quais seriam as possíveis atitudes que estariam causando os problemas.

3.7.2.1 Projeto de melhoria para abastecimento

O abastecimento da Linha de Montagem é feito através de *kits* de produção distribuídos pelo centro de distribuição (CD) interno da fábrica. Os chamados *kits* de produção são todos os componentes necessários para a montagem de um modelo de sapato, os componentes são separados por modelo e por tamanho. Cada área antecessora à Linha de Montagem encaminha o estoque em processo para o CD, que por sua vez prepara os kits de produção e encaminha para a Linha de Montagem. Entretanto no CD não há uma sincronia entre a chegada dos componentes e a saída dos mesmos, o principal ponto a ser trabalhado é a montagem dos *kits* de produção para que chegue à linha o material certo e necessário. Além do que o CD também é responsável pela matéria-prima dos demais setores como *gliter*, cola, material para serigrafia e também o material de escritório e de limpeza utilizados pela área administrativa.

O abastecimento da Linha de Montagem é um caso peculiar porque ela não produz de maneira constante, ela produz modelo a modelo de acordo com o mix e com a quantidade estabelecida pelo Plano de Produção. Por exemplo, se o Plano de Produção designou que devem ser produzidas 30.000 unidades do modelo 1 e 25.500 unidades do modelo 3, a Linha de Montagem irá efetuar a montagem das 30.000 unidades do modelo 1 e em seguida efetuará o *setup* da esteira para montar 25.500 unidades do modelo 3 e assim sucessivamente para as 8 (oito) esteiras.

O problema do abastecimento dos kits pode ser resolvido para todos os modelos, pois demanda uma solução para o fluxo adotado no CD, que é aplicado a todos os modelos igualmente.

Assim uma solução viável seria uma mudança de *layout* e em conjunto um gerenciamento visual para o CD baseado nos modelos e não nos componentes. Hoje o *layout* adotado é por processo, ou seja, a organização é feita em função dos componentes (processos) e dentro da organização por componentes é realizada a nova organização por modelo semelhante ao *layout* da figura 9:

Figura 9 – *Layout* atual do CD

Palmilhas				Cabedais				Saltos e estruturas				Enfeites			
Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
CORREDOR															
Administração CD				Material tipo GGF: material de limpeza, material de escritório.								Material produtivo dos demais setores: Cola, gliter, material para serigrafia.			

Fonte: planta da empresa

A proposta seria para a mudança de um *layout* por processo para um *layout* por produto, semelhante ao mostrado na figura 10:

Figura 10 – Projeto do novo *layout* do CD

Modelo 1				Modelo 2				Modelo 3				Modelo 4			
Palmilhas	Cabedais	Saltos e estruturas	Enfeites	Palmilhas	Cabedais	Saltos e estruturas	Enfeites	Palmilhas	Cabedais	Saltos e estruturas	Enfeites	Palmilhas	Cabedais	Saltos e estruturas	Enfeites
CORREDOR															
Administração CD				Material tipo GGF: material de limpeza, material de escritório.				Material produtivo dos demais setores: Cola, gliter, material para serigrafia.							

Fonte: Criação própria

Ao trocar o modelo produzido na esteira é feito o *setup* da esteira que significa prepará-la para a produção do novo calçado. Entram os novos *kits* de produção, as máquinas são reguladas de acordo com os parâmetros do novo calçado e a velocidade da esteira é modificada de acordo com o *lead time* de produção do calçado.

Na maioria das vezes o *setup* é demorado devido à procura de máquinas que estão “perdidas” na fábrica ou de procedimentos que não estão claros para os operadores. E pela pressa de finalizar o *setup* da esteira alguns equipamentos não recebem a regulagem correta e causam problemas de qualidade na esteira,

Não há uma definição entre *setup* interno e *setup* externo de modo que as etapas são feitas de acordo com o bom senso do operador e não seguindo um procedimento padrão definido o que acarreta mais tempo e erros nas regulagens das máquinas.

O modelo 1 utiliza as máquinas: estufa *Flash*, geladeira, Forno de secagem e reativação, e prensa. A estufa *Flash* aquece os componentes do calçado para secar a cola permitindo a montagem dos mesmos, pois a cola úmida dificultaria a montagem correta porque uma vez que os componentes se tocassem a cola os fixaria e não seria possível terminar a montagem.

A geladeira possui a mesma função da estufa *Flash*, mas é utilizada para calçados que não podem ser submetidos a altas temperaturas pela natureza de sua estrutura. O forno de secagem

e reativação tem a função de reativar a cola seca após a montagem antes da prensa, e a prensa tem a função de garantir a colagem.

Seguindo a premissa da TRF o primeiro passo seria definir o que é setup interno e o que é setup externo

Definir o que é *setup* interno e externo:

Quadro 2 – Definição do *Setup*

Setup Externo	Ter todas as máquinas, ferramentas e procedimentos necessários à troca das máquinas e regulagem das mesmas.
Setup Interno	Abastecer os kits de produção e regular a velocidade da esteira e os parâmetros das máquinas.
Setup Externo	Verificar se a regulagem das máquinas está interferindo negativamente na qualidade do produto.

O passo seguinte seria converter o setup interno em setup externo diminuindo o tempo ocioso da produção:

Quadro 3 – Definição do *Setup*

Setup Externo	Abastecer os kits de produção
Setup Interno	Regular a velocidade da esteira e os parâmetros das máquinas.

Com a diminuição do setup interno haverá mais tempo para a regulagem das máquinas e poderá ser definido um padrão com base no tempo de regulagem o que também irá diminuir o tempo de setup.

3.7.2.3 Projeto de melhoria para erros do operador

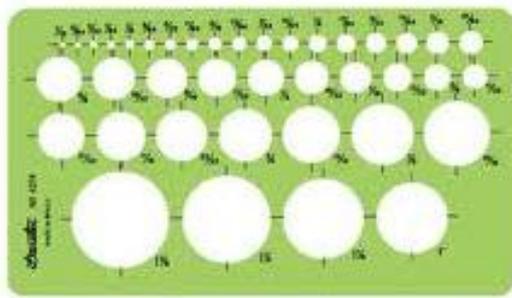
Durante as observações em campo foi constatado que os problemas relacionados a erros do operador, estão relacionados a dois pontos: despreparo operacional e a falta de atenção ao executar a tarefa.

A falta de atenção pode ser solucionada melhorando a motivação dos operadores através de programa e incentivos promovidos pelo setor de recursos humanos e pela gerência. O despreparo operacional pode ser solucionado por treinamento, mas apenas o treinamento não é suficiente para garantir a eficácia do operador.

Para os problemas de erros operacionais apresentados é possível desenvolver um *poka-yoke*, um dispositivo a prova de erros que resolverá definitivamente os problemas evitando que eles voltem a acontecer.

Desenvolver um *poka-yoke* de prevenção para o furo do sapato é algo bem simples. Na máquina será colocado um gabarito semelhante ao da figura 11 com a distância correta onde o furo deve ser feito. No gabarito estará escrito o nome do modelo onde o gabarito deve ser usado para que não haja confusão ou troca do gabarito.

Figura 11 – Exemplo de gabarito



Fonte: Art Camargo

Desenvolver um *poka-yoke* para o uso da cola é um pouco mais complicado, pois elaborar um dispositivo para dimensionar a quantidade correta de cola demanda mais trabalho por causa do estado líquido da cola.

Uma solução para o problema seria trocar a ferramenta com a qual a cola é passada no cabedal. Hoje a cola é passada nas palmilhas e no cabedal com uso de pincel, através do uso do pincel não é possível medir quanto de cola o operador pega com o pincel. Por outro lado trocando o uso do pincel por pistolas de cola quente que possuem uma vazão determinada é possível determinar a quantidade de cola utilizada. Será necessário apenas saber se o tempo necessário para colocar a quantidade de cola suficiente é o mesmo tempo que o operador dispõe para passar a cola.

3.7.2.4 Projeto de melhoria para peças fora de especificação

Um grande problema enfrentado pela Linha de Montagem é o grande número de componentes fora de especificação que chegam até a Linha, atualmente os componentes mais que mais apresentam esse problema são os rebites. Rebites são proteções colocadas nas pontas dos enfeites para proteger o usuário do sapato.

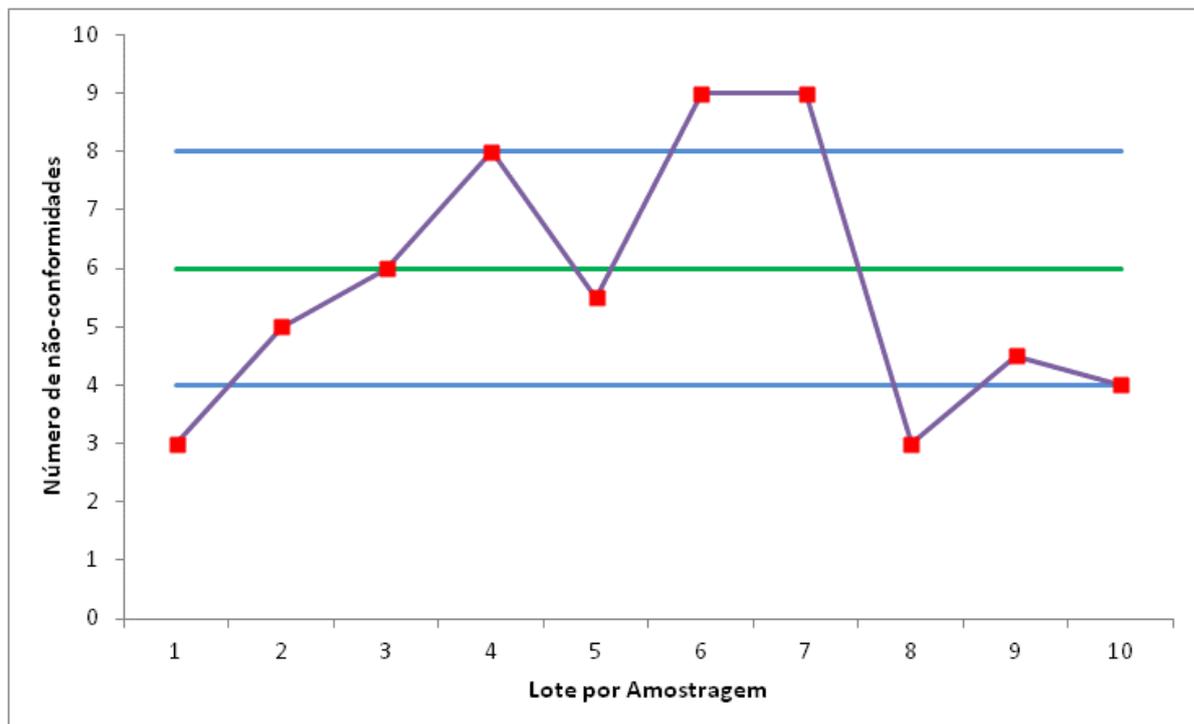
Para evitar que aconteça o erro do consumidor, ou seja, a aceitação de lotes não conformes e que componentes com defeito atrapalhem o processo de produção podem ser utilizadas as seguintes ferramentas: gráficos de controle e desenvolvimento de fornecedores.

O rebite possui 6 mm de diâmetro e 4 mm de comprimento. Existiria um gráfico de controle para cada um destes parâmetros.

Para o gráfico de controle do diâmetro a média seria 6 mm enquanto o limite superior de especificação seria 8 mm e o limite inferior de especificação seria de 4 mm, segundo o laboratório de desenvolvimento dos calçados seria o nível aceitável de variação no diâmetro do rebite.

Na figura 13 um exemplo de gráfico tipo P (defeitos por amostra) para o diâmetro:

Figura 12 – Exemplo de gráfico P (defeitos por amostra) para o diâmetro



Fonte: Criação própria

Analogamente, o gráfico de controle para o comprimento a média seria de 4 mm o limite superior de especificação seria de 6 mm e o limite inferior de especificação seria de 2 mm, segundo o laboratório de desenvolvimento dos calçados seria o nível aceitável de variação no comprimento do rebite.

A solução de monitoramento dos lotes por gráficos de controle é uma boa solução para diminuir os erros, mas não os elimina, pois está sujeito aos erros do consumidor e do produtor, ou seja, não garante que não entrarão lotes fora de especificação na fábrica e corre o risco de rejeitar lotes dentro da especificação.

Além disso, também demanda tempo e mão de obra para retirada de amostras de cada lote que o fornecedor enviar, mensuração e aprovação dos mesmos. Assim em longo prazo sugere-se que seja adotada uma política de desenvolvimento de fornecedores.

Para que a empresa desenvolva o seu fornecedor é fundamental uma relação de colaboração onde ambos compartilharão informações, assim alguma falha no processo produtivo do fornecedor poderá ser detectada e resolvida e será estabelecida uma relação de ganha-ganha, pois o fornecedor eliminará custos de qualidade e fornecerá os componentes dentro das especificações e a empresa eliminará a necessidade e os custos com inspeção.

Dependendo do sucesso dessa relação de colaboração, ela pode evoluir para um “*Vendor Manager Inventory*” (VMI) quando o fornecedor administra os estoques do comprador dentro de unidade fabril do comprador e elimina a necessidade de custos com pedidos de ressuprimentos, com departamento de compras e o fornecedor terá maior controle sobre sua demanda, pois ele mesmo saberá quando e quanto terá que fornecer.

4 CONCLUSÕES

Para sobreviver no mercado, conquistar clientes e manter-se competitiva a empresa deve ser eficiente, produtiva e satisfazer as pessoas que ela afeta, entres essas pessoas estão clientes, colaboradores e a sociedade como um todo.

Nesta linha de raciocínio a produção enxuta e o controle de qualidade total são ferramentas estratégicas para auxiliar as empresas a eliminar desperdícios, a construir uma cultura de melhoria contínua, a ser produtiva e eficiente para que ela possa obter vantagens para competitividade e possa se manter no mercado.

O trabalho desenvolvido mostrou como a aplicação das ferramentas dessas duas filosofias de produção pode auxiliar a identificar problemas, a diferenciar causas e efeitos, a focar nos problemas mais importantes através da estratificação, traçar caminhos para diminuir desperdícios, evitar erros e reduzir custos.

Com a aplicação dos conceitos de TRF, *Poka-yoke* e monitoramento por gráficos de controle, foi elaborado um projeto de melhoria para eliminar as perdas e assim reduzir as requisições de matéria-prima.

Observando o trabalho conclui-se que os objetivos definidos no início foram alcançados, porque foi descoberta qual área mais requisitava matéria-prima extra, foram descobertas quais as causas das requisições de matéria-prima de matéria-prima, e foi possível encontrar as causas-raízes a partir de então foram elaboradas soluções para eliminar as causas-raízes e eliminar as requisições de matéria-prima de matéria-prima. O quadro abaixo indica a relação dos objetivos e seus resultados.

Quadro 4 – Síntese dos objetivos traçados e resultados alcançados (continua)

Objetivos	Resultados
Pesquisar juntos aos indicadores da fábrica para descobrir qual dos setores produtivos é o que mais requisita matéria-prima extra.	A área que mais requisitava era a Linha de Montagem.
Descobrir quais as causas das requisições de matéria-prima extra.	Cabedal com excesso de cola, materiais diferentes dos utilizados no modelo, cabedal com defeito de injeção, parafuso fora da especificação do modelo, máquinas

Quadro 4 – Síntese dos objetivos traçados e resultados alcançados (continuação)

	operando de maneira errada, solvente insuficiente na esteira.
Acompanhar o processo produtivo em campo para descobrir quais desperdícios que estão ocorrendo.	Os desperdícios citados acima aconteciam devido: deficiência no abastecimento; máquinas desreguladas; erros dos operadores; peças fora de especificação.
Elaborar um projeto de melhoria com aplicação de ferramentas de produção enxuta e TQC para eliminar os desperdícios e reduzir as requisições à zero.	Projeto de melhoria elaborado no estudo de caso.

A partir das observações feitas durante o estudo seguem algumas sugestões de trabalhos futuros:

- Implementar mais ferramentas de produção enxuta, tais como manutenção produtiva total (TPM), produção nivelada, kaizen (melhoria contínua) e andon (sistema de controle visual) para criar um ambiente de excelência e retirar o vício de resolver problemas através do dispêndio de recursos ao invés de utilizar meios para eliminar as perdas;
- Internalizar nos operadores o conceito de qualidade e iniciá-los no conceito de qualidade total para que atuem todas as dimensões da qualidade e criem padrões de excelência.

REFERÊNCIAS

Art Camargo. Disponível em:

http://www.artcamargo.com.br/index.php?cPath=37_169_263_387&osCsid acessado em: 25.05.2012 às 17h:58min

CAMPOS, Vicente Falconi; **TQC - Controle Da Qualidade Total (No Estilo Japonês)**. Minas Gerais. Fundação Christiano Ottoni. 1992

COOPERATION – Melhoria de Processos. Disponível em: <http://cooperation.no.comunidades.net/index.php?pagina=1056664078> Acessado em: 25.05.2012 às 16h:40min

COSTA; Antonio Fernando Branco; EPPRECHT; Eugenio Kahn.; CARPINETTI; Luiz Cezar Ribeiro. **Controle Estatístico Da Qualidade**. 2ª edição. São Paulo. Editora Atlas. 2011.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Um Projeto De Pesquisa**. 4ª edição. São Paulo. Editora Atlas. 2002.

LIMA, Christiano Teixeira. **A Influência Da Produção Enxuta Nos Indicadores De Desempenho Das Empresas**. Monografia de especialização. Universidade Federal do Ceará. 2007.

MAIA, Renato de Albuquerque. **Aplicação Da Produção Enxuta Em Uma Célula De Manufatura Numa Indústria Calçadista**. Monografia. Universidade Federal da Paraíba. 2008.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas De Pesquisa**. 3ª edição. São Paulo. Editora Atlas. 1996

MAXIMIANO, Antonio Cesar Amaru. **Introdução À Administração**. 6ª edição. São Paulo. Editora Atlas. 2007.

MILLANI, Louisie Uhrigshardt. OLIVEIRA, Denir Renato. **Princípios da Produção Enxuta: Um Estudo Bibliográfico E Empírico Sobre As Contribuições E Limitações De Sua Implantação Nas Organizações**. In: VII SEGeT - Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. 2010.

NEUMANN, Clóvis. **Engenharia De Produção: Questões**. Rio de Janeiro. Elsevier Editora. 2011.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota De Produção – Além Da Produção Em Larga Escala**. Porto Alegre. Bookman. 1997, Reimpressão 2007.

PORTAL QUALIDADE BRASIL. Disponível em: http://www.qualidadebrasil.com.br/noticia/os_beneficios_do_poka_yoke. Acessado em: 28.05.2012 às 19h35min.

SHINGO, Shingo. **O Sistema Toyota De Produção: Do Ponto De Vista Da Engenharia De Produção**. Bookman. 2ª edição. 1996.

SHINGO, Shingo. **Sistema De Troca Rápida De Ferramenta – Uma Revolução Nos Sistemas Produtivos**. Porto Alegre. Bookman. 2000. Reimpressão 2008.

SLACK, Nigel; *CHAMBERS*, Stuart; *JOHNSTON*, Robert. **Administração da Produção**. São Paulo. Editora Atlas. 2002.

SOUZA, Mariana Rodrigues de. **Considerações Sobre A Implementação De Princípios De Construção Enxuta Em Construtoras De Médio Porte**. Monografia. Universidade Federal de Minas Gerais. 2010.

TACHIZAWA, Takeshy; *MENDES*, Gildázio. **Como Fazer Uma Monografia Na Prática**. 6ª edição. Rio de Janeiro. Fundação Getúlio Vargas Editora, 2001.

WOMACK, James. P.; *JONES*, Daniel. T. **A Mentalidade Enxuta Nas Empresas**. Campus. 1998.

ANEXO

ANEXO A - Fatores A₂, D₃, D₄ de acordo com o tamanho da amostra.

Tamanho da amostra	A₂	D₃	D₄
2	1,880	0	3,267
3	1,023	0	2,575
4	0,729	0	2,282
5	0,577	0	2,115
6	0,483	0	2,004
7	0,419	0,076	1,924
8	0,373	0,136	1,864
9	0,337	0,184	1,816
10	0,308	0,223	1,777
12	0,266	0,284	1,716
14	0,235	0,329	1,671
16	0,212	0,364	1,636
18	0,194	0,392	1,608
20	0,180	0,414	1,508
22	0,167	0,434	1,566
24	0,157	0,452	1,548

Fonte: *SLACK; CHAMBERS, 2002*