

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**O USO DA METODOLOGIA DMAIC PARA A  
IMPLEMENTAÇÃO DE CONCEITOS DE PRODUÇÃO  
ENXUTA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ANDRÉ HENRIQUE COMITRE DE OLIVEIRA OTAVIANO**

**Orientador: Prof. Dr. Antonio Freitas Rentes**

SÃO CARLOS  
DEZEMBRO 2010

**ANDRÉ HENRIQUE COMITRE DE OLIVEIRA  
OTAVIANO**

**O USO DA METODOLOGIA DMAIC PARA A  
IMPLEMENTAÇÃO DE CONCEITOS DE PRODUÇÃO  
ENXUTA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Escola de Engenharia de  
São Carlos da Universidade de São Paulo  
para a obtenção do título de Engenheiro de  
Produção Mecânica.

**Orientador: Prof. Dr. Antonio Freitas Rentes**

**SÃO CARLOS  
DEZEMBRO 2010**

## **Resumo**

OTAVIANO, A.H.C.O. O uso da metodologia DMAIC para a implementação de conceitos de Produção Enxuta. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 2010.

A implementação dos conceitos de produção enxuta, originários do Sistema Toyota de Produção, desenvolvido dentro da Toyota Motor Company no período pós segunda guerra mundial, vem ganhando grande espaço dentro das empresas. Junto com essa implementação surgiram algumas dificuldades principalmente relacionada à gestão do processo de implementação dos conceitos de Produção Enxuta.

O presente trabalho apresenta uma metodologia de implementação de conceitos de produção enxuta que tem por objetivo diminuir os obstáculos encontrados pelas empresas. A metodologia apresentada tem por base a já consagrada metodologia do DMAIC originária da teoria do Seis Sigma.

Para análise do comportamento da metodologia foi realizado um estudo de caso dentro de uma empresa do setor moveleiro que apresentava os problemas comumente combatidos pela Produção Enxuta como longos *Lead Times* e altos estoques.

Palavras-chave: Produção Enxuta, DMAIC, *Lean Seis Sigma*.

## **Abstract**

OTAVIANO, A.H.C.O. The use of the DMAIC methodology to implement the concepts of *Lean* Production. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 2010.

The implementation of the concepts of *Lean* production, originating from the Toyota Production System, developed within the Toyota Motor Company in the post Second World War, gaining space within large companies. Along with this implementation difficulties have arisen mainly related to management of the implementation of the concepts of *Lean* Production.

The present work presents a methodology of implementing *Lean* manufacturing concepts that aims to reduce barriers faced by companies. The methodology presented is based on the already established methodology of DMAIC originated the theory of Six Sigma.

To analyze the behavior of methodology was carried out a case study within a company in the furniture sector that presented the issues commonly addressed by *Lean* production such as long *Lead Times* and high inventories.

Key-words: *Lean* Production, DMAIC, *Lean Six Sigma*.

## **Lista de Figuras**

Figura 1: 4"p's" do Modelo Toyota.....	14
Figura 2: Composição das atividades em um fluxo de valor .....	16
Figura 3: Categorias de perdas .....	18
Figura 4: Funcionamento do Sistema Kanban de um cartão.....	21
Figura 5: Funcionamento do Sistema Kanban de dois cartões .....	22
Figura 6: Exemplo de Mapa de Fluxo de Valor .....	25
Figura 7: Seleção da Família de Produtos .....	26
Figura 8: Quadro de nivelamento da produção.....	28
Figura 9: Processamento em Fluxo Contínuo .....	30
Figura 10: Características de uma célula de produção.....	31
Figura 11: <i>Lean Seis Sigma</i> .....	41
Figura 12: Ciclo de implementação do DMAIC.....	45
Figura 13: Seqüência de ciclos de implementação da metodologia proposta .....	48
Figura 14: Estrutura de produto portas maciças.....	50
Figura 15: Exemplo de Porta Maciça .....	51
Figura 16: Estrutura de produto da linha de Portas Lisas.....	52
Figura 17: Exemplo de Porta Lisa pronta para o uso. ....	53
Figura 18: Exemplo de cronograma para a implementação do projeto. ....	54
Figura 19: Organograma da Equipe <i>Lean</i> formada dentro da empresa M1 .....	55
Figura 20: MFV Atual Portas Maciças .....	57
Figura 21:Diagrama de Spaguetti Atual.....	59
Figura 22: MFV do Estado Futuro .....	61
Figura 23: Diagrama de Spaguetti Futuro .....	62
Figura 24: Linha do tempo da realização de Eventos Kaizen.....	63
Figura 25: A3 Evento Kaizen 1 (Balanceamento de Células).....	64
Figura 26: A3 Evento Kaizen 1 (Supermercados) .....	65
Figura 27: A3 Evento Kaizen 2.....	67
Figura 28: A3 Evento Kaizen 3.....	69
Figura 29: A3 Evento Kaizen 4.....	71
Figura 30: <i>Checklist</i> de Sustentabilidade .....	73

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1: Avaliação dos pontos fortes e fracos da Produção Enxuta e do Seis Sigma .....	40
Tabela 2: Dados da movimentação de materiais .....	59
Tabela 3: Dados da movimentação de materiais (Estado Futuro).....	62

## **Lista de Gráficos**

Gráfico 1: Quantidade de portas produzidas .....	75
Gráfico 2: Produtividade no setor da montagem .....	75
Gráfico 3: Custo de Mão-de-Obra por unidade produzida - Montagem.....	76
Gráfico 4: Produtividade da Fábrica .....	76
Gráfico 5: Custo de Mão-de-obra da Fábrica por porta produzida .....	77
Gráfico 6: Performance de entrega 1 (percentual de entregas no prazo) .....	77
Gráfico 7: Performance de entrega 2 (Dias de atraso * Valor do pedido).....	78

## Sumário

Resumo .....	3
Abstract .....	4
Lista de Figuras.....	5
Lista de Tabelas .....	6
Lista de Gráficos .....	7
Sumário .....	8
1. Introdução .....	9
1.1 Objetivos .....	9
1.2 Contextualização e Justificativa.....	9
2. Revisão Bibliográfica.....	11
2.1 Produção Enxuta .....	11
2.1.1 Histórico .....	11
2.1.2 Filosofia.....	12
2.1.3 Atividades que Agregam valor e que Não agregam .....	14
2.1.4 Sete Perdas.....	16
2.1.5 Os Cinco princípios da produção enxuta.....	18
2.1.6 Ferramentas da Produção Enxuta.....	19
2.1.7 O Relatório A3.....	31
2.2 O Seis Sigma e a metodologia DMAIC .....	33
2.3 <i>Lean Seis Sigma</i> .....	37
2.4 A metodologia DMAIC aliada a Produção Enxuta .....	42
2.4.1 Estrutura da Metodologia .....	44
3 Estudo de Caso.....	49
3.1 Apresentação da empresa.....	49
3.2 Aplicação da Metodologia.....	53
3.2.1 Definir Escopo .....	54
3.2.2 Medir e Mapear Situação Atual .....	55
3.2.3 Analisar Situação Atual e Desenvolver Situação Futura. ....	60
3.2.4 Implementar Situação Futura. ....	62
3.2.5 Controlar o Processo.....	72
4 Resultados Obtidos.....	74
5 Conclusão .....	79
Referências Bibliográficas .....	80

## **1. Introdução**

Este trabalho foi realizado para a conclusão do curso de Engenharia de Produção Mecânica da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Apresenta um estudo que analisa a utilização da Metodologia DMAIC para a implementação de conceitos de Produção Enxuta.

A pesquisa foi realizada em uma empresa do ramo moveleiro do interior de Santa Catarina que apresentava longos *Lead Times*, grandes estoques, excesso de movimentação e muitos outros desperdícios dentro do fluxo de valor.

### **1.1 Objetivos**

Esse estudo objetiva a análise e a apresentação de uma metodologia de implementação de conceitos da Produção Enxuta para empresas de diversos setores. A partir de um estudo de caso em uma empresa do setor moveleiro definir quais são os passos para a implementação de conceitos da Produção Enxuta, além de definir quais ferramentas devem ser utilizadas e no momento certo e também avaliar os ganhos que a empresa terá ao atravessar essa transformação.

### **1.2 Contextualização e Justificativa**

Os preceitos da Produção Enxuta, originária do Sistema Toyota de Produção que consistem basicamente na eliminação de desperdícios através da melhoria contínua dos processos. Esses conceitos vêm ganhando força dentro das indústrias e empresas pois estas enxergam grande oportunidades de melhoria na utilização dos mesmos.

Mas como todo processo de transformação a implementação desses conceitos esbarram em barreiras dentro da própria empresa.

Segundo RENTES (2000) o processo de transformação se constitui de uma somatória de incertezas, diversos fatores que podem dar errado durante o processo

e por isso para o sucesso da transformação deve existir uma construção mútua de confiança.

RENTES (2000) ainda afirma que quando o desenvolvimento começa a não caminhar como o esperado as pessoas tendem a desistir e abandonar os seus objetivos, por isso se torna importante um processo de gestão da transformação.

Dentro desse aspecto encontra-se esse trabalho na busca de se apresentar uma metodologia que acompanhe e dê suporte para o processo de implementação de produção enxuta dentro das corporações.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1 Produção Enxuta

Ultimamente, vem ocorrendo uma grande jornada por parte das empresas objetivando atingir um nível de competição mais elevado. Para isso é preciso desenvolver soluções eficientes que possibilitem reduzir os *Lead Times*, racionalizar o consumo de recursos naturais, garantir a qualidade com o objetivo de superar os concorrentes e fidelizar os clientes, cada vez mais exigentes no mercado globalizado. Dentro desse contexto que surge a cultura da Produção Enxuta também conhecida como Sistema Toyota de Produção. A produção enxuta pode ser entendida como um sistema caracterizado por alguns itens: curto *Lead Time*, nível de qualidade elevado e garantido e racional utilização dos recursos, com a participação global da empresa, iniciando pela alta direção e gerência, atingindo os colaboradores que atuam direto nas máquinas, pois estes alcançam uma autonomia maior, e também com uma participação mais efetivada dos fornecedores, principalmente, na elaboração de novos produtos. (WOMACK; JONES; DANIEL, 1992).

#### 2.1.1 Histórico

Com o Japão arrasado depois do fim da Segunda Grande Guerra, a indústria japonesa também estava destruída precisando assim de algo diferente e inovador para conseguir vencer no mundo tão competitivo que estava se abrindo a sua frente. A vitória dos aliados e a quantidade enorme de material que foi necessária para essa vitória chamou a atenção dos industriais japoneses. Eles estudaram os métodos de produção americanos com uma atenção particular as práticas de Henry Ford e o Controle Estatístico da Qualidade, Edwards Deming e Joseph Juran. Dentro da Toyota Motor Company, Taichii Ohno e Shigeo Shingo com os estudos das técnicas citadas acima iniciaram a criação do que seria depois chamado de Sistema Toyota de Produção ou Produção Enxuta. Ohno e Shingo logo se deram conta que o operador tinha muito mais a oferecer do que somente força muscular e com essa

idéia iniciaram o ideal de trabalho em equipe e células de manufatura dentro da planta da Toyota Motor Company. Outra descoberta chave foi a percepção de que o sistema Ford não trabalhava com uma variação de produtos o que seria inviável para as novas diretrizes de mercado sendo assim por sugestão de Ohno, Shingo iniciou o seu trabalho na criação da metodologia de redução de setup. Esse início da criação do Sistema Toyota de Produção ocorreu entre os anos de 1946 e 1972.

Em 1990 Womack e Jones escreveram um livro chamado “A máquina que mudou o mundo”. Esse livro trouxe um grande estudo sobre a história da indústria automotiva e sobre as práticas japonesas, americanas e européias, popularizando também o termo produção enxuta. Com o lançamento de outro livro chamado “Mentalidade enxuta” Womack e Jones conseguiram definitivamente despertar o interesse do Ocidente sobre as práticas de Produção Enxuta.

O Brasil seguiu esse movimento ocorrendo inúmeras publicações sobre o tema, estudos de caso, conceitualização de boas práticas e até viagens de brasileiros para conhecer as plantas japonesas e japoneses prestando consultoria a fábricas no Brasil.

### **2.1.2 Filosofia**

Segundo SHINGO (1989) a produção enxuta é “um sistema de absoluta eliminação de desperdícios” e este destaca alguns princípios:

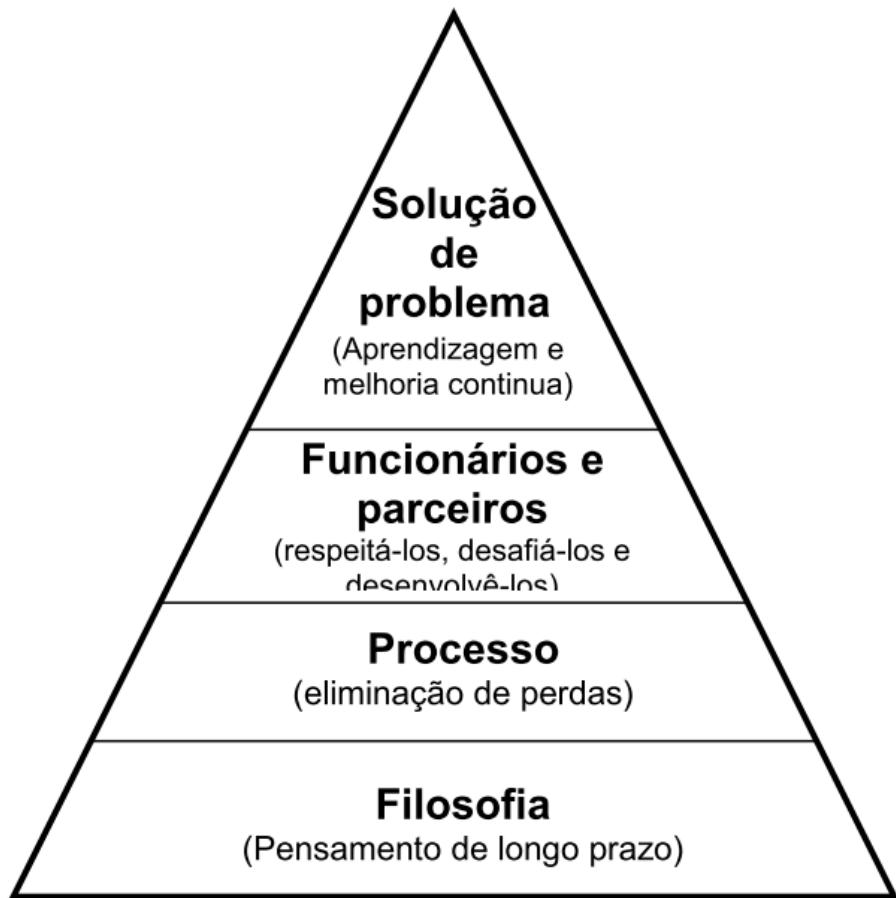
- Redução de custos pela diminuição de desperdícios – eliminar qualquer atividade que não agrega valor ao produto;
- *Just in Time* (JIT) – fornecer a peça certa na quantidade correta no momento exato da necessidade;
- Produção puxada – Início da atividade de produção somente com a confirmação da demanda;
- Redução dos tempos de *setup* – Agilidade na preparação da linha de produção, reduzindo assim o tempo na mudança de um produto;
- Eliminação de quebras e defeitos – Eliminação e monitoramento de problemas durante o processo produtivo;

- Nivelamento da produção (*Heijunka*) – Busca de um nivelamento entre a capacidade produtiva e o trabalho necessário a ser realizado;
- Automação – Dotar a máquina da capacidade de perceber que algum produto está sendo processado fora das especificações necessárias.

Em contrapartida LIKER (2005) dividiu a Produção Enxuta em 14 itens que podem ser agrupadas em 4 grandes categorias descritas abaixo:

- Filosofia de longo prazo
  - Basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo em detrimento das metas financeiras de curto prazo;
  - Processo certo nos levará a resultados certos
  - Realizar um processo em fluxo contínuo que evidencie os problemas;
  - Utilização de Sistemas Puxados;
  - Nivelamento da produção (*Heijunka*);
  - Idealização da cultura de se fazer certo na primeira vez;
  - Padronização das tarefas e capacitação dos colaboradores;
  - Gestão visual para evidenciar problemas;
  - Utilização de tecnologia confiável que atenda aos requisitos dos funcionários de da empresa;
  - Valorização da organização através do desenvolvimento de seus funcionários
    - Busca de líderes que compreendam a filosofia e a ensinem para os outros colaboradores;
    - Desenvolver equipes com grandes qualidades e que sigam a cultura da empresa;
    - Respeito e colaboração entre os parceiros e fornecedores;
  - Solução das causas raízes dos problemas estimulando o aprendizado organizacional
    - Observar a situação para compreender melhor (*genchi genbutsu*);
    - Processo de tomada de decisão avaliando todas as opiniões e variáveis, mas com agilidade na implementação;
    - Inserir na cultura da empresa a melhoria contínua e aprendizado através da reflexão incansável.

A Figura 1 evidencia esses princípios no âmbito da organização.



**Figura 1: 4"p's" do Modelo Toyota  
(LIKER, 2005)**

Finalizando, LIKER (2005) pressupõe que somente a implementação desses 14 conceitos não é suficiente para atingir o sucesso da Produção Enxuta dentro de uma organização. Para se alcançar os objetivos traçados com a Produção Enxuta deve-se cultivar a habilidade dos líderes da empresa, equipes e colaboradores com hábito de desenvolver e trabalhar com estratégia, e construir um relacionamento na base de negociações ganha-ganha com os fornecedores e parceiros além de manter uma cultura voltada para o aprendizado. No fundo deve-se implementar uma cultura de aprendizado e melhoria contínua.

### **2.1.3 Atividades que Agregam valor e que Não agregam**

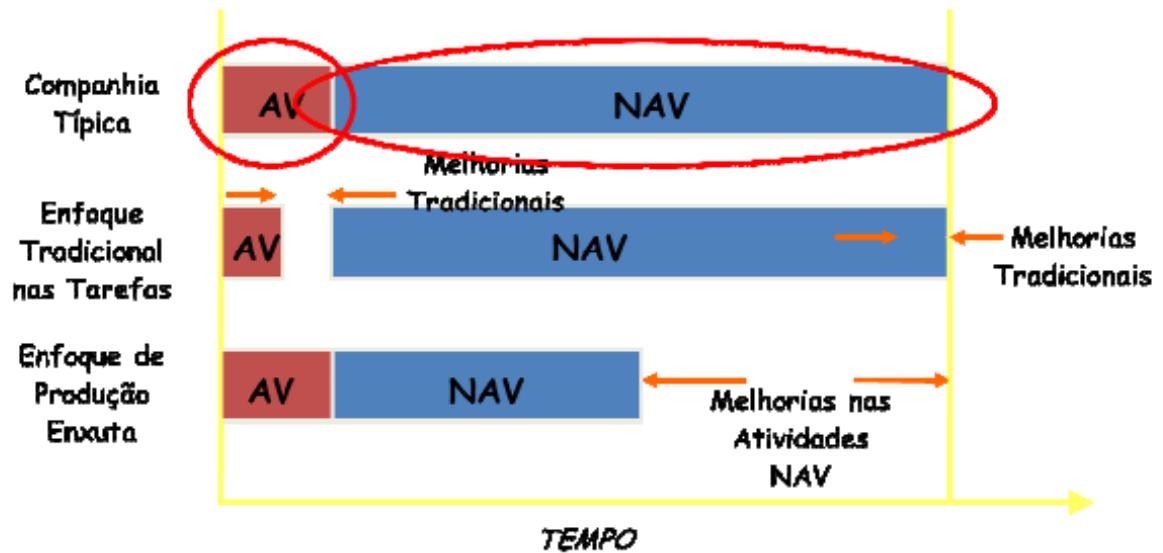
As atividades realizadas dentro de uma empresa podem ser divididas em três categorias de modo a se considerar a visão do cliente. Na visão do cliente algumas

atividades realizadas servem para aumentar o valor do produto final e algumas outras que não apresentam essa mesma finalidade. A terceira categoria pode ser determinada pelas atividades que não agregam valor ao cliente, mas que no estado atual do processo são necessárias e de extrema dificuldade e custo de serem removidas. HINES e TAYLOR (2000) propõe uma categorização dessas atividades. A denominação dessas três categorias encontra-se abaixo:

- **Atividades que agregam valor (AV):** São denominadas atividades que agregam valor aquela que os clientes estão dispostos a pagar, por exemplo, o tempo gasto em uma operação de montagem, o tempo gasto em uma operação de usinagem.
- **Atividades desnecessárias que não agregam valor (NAV):** São atividades que não agregam valor ao cliente final, na visão dos clientes essas atividades são desnecessárias por isso para eles não é necessário pagar por essas atividades, por exemplo, atividade de retrabalho, tempo de máquinas paradas por espera de matéria prima ou até mesmo por falhas do processo.
- **Atividades necessárias que não agregam valor (NAV):** São aquelas atividades já citadas que aos olhos dos clientes não agregam valor, mas devido às características do processo produtivo atual são de extrema dificuldade de serem eliminadas, por exemplo, movimentação devido a um *layout* inadequado ao fluxo de materiais.

Segundo HINES e TAYLOR (2000), nas empresas predomina o grupo de atividades que não agregam valor. Para locais de manufatura 5% do tempo gasto é com atividades que agregam valor, já para ambientes administrativos as atividades que não agregam valor giram em torno de 1% do tempo gasto. Desse modo para se obter um ganho maior de eficiência e redução de custos deve se priorizar a eliminação de atividades que não agregam valor, pois essas são a maioria do tempo gasto no processo produtivo.

Na Figura 2 é feita uma comparação entre o enfoque tradicional e o enfoque da produção enxuta (eliminação sistemática das atividades que não agregam valor) observando assim que o enfoque da produção enxuta aumenta muito mais a eficiência da empresa.



**Figura 2: Composição das atividades em um fluxo de valor (adaptado de HINES e TAYLOR, 2000)**

#### 2.1.4 Sete Perdas

Habitualmente na linguagem da Produção Enxuta, perda (MUDA em japonês), são operações que não agregam valor ao cliente final e portanto devem ser eliminadas. Segundo Ohno, apud GHINATO (2000), as perdas existentes no sistema de produção podem ser classificadas em sete grandes grupos, que seguem abaixo:

- Perda por superprodução (quantidade e antecipada);
- Perda por espera;
- Perda por transporte;
- Perda no próprio processamento;
- Perda por estoque;
- Perda por movimentação;
- Perda por fabricação de produtos defeituosos.

##### Perda por Superprodução

De acordo com GHINATO (2005) a perda por superprodução é a que mais prejudica o sistema produtivo e também a com maior dificuldade de ser eliminada. Ela pode ser classificada em duas, sendo (GHINATO, 2005):

- (a) Perda por produzir demais (superprodução por quantidade): ocorre quando é produzido mais do que é necessário.

(b) Perda por produzir antecipadamente (superprodução por antecipação): ocorre quando algo é produzido antes do seu momento necessário.

As perdas por superprodução são as mais perseguidas pela Produção Enxuta e a existência dessas perdas pode ocasionar todas as perdas seguintes.

### **Perda por Espera**

É o desperdício ocasionado com o tempo de espera por operador, fim do processo ou materiais. O lote fica “estacionado” à espera de sinal verde para seguir em frente no fluxo de produção.

### **Perda por Transporte**

O transporte por ser considerado uma atividade que não agrega valor para o consumidor final deve ser minimizado durante o processo. Excesso de movimentação dentro de fábricas e ambientes de armazém devido a um *layout* não otimizado são grandes fontes de desperdício dentro dos processos produtivos.

### **Perda no Próprio Processamento**

São etapas do processo que podem ser eliminadas sem mudar a característica final do produto. Assim como uma redução na velocidade no processo devido a ajustes fora dos padrões ou falta de manutenção necessária aos equipamentos.

### **Perda por Estoque**

É considerado como excesso de inventário, alto estoque de produto acabado e também de produtos em processo. Pode servir também para dar segurança a organização e mascarar problemas, como fluxo desbalanceado e alto tempo de *setup*.

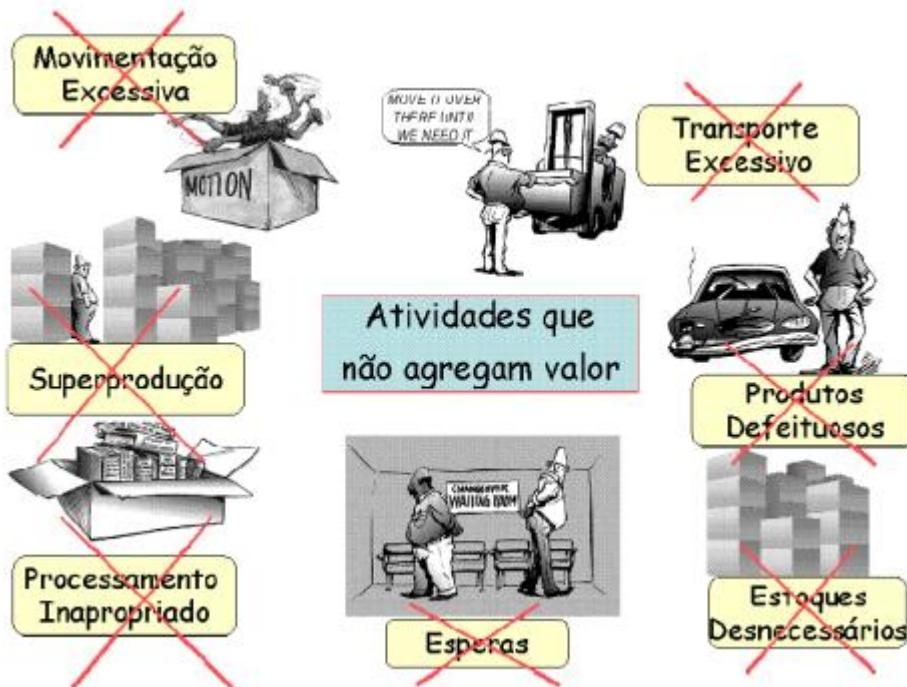
### **Perda por Movimentação**

Caracterizado como perda pela movimentação de pessoas que não agregam valor ao consumidor final, como procura por peças e ferramentas.

### **Perda por Fabricação de Produtos Defeituosos**

A produção de produtos com defeitos e que não atende as especificações necessárias tanto como o retrabalho de peças defeituosas podem ser considerados exemplo de perda por fabricação de produtos defeituosos.

Abaixo na Figura 3 temos uma representação gráfica das 7 categorias de perdas.



**Figura 3: Categorias de perdas**

(HOMINISS,2010)

De acordo com LIKER (2005) existe uma oitava perda que não vem sendo citada nas referências sobre Produção Enxuta, mas que deve ser considerada que é o desperdício de criatividade dos funcionários que por ter que ficar corrigindo os erros da produção não possuem tempo para trabalhar em melhoria e no seu próprio aprendizado.

### 2.1.5 Os Cinco princípios da produção enxuta

O sistema de produção enxuta vem sendo por muito tempo caracterizado como uma coleção de ferramentas de fácil implementação, mas por traz desse conjunto de ferramenta existe uma filosofia já citada nesse texto, no qual deve ser seguida para se atingir um alto grau de maturidade enxuta, WOMACK e JONES (1996) determinaram 5 princípios básicos para se conseguir sucesso em uma implementação do Sistema Toyota de Produção, os princípios estão listados abaixo na ordem correta que devem ser considerados:

- **Valor:**

Na produção enxuta diferente do que é comumente praticado quem define valor é o cliente, esse tem a total de capacidade de saber o que é realmente valor para ele e cabe a empresa satisfazer essa necessidade de valor e cobrar um preço específico para isso e assim manter a empresa funcionando e através de melhoria contínua conseguir aumentar sua margem de lucro, reduzindo custos e melhorando a qualidade.

- **Fluxo de valor:**

Um aspecto importante da produção enxuta é a identificação do fluxo de valor, isso quer dizer analisar todas as atividades desde a entrada da matéria-prima até a expedição do produto acabado e classificar essas atividades nas que agregam valor e não agregam e trabalhar sistematicamente na eliminação das atividades que não agregam valor, o que difere esse ponto da abordagem comum é olhar para o todo e não focar apenas em ótimos locais e sim no fluxo total de geração de valor.

- **Fluxo Contínuo:**

Após a eliminação dos desperdícios deve se prosseguir com iniciativas para dar fluidez ao processo, fazer com que o produto flua sem interrupções. Essa agilidade ao processo dará uma vantagem competitiva a empresa fazendo com que essa atenda as necessidades dos clientes com maior rapidez e agilidade.

- **Produção Puxada:**

A lógica da produção puxada é uma inversão dos sistemas produtivos atuais, estes trabalham “empurrando” os produtos e por várias vezes utilizam de promoções e descontos para esvaziar os estoques, a lógica puxada determina que o valor deve ser puxado pelo cliente e ser produzido somente quando este necessitar. Resumindo aonde não houver a possibilidade de se implementar fluxo contínuo deve se estabelecer sistemas puxados de produção.

- **Perfeição:**

O ideal de Perfeição deve ser o norte dos sistemas produtivos buscando a eliminação constante de atividades que não agregam valor e fazendo com que todos os integrantes da cadeia tenham visibilidade do fluxo de valor e possam atuar conjuntamente na eliminação sistemática de desperdícios.

## **2.1.6 Ferramentas da Produção Enxuta**

Abaixo segue um estudo sobre as ferramentas que são utilizadas para se atingir os objetivos determinados pela Produção Enxuta. As ferramentas estudadas estão listadas abaixo:

- Kanban
- *Kaizen* (Melhoria Contínua)
- Mapa de Fluxo de Valor
- Fluxo Contínuo

### ***Kanban***

Dentro das empresas e de locais com implementação do Sistema Toyota de Produção comumente ocorre um erro ao se identificar o Kanban como todo o Sistema Toyota de Produção, mas o Kanban deve ser encarado como uma ferramenta, um dos pilares do STP o qual possibilita o funcionamento do sistema puxado. Para SHINGO (1996) se pessoas fossem perguntadas sobre a definição do Sistema Toyota de Produção a maioria cerca de 80% responderia que é um sistema Kanban para 15% seria um sistema de produção e a menor parte cerca de 5% poderia responder com precisão o que é o STP. Desse modo Shingo explica que “O Sistema Toyota de Produção é 80% eliminação das perdas, 15% um sistema de produção e apenas 5% o kanban”.

Para MARCHWINSKI e SHOOK (2003) kanban pode ser considerado um sistema de aviso que libera a produção ou para a retirada em um fluxo de valor regido por sistema puxado.

Kanban é a palavra japonesa que significa “cartão”, “aviso”, “sinal”, e tem como função limitar e controlar a quantidade que deve ser produzida. Assim, podemos notar também um controle maior dos estoques, os estoques ficam restritos ao número máximo de cartões. NAZARENO (2008) cita que para ocorrer a produção ou retirada de peças de um processo ou estoque, somente no momento que existir um cartão que autorize essa ação e na quantidade determinada por esse cartão.

Para NAZARENO (2008) podemos normalmente encontrar em um ambiente de produção puxada dois tipos de sistemas kanban, um que funciona com um cartão

e outro que funciona com dois cartões, as explicações encontradas no texto desses dois sistemas seguem abaixo.

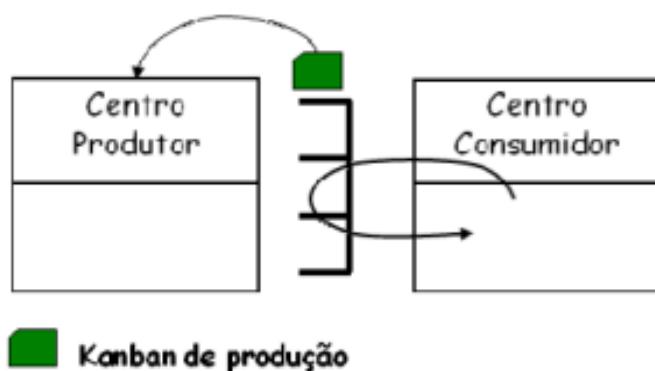
#### **Sistema Kanban de um cartão:**

Nesse sistema existe apenas um ponto de supermercado, geralmente próximo ao processo consumidor. Com o andar da produção o supermercado vai sendo consumido, com o fim de um contenedor o cartão desse contenedor deve ser colocado em um posto de coleta de cartões kanban.

Em um período já pré-definido ocorre a coleta desses cartões que são enviados ao quadro do processo produtor. A existência de cartão no quadro do processo produtor é o sinal e os itens referentes aos cartões devem ser produzidos nas quantidades determinadas pelo cartão.

Com o fim da produção desses itens, o cartão retorna ao contenedor e os dois seguem para o supermercado do processo consumidor para reiniciar o ciclo.

A Figura 4 abaixo simboliza o funcionamento desse sistema de um cartão.



**Figura 4: Funcionamento do Sistema Kanban de um cartão**

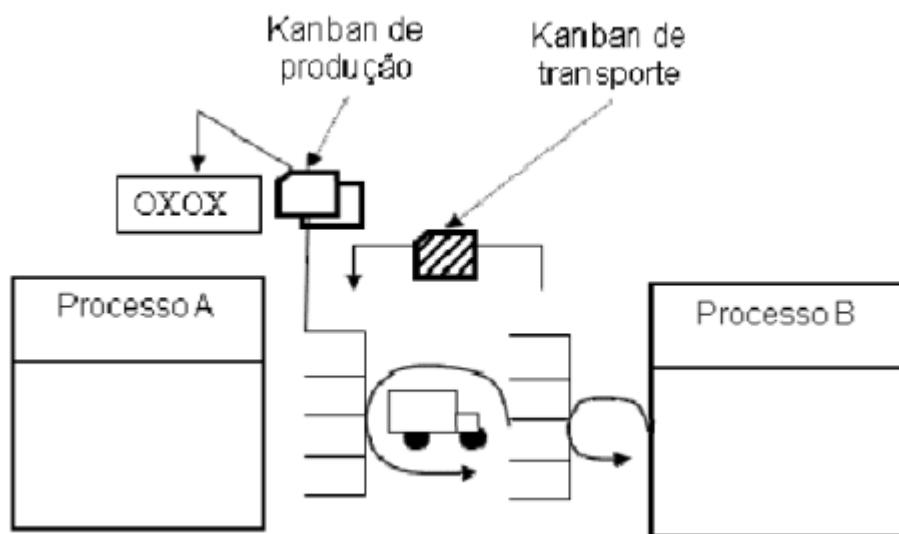
**(NAZARENO, 2008)**

#### **Sistema Kanban de dois cartões:**

Nesse sistema ocorre a existência de dois supermercados, um localizado próximo ao processo cliente e outro localizado próximo ao processo produtor.

A dinâmica desse sistema é a seguinte: conforme ocorre a produção do processo cliente esse consome do seu supermercado, esse consumo libera os cartões desse supermercado, geralmente um cartão de retirada, formando o que seria uma lista de compras do que deve ser retirado do supermercado do processo produtor. Quando os contenedores do supermercado do processo produtor ficam vazios esse cartão de produção é disparado iniciando um ciclo igual ao que ocorre no sistema de um cartão que termina com o reabastecimento do supermercado.

A Figura 5 mostra o funcionamento do funcionamento do sistema de kanban com 2 cartões.



**Figura 5: Funcionamento do Sistema Kanban de dois cartões  
(NAZARENO, 2008)**

### *Kaizen*

Ghinato (2000) classifica o *Kaizen* como uma melhoria contínua e incremental dos processos numa incessante busca por eliminar os desperdícios, promovendo um uso racional dos recursos agregando assim mais valor ao produto com menos utilização de recursos. Ghinato (2000) também enfatiza a utilização do método PDCA de Deming que permite uma padronização do processo e assim alcança uma estabilidade aos ciclos de melhoria.

Para FALCONI (1992) o kaizen significa qualquer mudança feita dentro da empresa que visa a melhoria contínua. O kaizen tem o objetivo fundamental de eliminar as causas raízes que ocasionam resultados não conformes através da introdução de novas idéias e conceitos.

Para IMAI (1990) os dez mandamentos do evento Kaizen são:

- Eliminação total dos desperdícios
- Melhoria contínua e gradual
- Envolvimento de todo o pessoal, gestores e operadores
- Baixos investimentos, intenso uso da criatividade
- Não é exclusividade da cultura oriental
- Uso de gestão visual, para facilitar a detecção de problemas
- Foco no local de agregação de valor
- Orientado para os processos
- Priorização das pessoas e foco numa nova mentalidade de trabalhar
- Trabalhar no sentido da aprendizagem organizacional

Para PERIN (2005) um evento kaizen se estabelece através de uma equipe treinada e focada que realiza uma melhoria relevante em um processo específico, com uma curta duração de tempo. Durante o evento a equipe é treinada e após esse treinamento realiza uma análise da situação atual, desenvolve uma situação futura e trabalha diretamente para que se atinja essa situação futura. Para se realizar um bom evento as equipes devem conter integrantes de áreas diferentes dentro da empresa e do processo em questão, pois essa diversidade irá trazer um olhar diferente para a situação atual o que pode levar a excelentes idéias de situação futura. Outro ponto importante para o sucesso do evento é a necessidade do apoio incondicional da alta gerência.

### ***Mapa de Fluxo de Valor***

Para ROTHER & SHOOK (1999), fluxo de valor é o conjunto de todas as atividades que agregam valor ou não necessárias para fazer com que um produto siga por todos os fluxos necessários, por exemplo, o fluxo de produção que se inicia

na chegada da matéria-prima e se estende até o consumidor final e o fluxo do projeto de produto que tem início na concepção e termina no lançamento.

Nesse contexto se encaixa a necessidade do mapeamento de fluxo de valor seguindo os fatores listados por ROTHER & SHOOK (1999):

- Torna possível uma visão total do fluxo e não somente uma visão de processos que não se relacionam entre si.
- Facilita a identificação de desperdícios
- Unifica a linguagem na hora de se tratar de processos
- Torna o debate entre todas as pessoas envolvidas mais fácil além de aumentar a visibilidade das decisões.
- Constitui-se de um documento que é base para o plano de implementação da produção enxuta.
- Constitui-se de uma importante ferramenta, pois consegue unir e mostrar as relações do fluxo de informação com o fluxo de materiais.

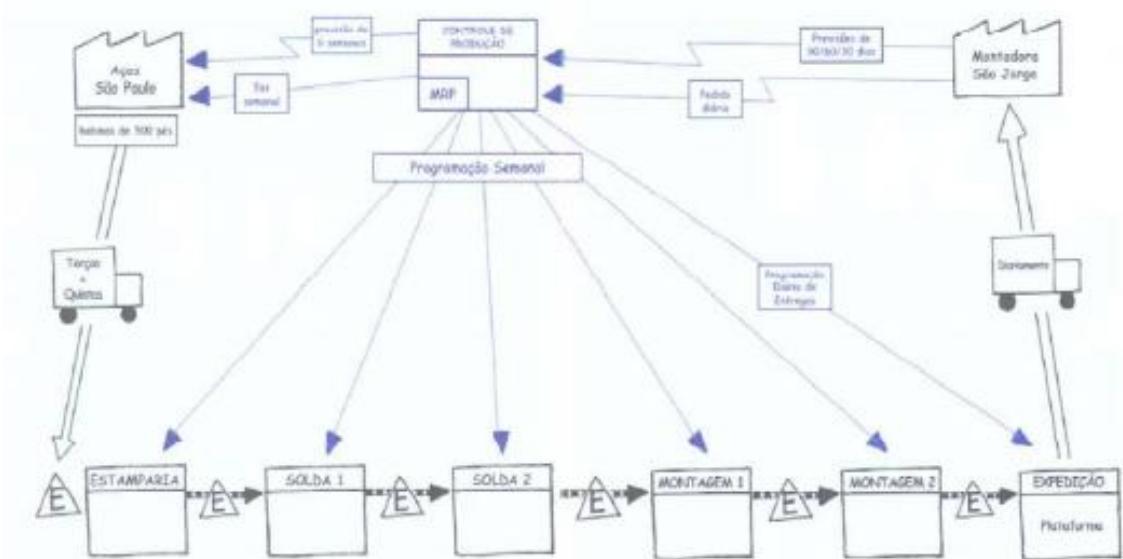
De acordo com STEFANELLI (2007), para se transcorrer com a aplicação do método do Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV), considerando apenas a planta da fábrica, obtendo assim uma visão do estado atual, primeiramente deve ser escolhida uma família de produtos, sendo assim selecionar produtos que passam pelos mesmos processos em máquinas iguais, e seguir o trajeto que o produto percorre desde a entrada na planta até ao término do fluxo a entrega ao cliente. Com isso deve ser possível representar de forma gráfica os processos do fluxo de material e de informação e assim visualizar as fontes de desperdício.

Para ROTHER & SHOOK (1999), para se desenhar o mapa do estado atual deve se utilizar dados retirados diretamente do chão de fábrica e conforme as idéias do estado futuro forem aparecendo destacá-las, para assim com essas informações desenhar o mapa do estado futuro. Segundo os autores não há porque obter um mapa de estado atual sem um mapa de estado futuro de modo que o mapeamento de fluxo de valor deve servir como mapa do projeto de implementação de produção enxuta.

No MFV existem alguns símbolos padrão que deve ser utilizados com o objetivo de unificar a linguagem do projeto e devem ser utilizados nos mapas de estado atual e futuro.

Deve ser realizada uma coleta pessoa e direta no chão de fábrica para a realização do mapa, os dados a serem coletados serão explicados na seqüência desse texto.

A Figura 6 abaixo mostra um exemplo de Mapa do Estado Atual elaborado seguindo as recomendações feitas acima.



**Figura 6: Exemplo de Mapa de Fluxo de Valor  
(ROTHER & SHOOK, 1999)**

Como dito anteriormente para se iniciar o mapeamento do fluxo de valor deve ser determinar uma família de produtos em ROTHER & SHOOK (1999) pode se encontrar um método para a obtenção da família de produto define-se família de produtos o conjunto de produtos que passam por processos semelhantes e utilizam de equipamentos comuns. A Figura 7 mostra a seleção de uma família de produtos (A, B e C) que apresentar cinco processos iguais.

PRODUTOS	Etapas de Montagem & Equipamentos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A	X	X	X	X	X	X		
B	X	X	X	X	X	X		
C	X	X	X		X	X	X	
D		X	X	X		X	X	
E		X	X	X			X	X
F	X		X		X	X	X	
G	X		X		X	X	X	

**Uma Família de Produtos**

**Figura 7: Seleção da Família de Produtos  
(ROTHER & SHOOK, 1999)**

Após a determinação da família de produtos deve-se seguir com a coleta de dados como dito anteriormente, os dados a serem coletados são importantes para ser feita uma correta avaliação da situação atual e da futura.

Estes dados são determinados por ROTHER & SHOOK (1999) e são conhecidas como métricas *Lean*, os dados estão definidos abaixo:

- Tempo de Ciclo (T/C):

Definido como o intervalo entre a saída de dois produtos consecutivos em um processo.

- Tempo de agregação de valor (TAV)

É o tempo gasto em atividades que realmente agregam valor ao cliente e este paga por elas.

- *Lead Time* (L/T)

É o tempo total que uma peça demora em um processo específico ou em todo o fluxo de valor.

Outros dados também devem ser levantados como: tempo de setup, disponibilidade, estoques e dados dos fornecedores e da demanda são importantes para o MFV.

Com o mapa do estado atual em mãos devemos partir para a construção do mapa do estado futuro, ROTHER & SHOOK (1999) determinaram algumas recomendações que devem ser levadas em conta no momento de se desenhar o mapa do estado futuro. As recomendações estão listadas abaixo:

- **Produzir de acordo com o takt time:**

O takt time é determinado como o ritmo em que os produtos estão sendo consumidos, portanto no estado futuro deve-se produzir no mesmo ritmo do takt time evitando assim a perda da superprodução já citada nesse texto. Para se obter o takt time deve se dividir o tempo disponível para a produção pela demanda referente a esse período.

- **Implementar o fluxo contínuo em todos os pontos que for possível:**

O fluxo contínuo possibilita um fluxo de valor mais balanceado, com maior velocidade de resposta além de diminuir os estoques em processo.

- **Onde não for possível estabelecer fluxo contínuo estabelecer supermercados:**

A utilização de supermercados e kanban constituem o que se chama de sistema puxado de produção, fazendo com que o processo anterior só produza o que realmente foi consumido pelo processo cliente.

- **Determinar processo puxador:**

Este processo será o único que receberá a programação e deve ser o ultimo processo a ser gerenciado por supermercados, os processos após esse devem estar em fluxo contínuo.

- **Mandar ordens niveladas para o processo puxador:**

Com o mix de produção nivelado no processo puxador se obtêm uma resposta melhor ao cliente devido ao fato de se fazer lotes menores, mas essa iniciativa exige um trabalho de redução do tempo de setup.

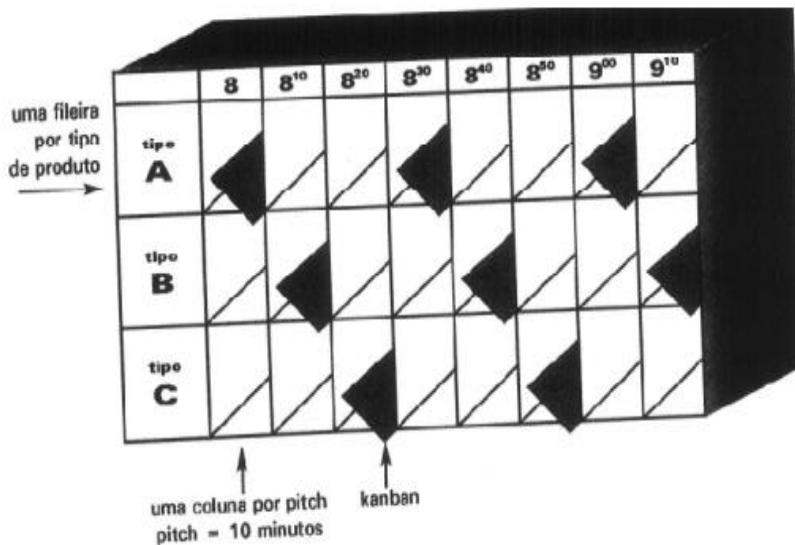
- **Estabelecer um incremento de trabalho pequeno e uniforme no processo puxador:**

Do mesmo modo que deve ocorrer o nivelamento da produção deve se ocorrer o nivelamento do volume de produção, o que melhor a resposta as variações do cliente.

Em ambientes enxutos para se nivelar o mix e o volume de produção normalmente se utiliza o Heijunka Box, que nada mais é que um quadro onde se mostra o que deve ser produzido no processo puxador.

Em cada intervalo pitch existe um produto a ser produzido, o intervalo pitch é obtido pela multiplicação do takt time pela quantidade de produtos na embalagem.

A Figura 8 mostra um exemplo de Heijunka Box:



**Figura 8: Quadro de nivelamento da produção.  
(ROTHER & SHOOK, 1999)**

- **Desenvolver a habilidade de fazer “toda parte todo dia”:**

Em todos os processos anteriores ao puxador deve se criar a habilidade de fazer “toda parte todo dia”, o TPT (“toda parte todo...”) mostra a freqüência que um tipo deve ser processado, ou seja,

demonstra o tempo que demora do início de produção de um item e até ele ser produzido novamente, quanto menor o TPT menores lotes são produzidos.

Com o mapa de estado futuro em mãos devemos seguir com as implementações e iniciativas que nos guiarão até o estado futuro, essas implementações geralmente são realizadas através de Eventos Kaizen.

### ***Fluxo Contínuo***

Um dos pontos mais importantes da produção enxuta e que vem causando maior impacto na empresas por onde a teoria vem sendo aplicada é a implementação de fluxo contínuo.

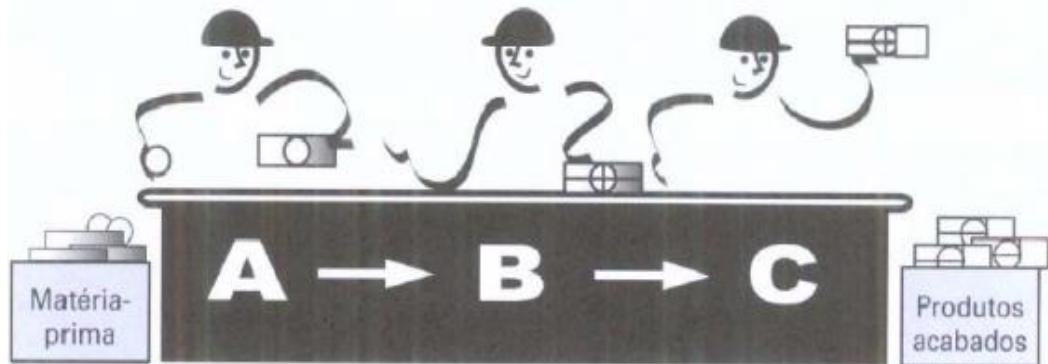
Com a percepção das empresas que com a utilização dessa ferramenta elas garantem uma resposta mais rápida ao cliente e uma redução enorme de desperdícios, essa ferramenta vem ganhando muita importância.

A definição de ROTHER & HARRIS (2001) de fluxo contínuo consiste no processamento e movimentação unitária dos itens, ou seja, um por vez ou em lotes pequenos, ao longo dos processos necessários para a obtenção do produto final. Na etapa antecessora somente é realizado o que a etapa seguinte necessita. O fluxo contínuo também é conhecido por fluxo de uma peça ou fluxo de uma só peça (one-piece flow).

O fluxo contínuo pode ser utilizado tanto em linhas de produção e montagem, como em células manuais ou automatizadas.

O diferencial do fluxo contínuo é que esse permite que a peça percorra o seu processo de operação continuamente sem a ocorrência de paradas, esperas, estoque, movimentação e transporte eliminando assim grande parte dos desperdícios listados pela Toyota que estão listados nesse texto.

Abaixo temos a Figura 9 que mostra um fluxo contínuo sendo utilizado.



**Figura 9: Processamento em Fluxo Contínuo**

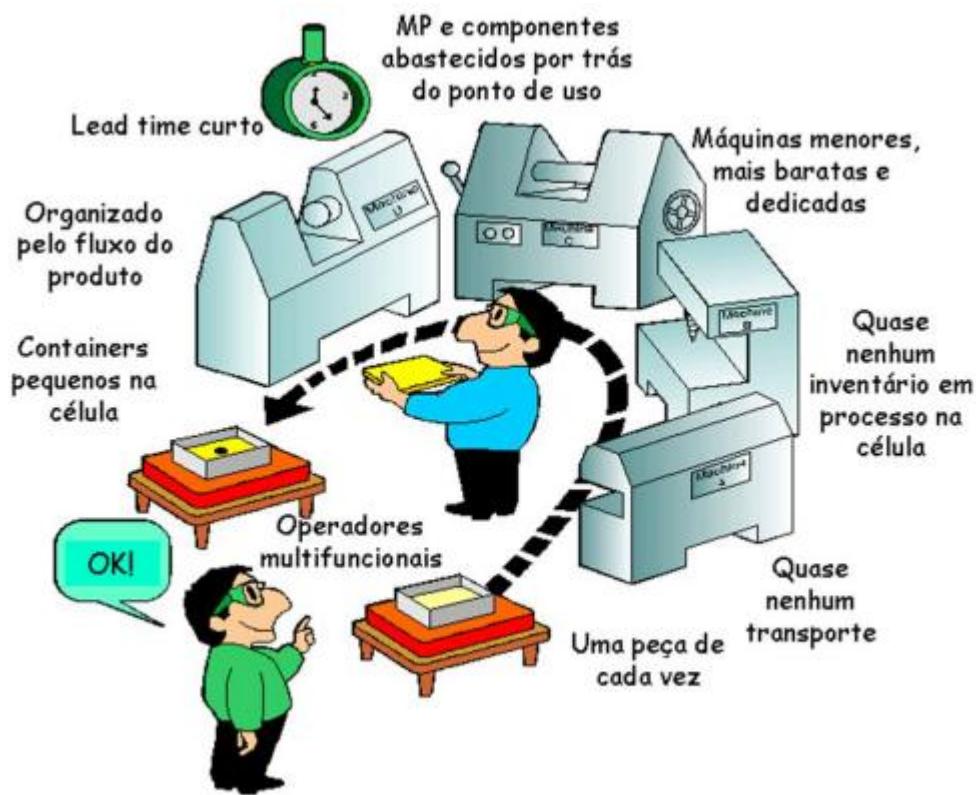
(LEAN ENTREPRISE INSTITUTE, 2007)

Com a implementação de fluxo contínuo a tendência é que as máquinas fiquem mais próximas e na maioria das vezes em formato de “U”, o que é comumente chamada de células de produção, levando a uma redução da área física.

Para ROHTER & HARRIS (2001), um célula é constituída de um arranjo de pessoas, máquinas, materiais e procedimentos de um modo que os passos de processamento estão próximos e em uma ordem seqüencial, na qual possibilita o processamento em fluxo contínuo.

O *layout* físico mais comumente usado para a implementação de fluxo contínuo é o formato em “U” mas outros formatos são possíveis.

A Figura 10 nos mostra quais são as principais características presentes em uma célula de produção.



**Figura 10: Características de uma célula de produção.**

Para Silva (2007) um grande avanço no fluxo contínuo que pode também ser observado é a possibilidade de rápida e fácil detecção de problemas e defeitos na célula, pois o consumo das peças ocorre quase que imediatamente.

### 2.1.7 O Relatório A3

Para SOBEK & JIMMERSON (2006) o relatório A3 é uma ferramenta utilizada dentro da Toyota Motor Company com três fins básicos: encontrar soluções para problemas existentes, relatório de andamento de projetos e apresentar a coleta de informações. Os autores também atribuem ao A3 o sucesso do programa de melhoria contínua dentro da Toyota, pois esse permite resoluções rápidas e estruturadas de problemas.

O Relatório A3 recebe esse nome, pois é desenvolvido em um papel de formato A3. O relatório tem que ser desenvolvido num sentido já pré-estabelecido de cima para baixo, da esquerda para a direita.

Um Relatório A3 deve conter as seguintes informações respectivamente: Tema & Contexto, Condição Atual, Analise da Causa Raiz, Condição Alvo, Plano de Implementação, Indicadores e Relatório de Resultados.

O Tema deve conter uma descrição do problema e focar em informações relativas ao problema e não em uma solução particular do problema.

A Condição Atual pode ser considerada a mais importante dentro do Relatório A3, deve conter um diagrama representando a situação atual, pode conter mapas de fluxo de valor, gráficos, informações textuais, tudo que seja importante para se entender a situação atual do processo que o problema abordado ocorre. O sucesso do processo de resolução de problema depende muito de como a situação atual é entendida.

Com o conhecimento da Condição Atual já se tem em mãos informações suficientes para se determinar a causa raiz do problema em questão. Nesse momento então pode se montar a Analise da Causa Raiz que comumente é feita através da técnica dos “5 porquês”, essa técnica diz que ao se perguntar 5 vezes seguidas porque ao problema muito provavelmente se chegará a causa raiz do problema.

A Condição Alvo deve ser desenhada após o entendimento completo dos problemas, da situação atual e da causa raiz, deve conter as mesmas informações da Condição Atual, pode ser expressa também por meio de mapas, gráficos e textos e deve ser de fácil compreensão.

O Plano de Implementação pode ser considerado um passo a passo de como atingir a Condição Alvo e deve citar os responsáveis por cada atividade, geralmente se utiliza de Eventos Kaizen como plano de implementação das melhorias.

Os Indicadores mostrados no A3 servem para mostrar como a situação melhorou, provar que a situação nova é melhor que a antiga e devem ser estruturados de forma precisa, mostrando como será de fato a nova realidade.

O Relatório de Resultado tem a função de avaliar se realmente o que foi proposto nas atividades anteriores está acontecendo, se as previsões feitas estão se tornando realidade.

Segundo SOBEK & JIMMERSON (2006) os benefícios referentes ao A3 devem a sua simplicidade, o que possibilita que qualquer pessoa participe do processo de resolução do problema, além de fazer com que os que estão diretamente envolvidos no problema e por consequência entendem mais do processo, participem de todo do processo de resolução do problema tornando assim a ferramenta extremamente poderosa.

## ***2.2 O Seis Sigma e a metodologia DMAIC***

Para ROTONDARO (2002) o Seis Sigma pode ser considerado como uma metodologia com estrutura definida que tem foco na melhoria contínua dos processos de produção e com isso acarreta em uma melhora na qualidade.

ZINKGRAF (2007) determina que o Seis Sigma foca na redução contínua da variabilidade do processo, ou em uma definição estatística diz que “um processo seis sigma é aquele no qual é rara a presença de uma variação fora das especificações”.

A teoria Seis Sigma surgiu dentro da Motorola nos anos 80, a teoria surgiu com o objetivo de a Motorola atingir níveis altos de qualidade para conseguir competir num mercado cada vez mais competitivo. Com o sucesso da Motorola nessa jornada, algumas outras empresas lançaram os olhos para a teoria, por exemplo, IBM, Kodak, etc. Com o apoio dessas empresas a Motorola acabou por criar o Six Sigma Academy que acabou por facilitar a disseminação da teoria por diversas empresas.

O objetivo prático da teoria Seis Sigma é levar os processos a níveis quase nulos de defeitos ou muito próximos de zero, mas o custo para alcançar esses níveis baixíssimos de defeitos pode inviabilizar o projeto, por isso WAXER (2005) determina que mais importante que atingir esse nível de qualidade o fundamental é

a filosofia prega pelo Seis Sigma que é a busca pela melhoria da capacidade do processo.

Por se tratar de uma ruptura no procedimento normal dentro da empresa, para se prosseguir com um projeto de Seis Sigma é necessária a formação de uma hierarquia específica para a execução desse projeto além de total apoio da direção, ECKES (2001) determina que os principais integrantes dessa hierarquia são:

- Champion: interessado no sucesso da empresa e da implementação do Seis Sigma, alto nível hierárquico e total conhecimento da ferramenta.
- Master Black Belt: é o que detém maior domínio da teoria, apresenta conhecimento das ferramentas e métodos estatísticos utilizados. Deve apresentar habilidade de comunicação e ensino pois deve prestar auxílio aos Black Belts.
- Black Belt: são os principais responsáveis pela implementação do projeto e devem estar ativamente ligados ao desenvolvimento do projeto, além de ter conhecimento em métodos estatísticos e controle da teoria.
- Green Belt: trabalham no auxílio do Black Belt na condução do projeto além de trabalhar intensamente na coleta de dados.

Junto com a hierarquia caminha lado a lado com o Seis Sigma sua metodologia de implementação amplamente conhecida como DMAIC, com suas 5 fases (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). Como outros métodos de melhorias o DMAIC é apoiado no PDCA (Plan, Do, Check e Action) de Deming.

Para HAHN (2000) cada fase da metodologia pode ser associada a uma ação e segue uma ordem cronológica dentro do processo de raciocínio:

A primeira etapa que se apresenta é Define (Definir) na qual devemos escolher o processo que será analisado e melhorado, estabelecer pré-requisitos e metas a serem alcançadas.

No fim dessa fase alguns esclarecimentos devem ser alcançados como: a equipe deve estar plenamente alinhada ao objetivo do projeto, o conhecimento das funções que cada um da equipe deve desenvolver dentro do projeto e também

importância desse projeto para a empresa. Um ponto importante a se ressaltar é que todos na equipe devem ter interesse na execução e sucesso do projeto.

Com esse entendimento das necessidades do cliente e da clara hierarquia e separação de funções dentro do projeto, deve se fazer um estudo da situação atual que consiste na próxima fase.

Na seqüência passamos para a etapa Measure (Medir) aonde é feito um mapeamento da situação atual, dos processos e determinadas às variáveis a serem analisadas e controladas.

Nessa fase é importante ressaltar e avaliar como será realizada a coleta de dados e também trabalhar desenvolvendo e avaliando o comportamento do Sistema de Medição de Desempenho utilizado.

A seguir partimos para Analyze (Analizar) na qual se deve identificar as causas raízes dos problemas encontrados e também aonde se deve construir uma visão futura a ser alcançada.

Nesse momento para o sucesso do projeto deve se utilizar fortemente ferramentas estatísticas para analisar os dados coletados na etapa anterior.

Após a identificação das causas raízes dos problemas pode-se até retornar a fase anterior para se fazer uma nova coleta de dados focando diretamente as causas raízes dos problemas identificados.

Algumas ferramentas utilizadas nessa fase são: testes de hipóteses, diagrama de causa e efeito, etc.

A penúltima fase a ser realizada é Improve (Melhorar ou Implantar) nessa etapa tendo em mãos todos o problemas e dados coletados nas etapas anteriores deve se desenvolver soluções para os problemas encontrados, com intenso uso da criatividade trabalhando para que as soluções encontradas tenham baixo custo.

Para se obter novas soluções amplas e inovadoras é importante a constituição de uma equipe multidisciplinar para o trabalho de se desenvolver as novas soluções.

Além de desenvolver as soluções nessa fase também se deve implementar e testar essas novas soluções. É aconselhável para o sucesso da implementação a utilização de técnicas de gerenciamento de projeto.

WERKEMA (2002) afirma que se o objetivo não for atingido nessa fase deve se retornar a fase de Medir do DMAIC e reiniciar o processo fazendo assim um maior aprofundamento de todos os passos realizados até o momento e com isso atingir o objetivo. Caso o objetivo seja atingido deve-se seguir com as implementações e a fase subsequente do DMAIC.

Por fim temos a fase Control (Controlar) o principal objetivo dessa fase é manter o que foi construindo durante as fases anteriores.

Para se manter, deve se criar mecanismos de controle para monitorar os processos que foram tratados durante a implementação.

Passo importante dessa fase também é se documentar e padronizar as responsabilidades de cada área e os recursos para se manter o que foi implementado trabalhando conforme o planejado.

De acordo com HARRY (1998), o Seis Sigma estabelece uma melhoria sustentável, pois além dos novos procedimentos desenvolve uma cultura de melhoria, capacita os colaboradores em novas técnicas, consegue disseminar idéias inéditas dentro da organização, tudo isso com o foco no aumento da fatia do mercado da empresa, melhora nos índices de rentabilidade e aumento da satisfação do cliente. Ainda com o seu foco nas medições dos resultados e metas consegue levar o desempenho da empresa a níveis de perfeição que antes eram considerados inalcançáveis .

Para HARRY e SCHROEDER (2000) como a implementação de Seis Sigma possibilita um conhecimento ampla do processo isso possibilita uma seqüência de mudanças estratégicas pois até mudanças drásticas a ajustes simples se tornam extremamente facilitadas e ágeis. Já DEFEO (1999) defende que se os princípios forem implementados correta e profundamente ocorre um efeito cascata de melhorias com aumento da motivação dos funcionários, desenvolvimento organizacional além do natural aumento da produtividade.

BLAKESLEE (1999) mostra alguma recomendações e características que um projeto de implementação de Seis Sigma deve ter para se obter sucesso:

- O projeto deve ter um líder que conduza firmemente o processo.
- Deve se alinhar as iniciativas com as estratégias e métricas existentes.
- Deve se ter um claro conhecimento do negócio, saber exatamente para onde o projeto deve caminhar.
- O projeto deve ter um ganho financeiro real.

Já SNEE (2000) mostra alguns pontos que o Seis Sigma supera outras metodologias:

- Foco na visão dos clientes para definir os objetivos
- Defini claramente qual é o objetivo a se atingir com o projeto
- Criação de uma hierarquia clara e treinada para conduzir o projeto
- Visão de projeto para a condução das melhorias
- Uso de diversas ferramentas combinadas
- Forte utilização de métodos estatísticos

### **2.3 Lean Seis Sigma**

Pode ser considerado como *Lean Seis Sigma* a integração resultante dessas duas teorias o Seis Sigma e a Produção Enxuta (*Lean*). Essa integração é realizada através da junção dos pontos forte das duas teorias. Essa união torna o *Lean Seis Sigma* uma estratégia muito mais ampla e mais forte para a resolução de problemas e para a condução da melhoria contínua.

Para GEORGE (2002) a base do *Lean Seis Sigma* consiste em focar nas atividades que mais contribuem negativamente para os atrasos, pois essas apresentam maiores oportunidades de ganho em custo, qualidade e *Lead Time*.

De acordo com QUEIROZ (2007) a união das duas teorias traz muito mais benefícios para empresa do que a utilização isolada, pois ocorre a união dos pontos fortes das duas teorias.

A seguir será feita uma análise dos pontos positivos e negativos referentes ao *Lean* e ao Seis Sigma com o objetivo de se obter os pontos mais importantes no momento da integração das duas teorias.

### **Pontos Fortes e Fracos**

#### **Seis Sigma**

FERNANDES e RAMOS (2006) apresentam alguns pontos fortes como o foco no ganho financeiro, todo projeto deve apresentar um ganho real financeiro, a utilização do DMAIC é um diferencial pois é a utilização de uma metodologia estruturada para a resolução dos problemas, a postura de se enxergar a resolução dos problemas como um projeto com início e fim, além da hierarquia de implementação do Seis Sigma (Champion, Master Black Belt, etc.) que potencializa o poder da teoria. Como pontos negativos os autores também citam que um excesso de rigor na utilização do DMAIC pode acabar por amarrar o processo de resolução de problemas, como também a hierarquia apesar de potencializar o processo acaba por excluir algumas pessoas que estão em contato direto com o processo que poderiam ajudar com idéias inovadoras na resolução dos problemas e por fim diferente da produção enxuta que analisa o fluxo inteiro o Seis Sigma analisa apenas um processo e com isso pode trabalhar para atingir o ótimo local em detrimento do ótimo global.

#### **Produção Enxuta**

Já para a Produção Enxuta FERNANDES e RAMOS (2006) apontam como pontos positivos a separação de atividades que agregam e não agregam valor e o foco na eliminação das atividades que não agregam valor, devido a utilização do Mapa de Fluxo de Valor a produção enxuta utiliza de uma visão geral do fluxo podendo assim focar no ótimo global e por fim a utilização de Eventos Kaizen pois são iniciativas de curta duração mas que implementam melhorias rapidamente. Como pontos negativos a citar temos a pouca utilização de dados e ferramentas específicas estatísticas na condução da análise do problema, um certo simplismo no

momento de se tratar o Sistema de Medição de Desempenho e não um foco forte no ganho financeiro que o projeto irá ter como ocorre no decorrer de um projeto Seis Sigma.

Os autores também citam um ponto fraco em comum as duas teorias que seria tratar a implementação das duas simplesmente pelo viés da redução de custos, o que leva ao uma visão menor do processo e pode levar a se perder algumas oportunidades de melhorias.

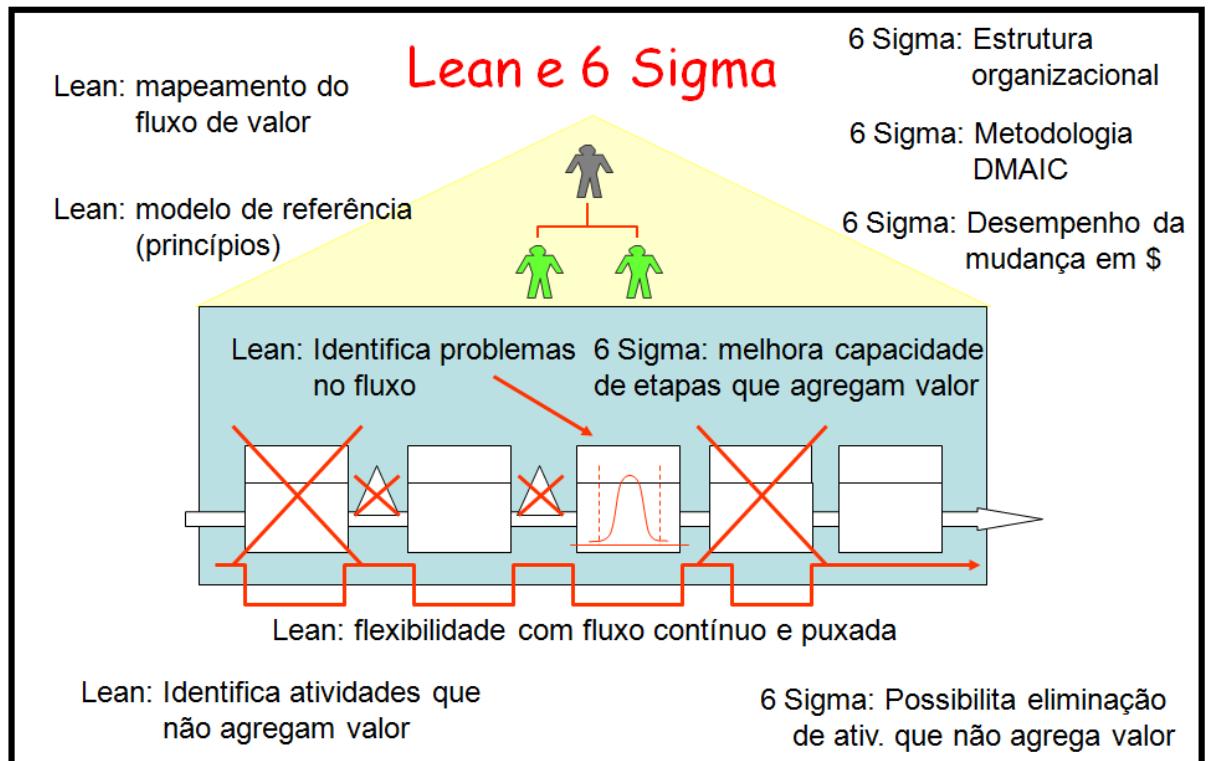
A Tabela 1 a seguir apresenta os pontos fortes e fracos levantados acima.

**Tabela 1: Avaliação dos pontos fortes e fracos da Produção Enxuta e do Seis Sigma  
(FERNANDES e RAMOS,2006)**

	<b>Pontos Fortes</b>	<b>Pontos Fracos</b>
<b>Seis Sigma</b>	Medição do impacto financeiro de cada projeto no lucro da empresa – Demonstra o alinhamento com a estratégia	Uso excessivo de coleta de dados e ferramentas estatísticas pode atrasar o projeto e desperdiçar recursos
	Metodologia padronizada para resolução dos problemas – DMAIC, com uso intensivo de ferramentas estatísticas	Estrutura de Black Belts pode ficar distante da organização e ser considerada elitista
	Estrutura do DMAIC facilita o treinamento	Visão estreita sobre o Seis Sigma como apenas um programa de Qualidade ou um programa para Redução de Custos.
	Abordagem por Projeto – definição clara de objetivos, responsáveis e prazos	Por delimitar bem o escopo do projeto, podem ocorrer otimizações locais em detrimento de otimização de todo o processo.
	Sustentação dos resultados devido a uso de Plano de Controle e Revisões Periódicas dos projetos, após seu término	Pode ser usado somente com o objetivo de otimizar o processo e não melhorar o valor para o cliente.
<b>Lean</b>	Estrutura de suporte e treinamento (Black Belts, Máster Black Belts, Green Belts e Champions)	
	Foco na eliminação de desperdícios em todo o processo e na geração de valor para o cliente levam a maior retorno sobre investimento e relacionamento duradouro com o cliente	Melhorias não atreladas diretamente aos impactos financeiros e objetivos estratégicos da empresa.
	Melhorias na cadeia de valor inteira, focadas no cliente	Faz pouco uso de análise de dados e ferramentas estatísticas.
	Utilização de kaizen para melhorias – ferramentas simples, ação rápida e grande envolvimento das pessoas	Grande quantidade de ferramentas pode confundir a empresa e desperdiçar recursos e credibilidade se usada a ferramenta que não traz tanto resultado
		Visão estreita sobre o <i>Lean</i> como apenas um programa para Redução de Custos

Resumindo podemos dizer que a Produção Enxuta é criticada as vezes pelo seu simplismo ao analisar os dados e o Seis Sigma também é criticado pela sua complexidade estatística ao se analisar as informações mostrando claramente que um filosofia resultante da união dessas duas vertentes será muito mais poderosa dentro da organização.

Essa união das duas teorias pode ser facilmente entendida pela Figura 11 proposta por RENTES (2007) adaptada de Cristina Werkema.



**Figura 11: Lean Seis Sigma**

(RENTES,2007)

A filosofia resultante apresenta os pontos apresentados na Figura 11, começaremos apresentando as contribuições da Produção Enxuta seguida das do Seis Sigma.

As contribuições da Produção Enxuta consistem na utilização do mapeamento do fluxo de valor para se obter uma visão geral do fluxo além de se poder visualizar a maioria das oportunidades de melhoria através da identificação de problemas e interrupção do fluxo de valor, a utilização de uma seqüência de princípios e recomendações presentes na Produção Enxuta que já determinam a superioridade de algumas ferramentas em relação as outras sem a necessidade de um estudo demorado para se identificar qual a melhor ferramenta para o sistema, seguido pode vim do olhar diferenciado da Produção Enxuta em atividades que agregam valor e que não agregam valor e trabalhar para a identificação das atividades que não agregam valor ao cliente final.

Já do Seis Sigma podemos retirar a instituição de uma hierarquia focada na resolução de problemas, a utilização da metodologia DMAIC para se acompanhar e

gerir o processo de mudança, a melhoria na capacidade do processo podendo esse até ser mais rápido, pode-se trabalhar para a eliminação de atividades que não agregam valor, redução na variabilidade do processo e por fim um importante enfoque que é crucial para a gestão da mudança é o foco nos ganhos financeiros reais pois facilitam o convencimento de toda a organização da importância do projeto de melhoria.

## **2.4 A metodologia DMAIC aliada a Produção Enxuta**

Como citado anteriormente a utilização do DMAIC na implementação de preceitos *Lean* é de suma importância para o sucesso das melhorias implementadas a empresa de consultoria Hominiss propõe uma adaptação da metodologia DMAIC para a utilização em projetos de implementação de produção enxuta. A metodologia será apresentada na continuação desse trabalho sendo proposta anteriormente uma breve discussão sobre a gestão da mudança e a importância da utilização de uma metodologia.

MONTANA & CHARNOV (1998), definem a mudança como um processo de transformação principalmente do comportamento de um indivíduo ou de uma empresa. Os autores ressaltam a importância de que ocorram mudanças planejadas e alinhadas a estratégia da empresa não apenas mudanças ao acaso ou quando são necessárias.

SANTOS (2003) determina que a mudança exige que os integrantes da organização transformem as maneiras habituais de trabalho e comportamento, cabe aos líderes que geralmente ocupam os cargos de gerência aprimorar os relacionamentos entre estrutura, tecnologia e pessoas dentro da organização, e também garantir meios para que o novo padrão de comportamento seja mantido e continue efetivo. Para o autor a verdadeira mudança ocorre quando não ocorrem retrocessos a modelos antigos de comportamentos quando o modelo novo apresentar algumas dificuldades.

De acordo com SANTOS (2003) o problema da gestão da mudança é que na maioria das vezes a transformação acaba por esbarrar em alguns paradigmas

organizacionais e culturais, que por serem atributos consolidados dentro da organização acabam afetando negativamente a transformação se tornando barreiras intransponíveis para que os integrantes da organização possam atuar como agentes ativos da mudança organizacional.

Como dito anteriormente que transformação é o ato de se deixar para trás velhos comportamentos, os paradigmas organizacionais e culturais funcionam como amarras desses comportamentos na situação atual, bloqueando as pessoas no momento de agir de forma transformadora.

Para SANTOS (2003) para se obter sucesso deve-se em primeiro momento atuar sobre as pessoas fazendo com que esses integrantes tenham condições ambientais, pessoais e técnicas para colaborar e gerir de forma eficiente o processo de mudança.

O objetivo central no momento de se criar uma metodologia de implementação principalmente de um sistema de produção enxuta é a eliminação de perdas, que será alcançada de maneira muito mais sustentável se for feito através do desenvolvimento das pessoas, o que fará que os processos de mudança se prolonguem ao longo dos anos.

SANTOS (2003) determina alguns pilares básicos para o sucesso e manutenção do processo de transformação:

- Estratégia

A implementação do sistema de produção enxuta deve estar diretamente alinhada a estratégia da organização. Esse alinhamento será fundamental para o sucesso da implementação.

- Aprendizado

Como dito anteriormente para se ter sucesso na implementação do sistema de produção enxuta deve-se dotar os integrantes do processo de habilidades técnicas e comportamentais para suportar o processo de transformação. Essas competências só serão alcançadas através do aprendizado contínuo.

- Equipes

Durante um processo de transformação observa-se que é muito importante a constituição de equipes de trabalho, pois com isso se torna mais fácil absorver as pressões da mudança e o aprendizado também se torna otimizado.

- Comprometimento

Como a implementação de um sistema de produção enxuta se trata de uma mudança radical dentro da organização, essa só terá êxito se existir o comprometimento de todos os integrantes do processo desde a alta direção que geralmente é a disparadora do movimento de implementação até aos operadores de máquina que são os responsáveis pelo funcionamento e manutenção do novo sistema de produção.

- Disciplina

Dada a origem oriental do sistema de produção enxuta é latente a necessidade de disciplina para o sucesso do projeto, desde a fase de implementação e durante toda a vida da empresa principalmente a disciplina na busca pela melhoria contínua.

Para SANTOS (2003) um ponto importante a ser observado é a real compreensão que qualquer que seja a metodologia, por melhor e mais estruturada que seja essa é apenas um caminho e como tal deve ser encarada. Metodologias podem e devem ser questionadas, revisadas, alteradas e se preciso abandonadas a partir do momento que não se provarem como as mais adequadas para serem atingidos os fins para os quais foram desenvolvidas.

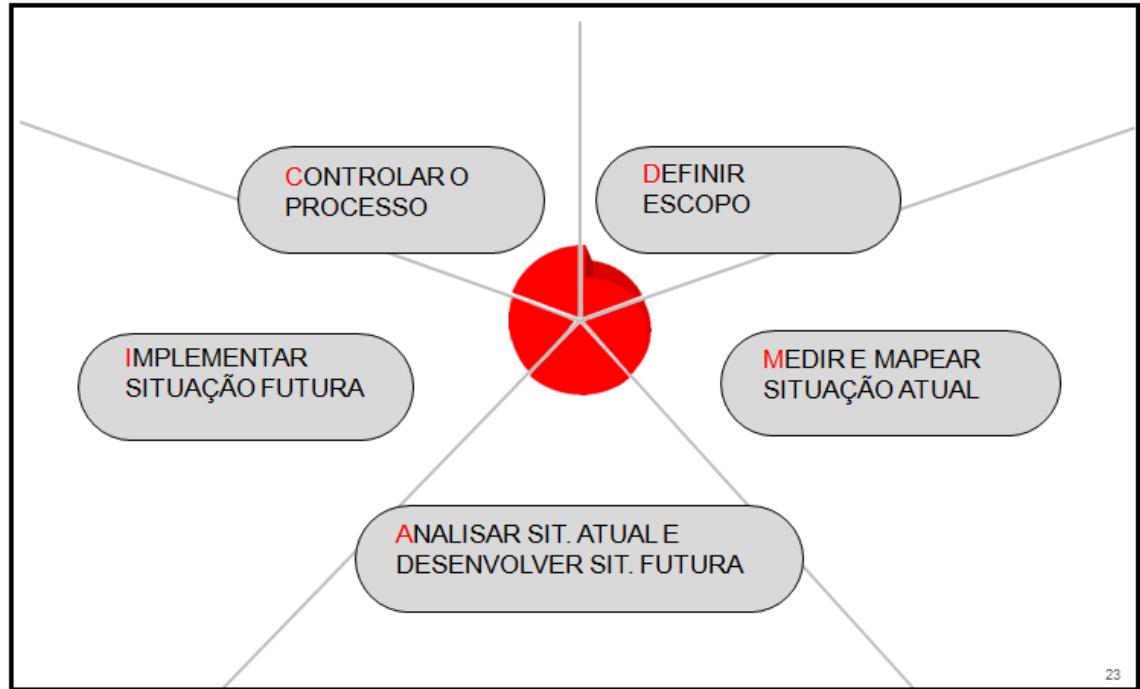
Do mesmo modo que algumas falhas dentro da estrutura da metodologia não podem servir de escudo ou desculpas para o insucesso de uma gestão de mudança.

#### **2.4.1 Estrutura da Metodologia**

A metodologia apresentada nesse estudo foi desenvolvida dentro da empresa de consultoria HOMINISS CONSULTING, situada em São Carlos, e é o resultado de sua vasta experiência em implementação de sistemas de produção enxuta em indústrias de diversos segmentos.

A metodologia proposta para a implementação de produção enxuta é baseada no DMAIC metodologia já citada na revisão bibliográfica desse texto.

A Figura 12 exemplifica a seqüência de um ciclo de implementação do DMAIC.



**Figura 12: Ciclo de implementação do DMAIC  
(HOMINISS, 2010)**

A seguir segue um estudo com o modelo proposto que explica cada fase e as atividades e ferramentas inerentes a fase correspondente.

#### **Definir Escopo:**

Essa fase consiste na definição do escopo do projeto, definição e identificação da família de produto a ser considerada no projeto, montar o time de execução do projeto e definir o papel de cada membro (patrocinador, coordenador e líderes de área, e por fim conduzir alguns treinamentos em princípios de produção enxuta e mapeamento de fluxo de valor (estado atual).

#### **Medir e Mapear a Situação Atual:**

Essa fase se refere ao mapeamento de informações essenciais sobre o processo de manufatura e o projeto. Algumas informações relevantes são:

- Indicadores de desempenho do projeto
- Custo
- Qualidade
- *Lead Time*
- Confiabilidade de entrega

Algumas atividades que devem ser realizadas nessa fase são:

- Elaborar o mapa de fluxo de valor do estado atual de cada família de produto que deve conter: demanda, informações sobre o produto (tempo, quantidade, rotas, etc), fluxo de informação atual e sistema de controle da produção.
- Elaborar o *layout* do estado atual
- Desenhar o diagrama de spaghetti (desenho que mostra o caminho percorrido pelos componentes até o produto final dentro da planta)
- Identificar as restrições, os requisitos e dados para o *layout* atual

Durante a execução dessa fase é de suma importância o conhecimento da ferramenta de mapa de fluxo de valor, já citada nesse texto.

#### **Analizar situação atual e desenvolver situação futura:**

Esta fase consiste no processamento e análise dos dados coletados no passo anterior.

Ainda com a utilização da ferramenta do mapeamento do fluxo de valor e das recomendações de ROTHER & SHOOK (1999) deve-se elaborar um mapa de estado futuro.

Esta fase ainda contém:

- Treinamento em projeto e planejamento do estado futuro
- Elaboração do mapa de estado futuro

- Elaboração do *layout* futuro
- Elaboração do diagrama de spaghetti futuro
- Identificar as causas raízes dos problemas
- Criar recomendações para o desenvolvimento do estado futuro
- Definir estado futuro a ser implementado
- Definir metas e objetivos a serem atingidos com o estado futuro

### **Implementar situação futura:**

Essa fase consiste no detalhamento das atividades de implementação, formação do grupo de colaboradores, nessa fase a implementação é feita através de Eventos Kaizen.

Essa fase inclui as seguintes atividades:

- Definir e validar as melhorias do estado futuro
- Definir grupos de implementação e plano de implementação
- Detalhar as melhorias com a definição dos recursos para a implementação
- Treinar os responsáveis pela implementação nas ferramentas em que estarão em maior contato
- Realizar Eventos Kaizen

### **Controlar o processo:**

Essa fase consiste nos esforços de se manter as melhorias alcançadas nas etapas preliminares, o que inclui:

- Padronizar documentos e operações
- Monitorar indicadores de desempenho
- Desenvolver planos de controle envolvendo *checklists* e auditorias de sustentabilidade

A Figura 13 mostra a seqüência de rodadas da metodologia e o seu contínuo aprimoramento.



**Figura 13: Seqüência de ciclos de implementação da metodologia proposta  
(HOMINISS, 2010)**

É importante ressaltar que a metodologia proposta assume um formato de ciclo no qual depois da realização do primeiro ciclo, os estados futuros atingidos se tornam os estados atuais dos ciclos seguintes fazendo com que o ciclo de melhoria continue sempre acontecendo atingindo assim a melhoria contínua tão importante dentro dos sistemas de produção enxuto.

## **3 Estudo de Caso**

### ***3.1 Apresentação da empresa***

O estudo de caso desta monografia foi realizado em uma empresa localizada na cidade de Caçador, no interior do estado de Santa Catarina.

Os dados e as informações que constituem esse estudo de caso foram adquiridos devido ao projeto elaborado por uma equipe de melhoria da própria empresa auxiliada por consultores da empresa Hominiss Consulting, empresa de consultoria especializada em implementação de projetos de produção enxuta localizada em São Carlos, cidade do interior do estado de São Paulo. Esse projeto de implementação de produção enxuta na empresa ocorreu durante o ano de 2010.

A empresa em questão é de grande porte, com 60 anos no mercado e conta com aproximadamente 1200 funcionários. A empresa atua no setor madeireiro e moveleiro e atende o mercado externo e interno.

Além de sua matriz em Caçador – SC a empresa ainda conta com mais duas filiais que atuam na parte de marcenaria e como representantes comerciais, uma em Jacarezinho – PR e outra em São Paulo – SP.

Os principais produtos fabricados são portas, batentes, guarnições, esquadrias e painéis.

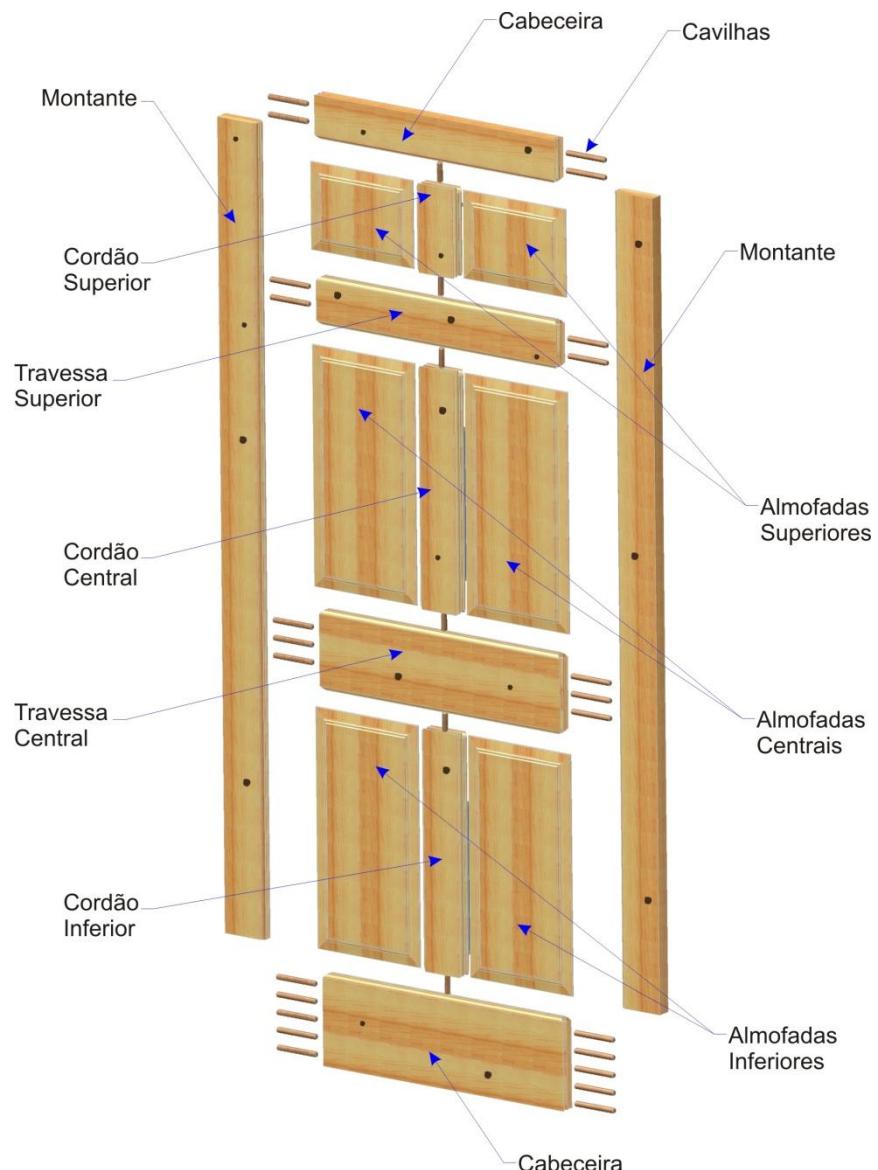
Durante o desenvolvimento desse projeto a empresa será chamada de M1.

A seguir serão mostradas as principais famílias de produtos fabricados na indústria.

#### **1. Portas Maciças**

Essa família de produto corresponde às portas constituídas inteiramente de madeira e formada por componentes maciços.

A Figura 14 apresenta a estrutura de produtos dessa família e a Figura 15 apresenta o formato do produto pronto.



**Figura 14: Estrutura de produto portas maciças**

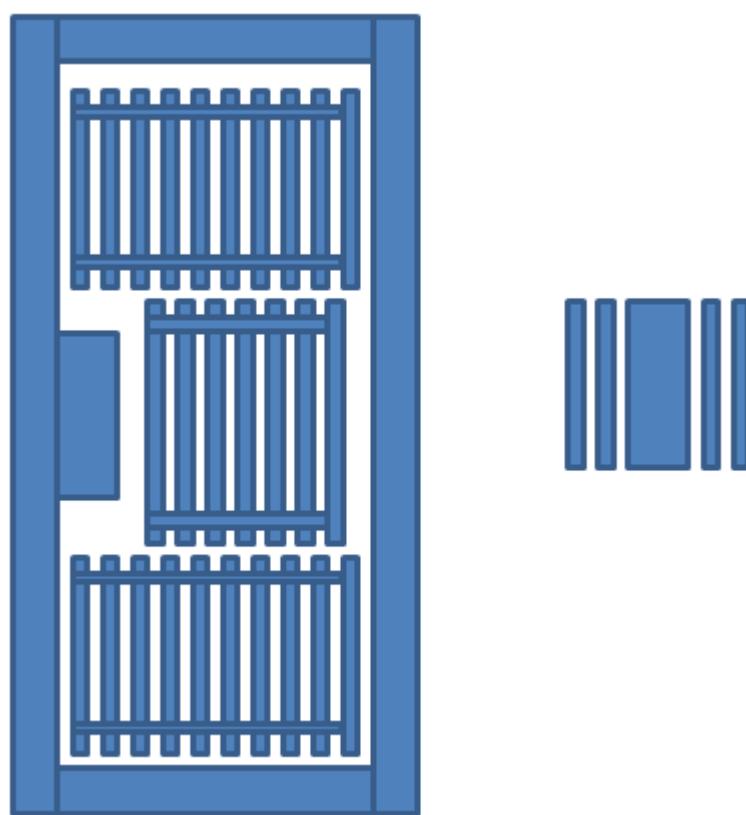


**Figura 15: Exemplo de Porta Maciça**

## 2. Portas Lisas

Essa família de produtos corresponde as portas formadas por uma moldura (montante + cabeceira + soleira), enchimento (grades de madeira + base para fechadura) e revestidas com lâminas de madeira de acordo com o acabamento exigido pelo cliente.

A Figura 16 mostra a estrutura do produto e a Figura 17 mostra um exemplo de porta lisa pronta para o cliente.



**Figura 16: Estrutura de produto da linha de Portas Lisas**



**Figura 17: Exemplo de Porta Lisa pronta para o uso.**

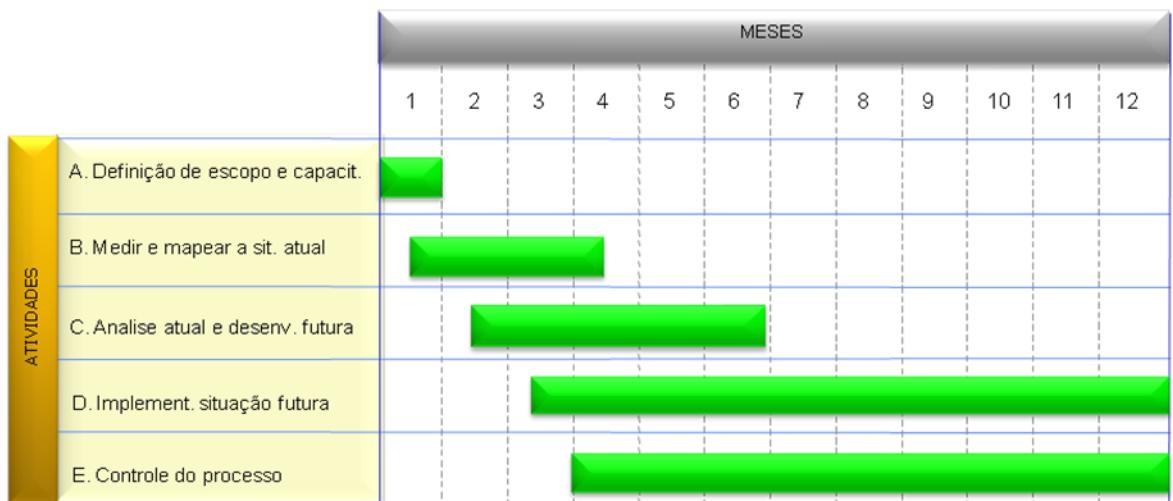
A empresa apresenta um tipo de produção considerado misto pois para alguns trabalha com Make to Order (MTO) e para alguns outros itens trabalha em Make to Stock (MTS).

### ***3.2 Aplicação da Metodologia***

A seguir segue a analise e relato dos passos de implementação da teoria de produção enxuta na empresa.

A implementação seguirá a metodologia já citada nesse texto, portanto a apresentação da aplicação será dividida pelas fases do DMAIC, mostrando todas as ações e resultados referentes a cada fase.

A seguir temos a Figura 18 que é um exemplo de cronograma para a implementação do projeto.



**Figura 18: Exemplo de cronograma para a implementação do projeto.**

A seguir segue a apresentação das fases do DMAIC.

### 3.2.1 Definir Escopo

Para a definição do escopo é feito um extenso trabalho de análise da demanda de dos custos e receitas referentes essa demanda, para se definir um escopo que tenha grande impacto dentro do planejamento da empresa.

A fábrica M1 apresenta uma divisão entre duas fábricas, uma que trata das portas lisas e outra que trata exclusivamente das portas maciças. Durante o desenvolvimento do projeto foram montadas duas equipes cada uma para tratar de uma fábrica específica, nesse estudo de caso por uma questão didática trataremos apenas do desenvolvimento e implementação para a fábrica que trata das portas maciças.

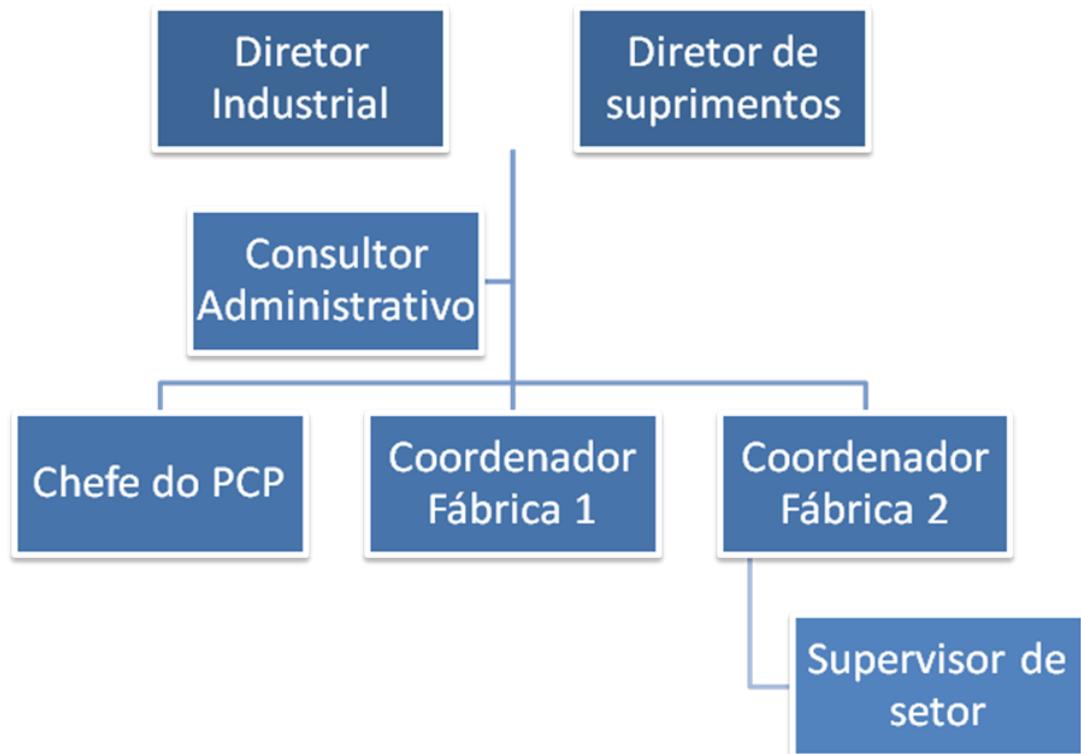
O escopo inicial definido para essa equipe de trabalho ficou definido como:

- Porta 510 (clear e com nó) (Midwest)
- Painéis clear
- Batentes 609/610

Durante o desenvolvimento do projeto acabou focando nas Portas 510 com nó, pois essas apresentavam o maior volume de demanda.

Outras ações realizadas dentro dessa fase foi primeiramente a formação de uma equipe *Lean* dentro da empresa.

A Figura 19 mostra como ficou estruturada a equipe *Lean* dentro da empresa M1.



**Figura 19: Organograma da Equipe *Lean* formada dentro da empresa M1**

Além da formação da equipe *Lean*, durante essa fase também foram ministrados treinamentos sobre a teoria da produção enxuta, primeiramente um treinamento em fundamentos e princípios da produção enxuta e depois um treinamento em mapeamento de fluxo de valor e situação atual.

### **3.2.2 Medir e Mapear Situação Atual**

No decorrer dessa fase foi desenvolvido um grande trabalho de entendimento do fluxo de valor e levantamento de dados dos processos de fabricação.

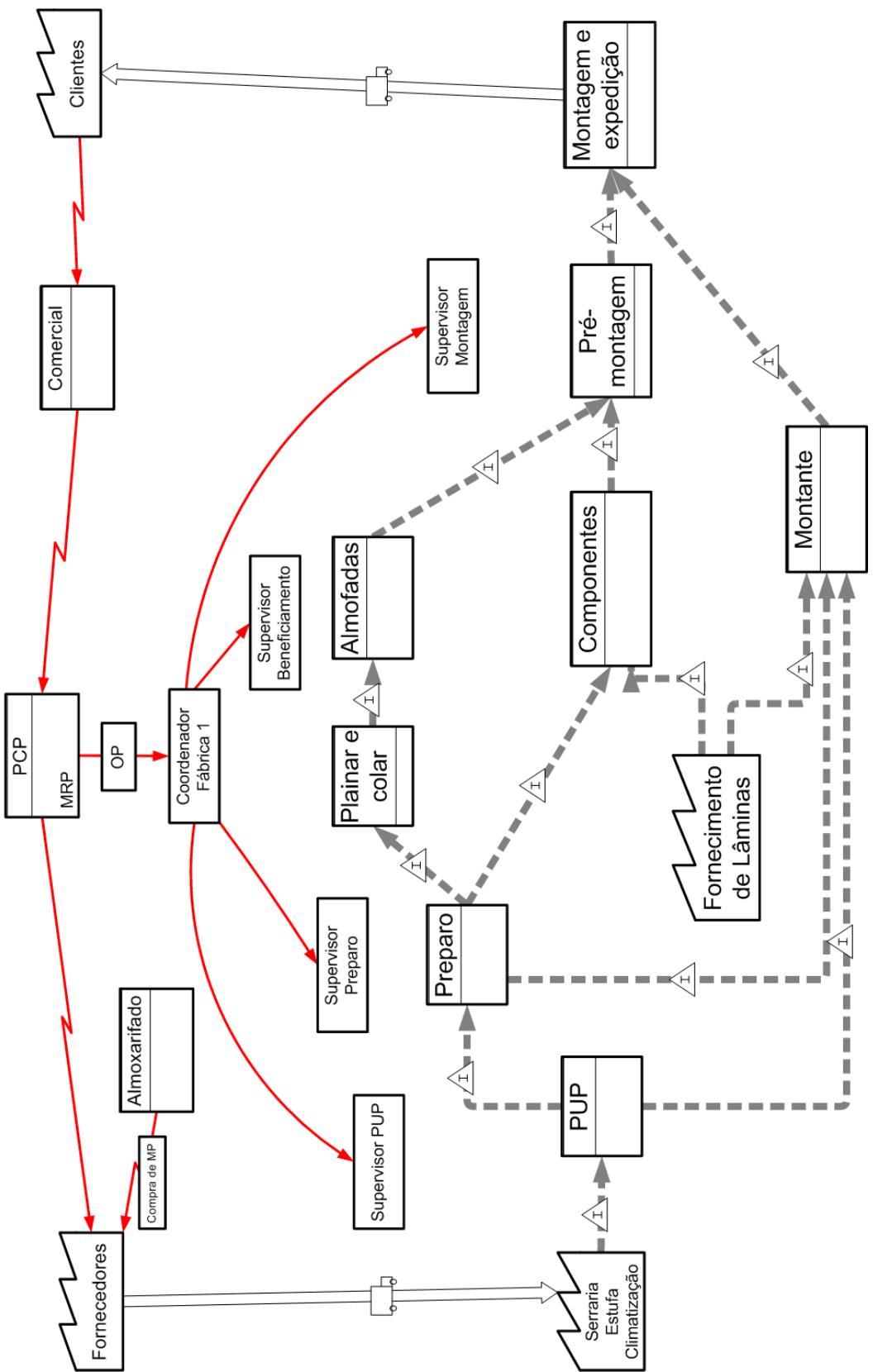
Os resultados mais relevantes dessa fase são:

- Mapa de Fluxo de Valor do Estado Atual
- Diagrama de Spaguetti Atual

A seguir apresentaremos o Mapa do Estado Atual, para facilitar a visualização devido ao fato de ser um fluxo de valor muito extenso, optamos por apresentar um mapa de fluxo de valor macro que apresenta um volume de informações interessantes e durante o detalhamento dos eventos kaizens utilizaremos de mapas com maiores detalhes quando forem necessários.

A Figura 20 mostra uma adaptação do mapa do estado atual, com todo o fluxo de material e fluxo de informações referente à família de produtos Porta Maciça 510. Nesse Mapa foi excluída a caixa de dados e a linha do tempo para facilitar a visualização.

MFV Atual Macro - Portas Maciças 510 (Fábrica 1)



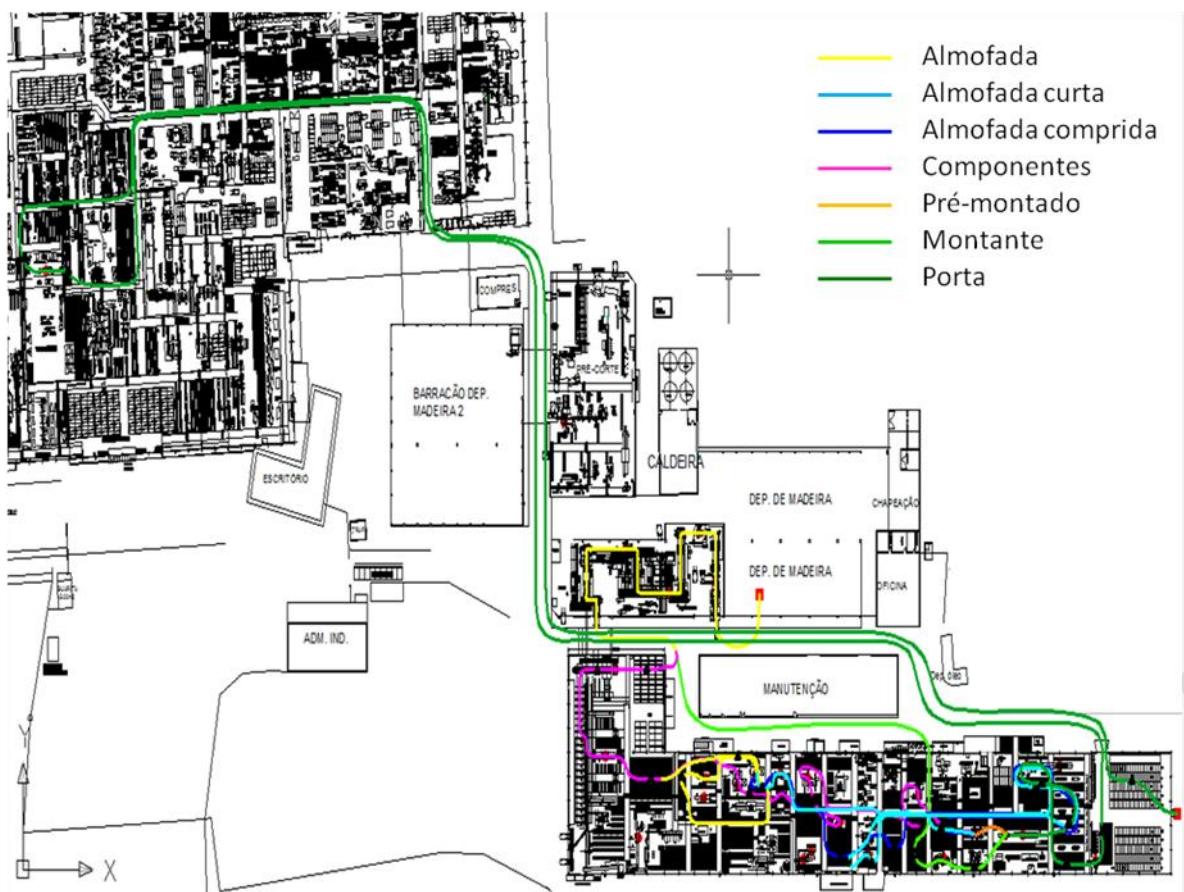
**Figura 20: MFV Atual Portas Maciças**

Importante resultado do desenvolvimento desse mapa foi a listagem de problemas mostrada abaixo:

- Excesso de estoque em processo
- Alto custo de produção
- Excesso de movimentação
- Muitas paradas de máquinas
- Falta e sobra de componentes

Como prova do excesso de movimentação mostrada acima como um problema desse fluxo de valor podemos avaliar abaixo o Diagrama de spaghetti atual desse fluxo, onde em até certo ponto um item vai de uma fábrica para ser fabricado em outra e retorna a sua fábrica de origem elevando em muito o valor da movimentação desse item.

A Figura 21 mostra o Diagrama de Spaghetti Atual.



**Figura 21:Diagrama de Spaghetti Atual.**

A Tabela 2 mostra os dados referentes a esse fluxo.

**Tabela 2: Dados da movimentação de materiais**

Fluxo	Distância (m)
Almofada curta	731,4
Almofada comprida	607,4
Componentes	469,3
Pré-montado	12,2
Montante	357,2
Porta	1.309,2
<b>TOTAL</b>	<b>3.486,7</b>

Para finalizar podemos ressaltar os valores de *Lead Time* e Agregação de Valor, para a situação atual foi estimado que o *Lead Time* total gira em torno de 64,2 dias para um tempo de agregação de valor de 46,5 min o que equivale a menos de 1% do tempo total de *Lead Time*.

Além do Mapeamento da Situação Atual nessa fase também ocorre a criação do descritivo de métricas que mostra quais serão os indicadores que serão acompanhados durante o projeto. No caso desse estudo de caso se definiu como medida de resultado do projeto o indicador produtividade geral da fábrica e entregas no prazo para os produtos do escopo. Durante a realização dos eventos kaizens alguns indicadores de medidas de acompanhamento também são desenvolvidos.

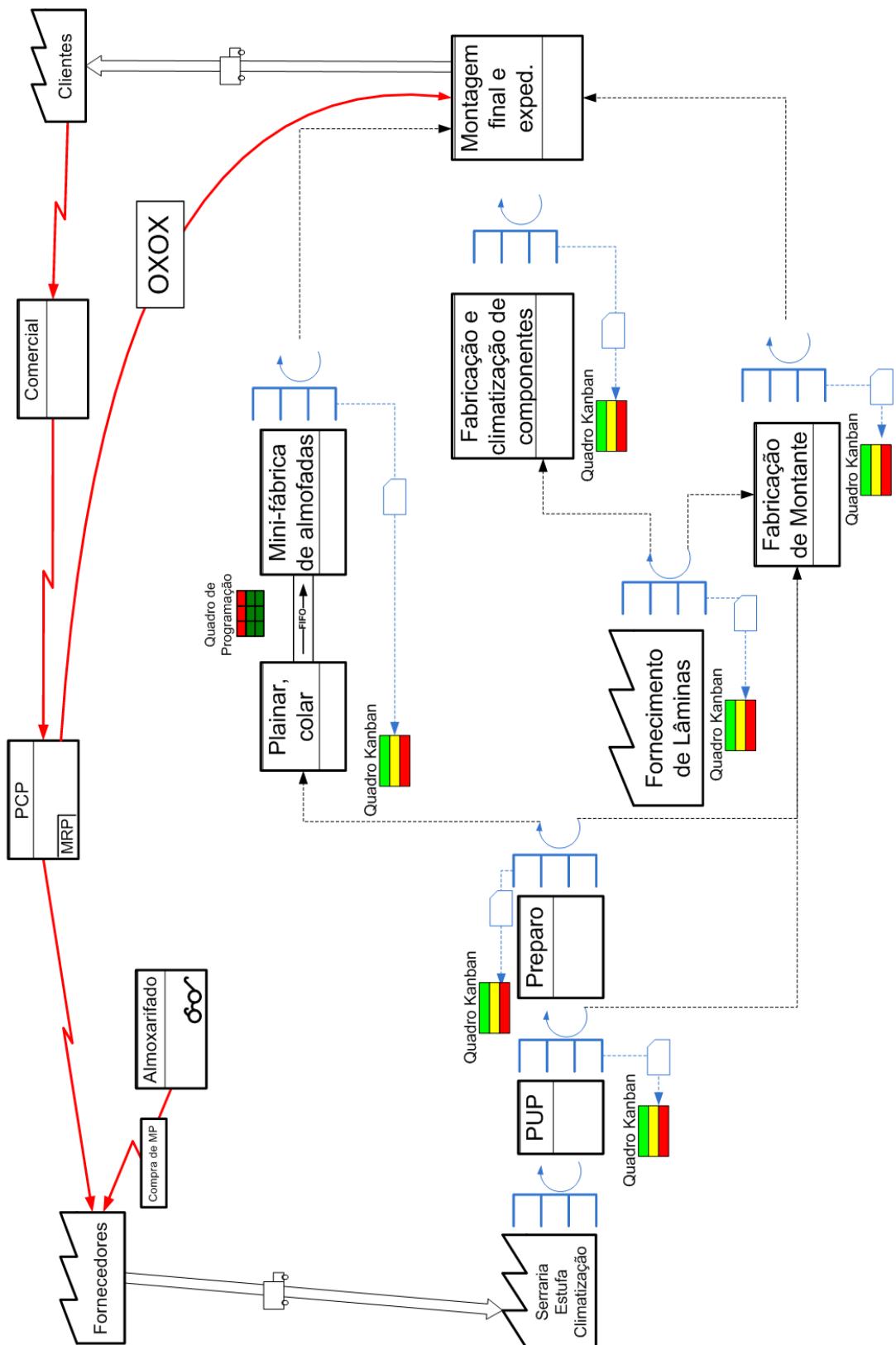
Todos esses indicadores com os seus respectivos gráficos serão apresentados no capítulo referente à apresentação de resultados do projeto.

### **3.2.3 Analisar Situação Atual e Desenvolver Situação Futura.**

Nessa fase temos através da compilação de todos os mapas e diagramas do estado atual, problemas visualizados no chão-de-fábrica e recomendações para o desenvolvimento da situação futura, condições de desenvolver um mapa do estado futuro e recomendações para atingir esse estado futuro.

Com a análise da situação atual e a detecção da ocorrência de um sistema empurrado de produção que acaba por gerar altos estoques e efeitos de falta e sobra durante o fluxo, decidiu-se como prioritário a implementação de sistemas puxados (supermercados) nos pontos aonde não for possível estabelecer o fluxo puxado, a Figura 22 mostra o Mapa de Fluxo de Valor do Estado Futuro e os pontos aonde se instalarão os supermercados e aonde se estabelecerá o fluxo contínuo.

**MFV Futuro Macro - Portas Maciças 510 (Fábrica 1)**



**Figura 22: MFV do Estado Futuro**

Também como resultado dessa fase temos a seqüência e o escopo dos eventos kaizens a serem realizados e o cronograma a ser seguido para se atingir o estado futuro projetado e também o novo diagrama de Spaghetti decorrente das mudanças de *layout* e implementação de fluxo contínuo. A Figura 23 mostra o novo diagrama de Spaghetti seguido pela Tabela 3 que mostra os novos valores de movimentação.



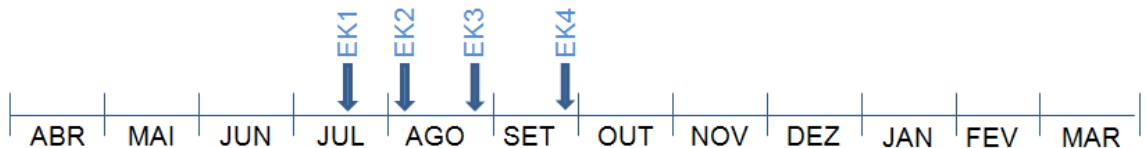
Figura 23: Diagrama de Spaghetti Futuro

Tabela 3: Dados da movimentação de materiais (Estado Futuro)

Fluxo	Distância (m)
Almofada curta	351
Almofada comprida	351
Componentes	393
Pré-montado	-----
Montante	446
Porta	1.309,2
<b>TOTAL</b>	<b>2850,2</b>

### 3.2.4 Implementar Situação Futura.

Para se implementar a situação futura será usada a ferramenta de eventos kaizen já discutida nesse trabalho, no total foram feitos 4 eventos kaizen, a Figura 24 é uma linha do tempo que mostra quando ocorreram esses eventos kaizen, a descrição de cada evento segue abaixo.



**Figura 24: Linha do tempo da realização de Eventos Kaizen**

Para a apresentação e elaboração dos Eventos Kaizen se utilizou da ferramenta do relatório A3, para se apresentar o Evento Kaizen iremos mostras o respectivo A3 além de uma explicação dos objetivos e atividades do Evento Kaizen.

Cada Evento Kaizen acabou por englobar todo o fluxo de um determinado setor, exceção feita ao primeiro Evento Kaizen que teve suas atividades realizadas em dois setores (PUP e Preparo).

### **1º. Evento Kaizen**

O primeiro Evento Kaizen foi realizado nos setores do PUP e do Preparo, setores responsáveis pelas primeiras operações na madeira, são responsáveis por deixar a madeira nas especificações corretas para o setor do Beneficiamento confeccionar os componentes que formarão a porta.

O Evento Kaizen tinha como principais atividades o balanceamento das células de produção já existentes nos setores além de se implantar um supermercado de peças acabadas para regular o fluxo de material entre o setor do Preparo e do Beneficiamento.

O Objetivo do Evento Kaizen era aumentar a produtividade desses Setores em 25% além de diminuir o tempo de resposta do Setor de Preparo e diminuir os problemas de Falta e Sobra.

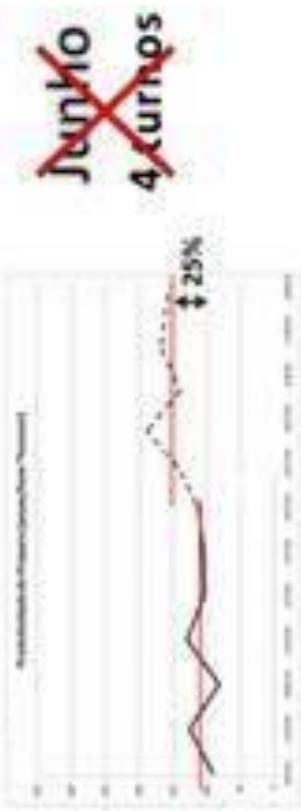
Abaixo segue os A3's do Evento, um referente ao balanceamento das células (Figura 25) e outro referente a implantação do supermercado (Figura 26)

## A3 Operacional – Balanceamento do Preparo

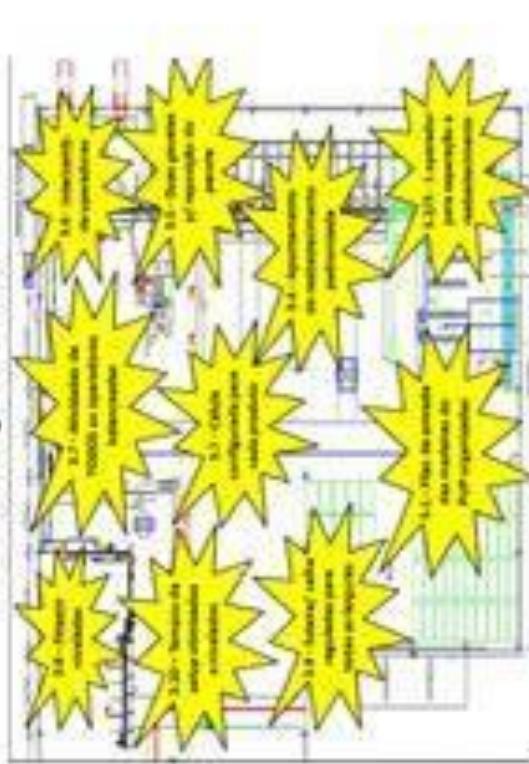
### 1- Requisitos do Negócio

1.1 - Aumentar a produtividade do Setor de Preparo em 25%

1.2 - Eliminar a necessidade de turnos adicionais



### 3- Situação Futura



### 4- Plano de Ação

- Equipe Kaizen
- Líder: Genésio
- Consultor interno: Appli
- Adriani
- Amaro
- Clodoaldo
- Favarin
- Ivan
- Zair

### 2- Situação Atual

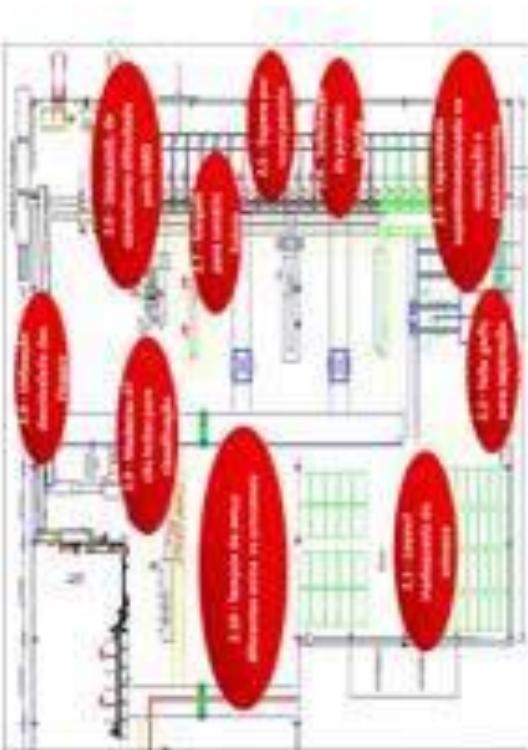


Figura 25: A3 Evento Kaizen 1 (Balanceamento de Células)

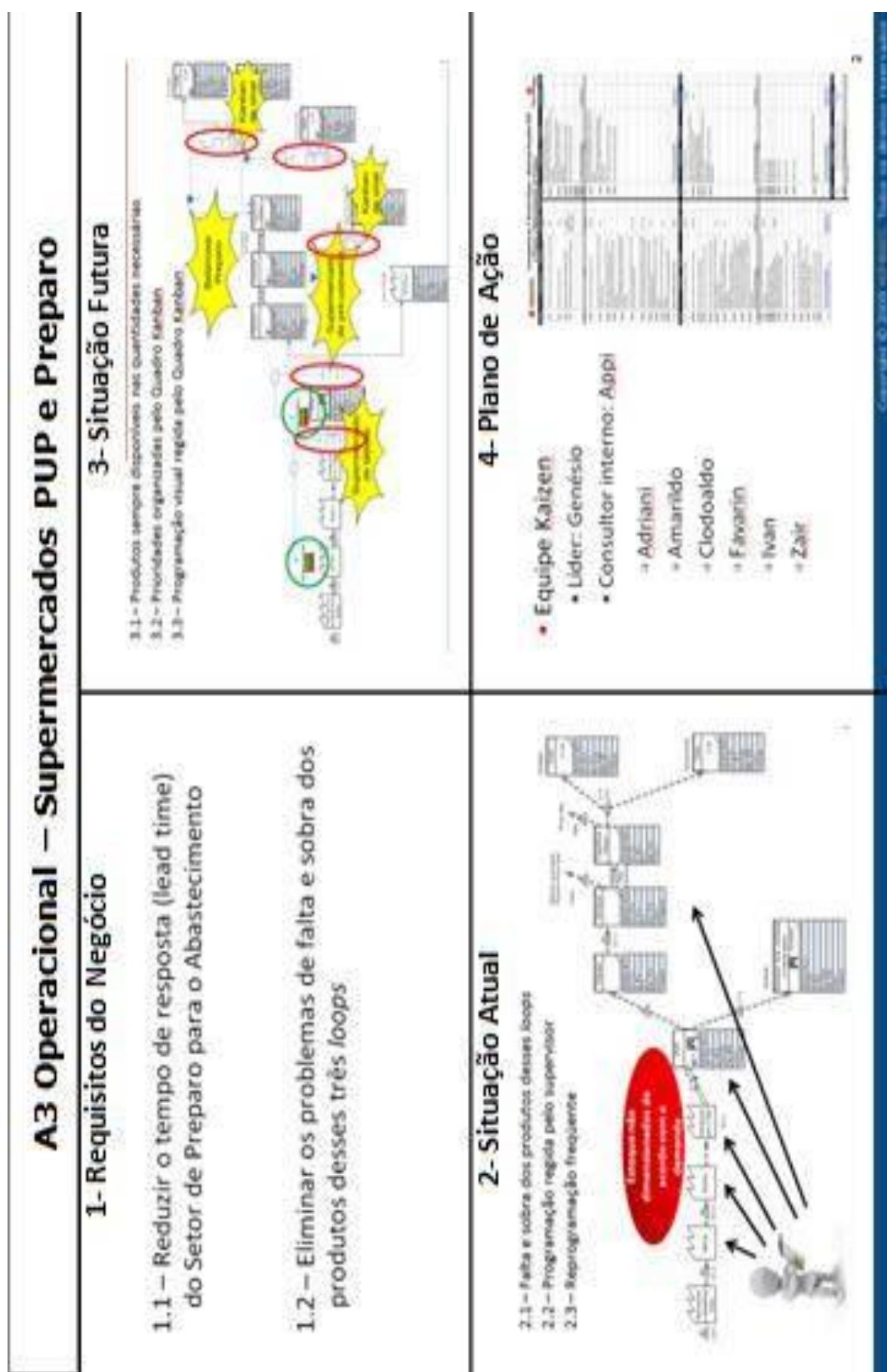


Figura 26: A3 Evento Kaizen 1 (Supermercados)

## **2º. Evento Kaizen**

Esse Evento Kaizen teve suas atividades realizadas no Setor do Beneficiamento, setor responsável por fabricar os componentes que no Setor da Montagem irão formar a porta.

Esse Evento Kaizen tinha como atividades, a mudança de *layout* do setor, implementação de fluxo contínuo que consistia na criação de duas mini-fábricas para a fabricação de almofadas e componentes além da implantação de um supermercado para controlar o fluxo de material entre o setor do Beneficiamento e da Montagem.

Os objetivos do Evento Kaizen era a diminuição de movimentação em 30% na média, aumentar a produtividade do setor em 20%, reduzir estoques entre Beneficiamento e Montagem além de eliminar o problema de falta e sobra entre os setores.

Segue abaixo na Figura 27 o A3 do evento.

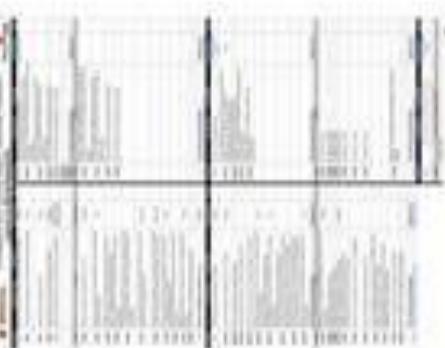
A3 Operacional – Layout e Sup. Beneficiamento			
<b>1- Requisitos do Negócio</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>1.1 – Reduzir a movimentação dos componentes e almofadas em 30% na média</li> <li>1.2 – Aumentar a produtividade do Setor de Beneficiamento em 20%</li> <li>1.3 – Reduzir o nível do estoque entre Beneficiamento e Montagem em 30%</li> <li>1.4 – Eliminar problemas de falta e sobra na pré-montagem</li> </ul>	 <p><b>3- Situação Futura</b></p>	 <p><b>4- Plano de Ação</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipe Kaizen           <ul style="list-style-type: none"> <li>* Líder: Paulo</li> <li>* Consultor interno: Amálio</li> <li>* Edson</li> <li>* Lauro</li> <li>* Lúcio</li> <li>* Nilcélia</li> <li>* Rogério</li> <li>* Zair</li> </ul> </li> </ul>	
<p><b>2- Situação Atual</b></p> 	 <p><b>1- Requisitos do Negócio</b></p>		

Figura 27: A3 Evento Kaizen 2

### **3º. Evento Kaizen**

Esse Evento Kaizen teve suas atividades realizadas no setor da Montagem, último setor do fluxo responsável por montar e expedir a porta.

As principais atividades desse Evento Kaizen eram a adequação do *layout* e balanceamento das operações da montagem e fabricação de montantes, definição de seqüência e rotas de abastecimento, nivelamento de produção para não sobrecarregar os supermercados anteriores no fluxo.

Os principais objetivos desse Evento era aumentar a produtividade do Setor da Montagem em 30% além de que com o nivelamento da produção se reduzir os estoques de todo o fluxo.

A Figura 28 apresenta o A3 do evento.

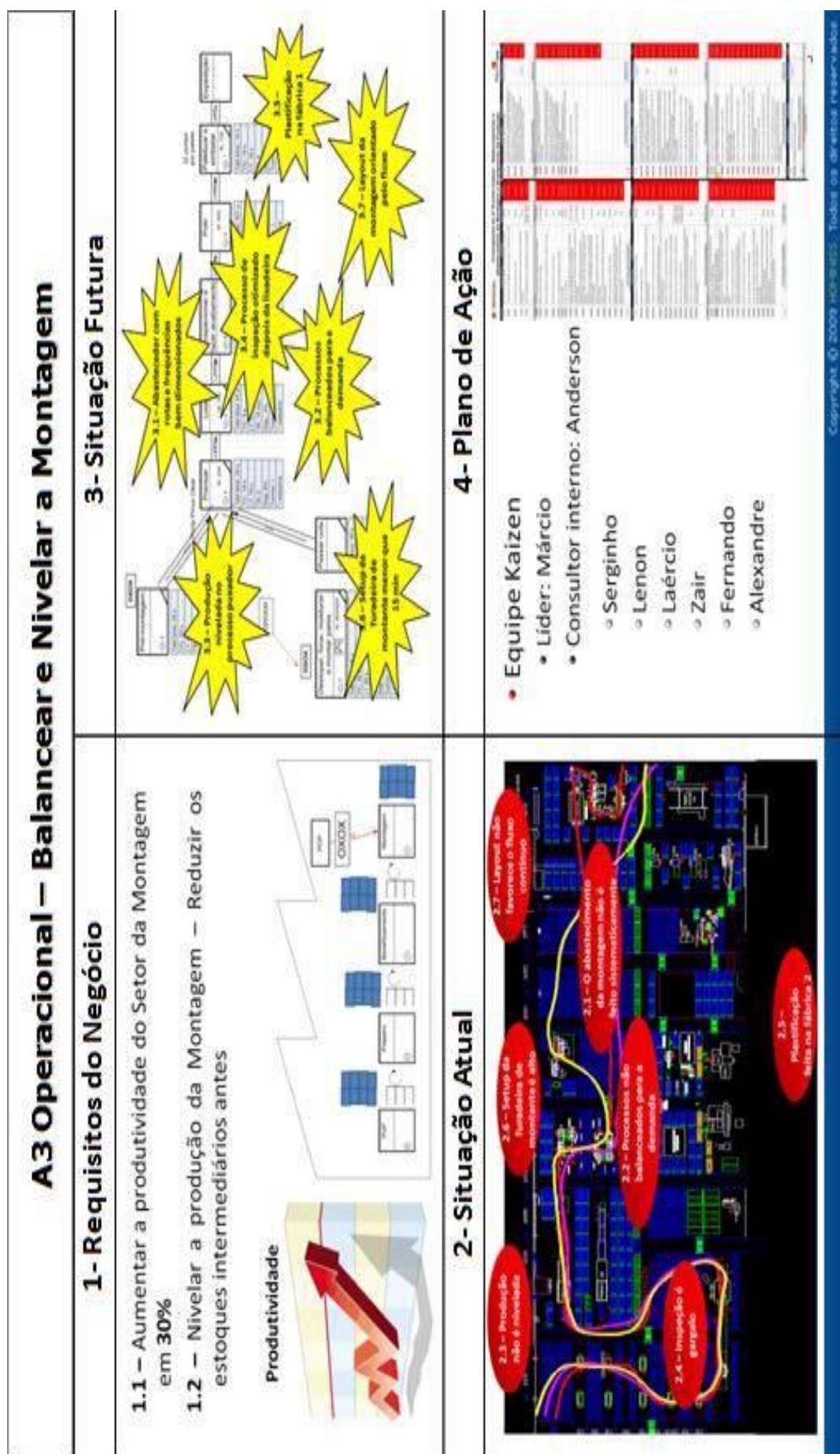


Figura 28: A3 Evento Kaizen 3

#### **4º. Evento Kaizen**

Esse Evento Kaizen não teve suas atividades restritas a um setor e sim focou no tratamento de dois itens que compõem porta, mas que não haviam sido tratados pelos outros Eventos Kaizen.

As atividades desse Evento Kaizen consistiam na implantação de pontos de supermercado para regular os tamanhos de estoque de três itens: *Loop de Lips Curtos*, *Loop de Lips Compridos*, *Loop de Lâminas*. Lips e Lâminas são itens utilizados no acabamento do produto Porta 510 Pinus Clear.

O objetivo desse Evento Kaizen era eliminar os problemas de falta e sobra dos produtos desses três loops e reduzir o tempo de resposta do fornecimento de Lips e Lâminas.

A Figura 29 apresenta o A3 do evento.

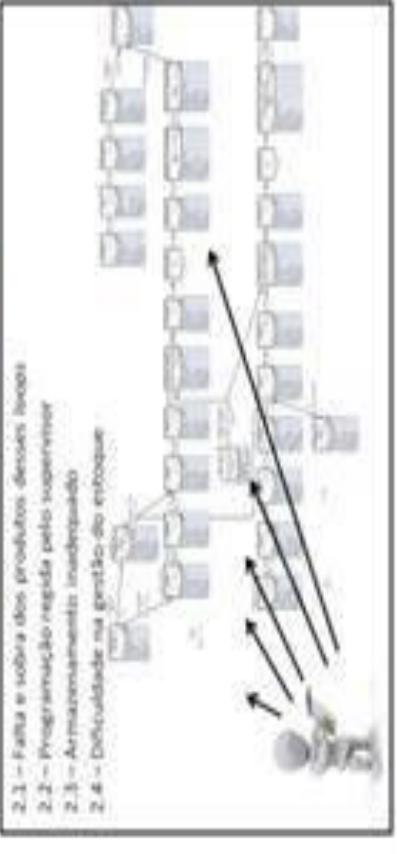
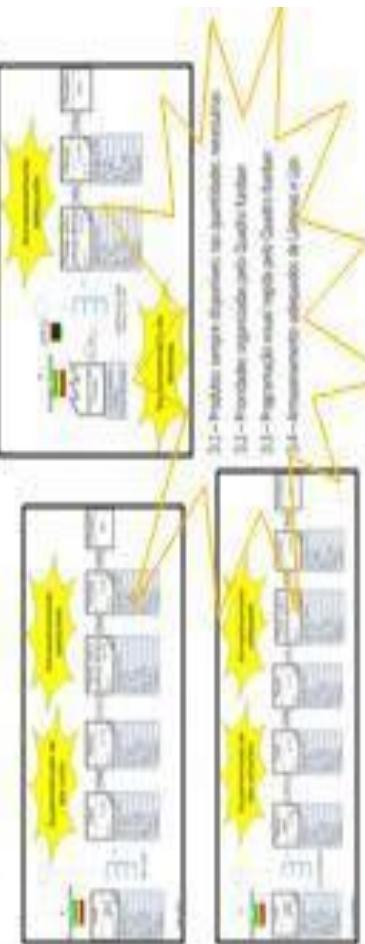
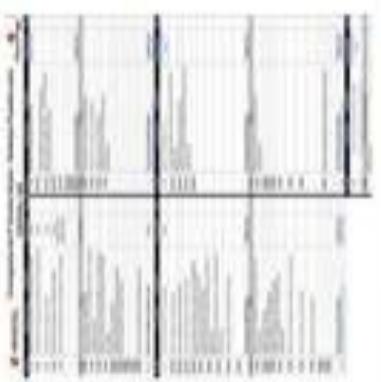
<b>A3 Operacional – Supermercados de Lâminas e Lips</b>	
<p><b>1- Requisitos do Negócio</b></p> <p>1.1 – Eliminar os problemas de falta e sobra dos produtos desses três loops      1.2 – Reduzir tempo de resposta do fornecimento de Lips e Lâminas</p> 	<p><b>2- Situação Atual</b></p> <p>2.1 – Falta e sobra de itens produzidos dentro loops      2.2 – Programação irregular pelos supermercadistas      2.3 – Atrasos no fornecimento inadimplido      2.4 – Dificuldade na gestão do estoque</p> 
<p><b>3- Situação Futura</b></p>  <p>3.1.1 - Projeto sempre disponibilizar os fornecedores necessários      3.1.2 - Fornecedores integrados com o sistema da loja      3.1.3 - Programação rotina realizada pelo Caixa de Fábrica      3.1.4 - Armazenamento otimizado de Lâminas e Lips</p>	<p><b>4- Plano de Ação</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipe Kaizen</li> <li>• Líder: Ivan</li> <li>• Consultor interno: Lauri</li> <li>• Direcél (Beneficiamento)             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Valdecir (PUP)</li> <li>- Fábricio (Mecânica Ind.)</li> <li>- Rafael (Elétrica)</li> <li>- Carlos (Pré-Corte)</li> </ul> </li> </ul>

Figura 29: A3 Evento Kaizen 4

### **3.2.5 Controlar o Processo.**

A sistemática de controle e sustentabilidade desenvolvida para o fluxo de valor é baseada nos seguintes documentos:

- Folhas de Gestão Visual
- Checklist de Sustentabilidade
- Auditoria Kanban
- Reunião de Sustentabilidade

Primeiro para as células de produção implementadas foi desenvolvida duas folhas de gestão visual, uma de apontamento de produtividade que mostra se a célula está produzindo de acordo com o planejado e outra que é o pareto de problemas, folha na qual deve se apontar os problemas que possam ter impedido a célula de trabalhar conforme o planejado.

Para os outros fluxos que são regidos por quadro Kanban ou quadro de Programação foi implementada uma folha de gestão visual com o intuito de avaliar a quantidade de cartões programados para o dia versus a quantidade de cartões realmente produzidos, essa folha também acompanha um pareto de problemas para o apontamento de problemas.

Para o controle do fluxo mais amplo foram desenvolvidas outras duas ferramentas. Uma é chamada de *checklist* de sustentabilidade, que consiste em um roteiro de perguntas que avaliam a situação atual do setor de acordo com o que foi planejado para o funcionamento do setor, os *checklists* contém perguntas sobre 5s, fluxo contínuo, endereçamento do supermercado e etc. A realização dos *checklists* ocorre semanalmente. A Figura 30 apresenta um exemplo de *checklist*.

CHECKLIST DE SUSTENTABILIDADE DAS MELHORIAS IMPLEMENTADAS:			R: _____ Responsável: _____
			O preenchimento deve conter "s" ou "n", e as perguntas que não se aplicam serão desconsideradas e devem
		Avaliação	Mês: _____ Dia: _____
<b>Setor da Montagem</b>			
1		Os cartões estão sendo colocados no quadro respeitando o pitch?	
2	Quadro de Nivelamento da Produção	O quadro está sendo atualizado diariamente?	
3		Os dias estão sendo atualizados diariamente?	
4		O catão de setup está sendo colocado após o término de um cartão?	
5		Os cartões estão sendo colocados no quadro no dia certo?	
6	Quadro de Programação	Os cartões estão sendo passados para o processo seguinte na ordem certa?	
7		Os cartões não produzidos estão sendo passados para a faixa vermelha do quadro?	
8		Os cartões da faixa vermelha estão sendo priorizados na hora de produzir?	
9	Quadro de Abastecimento	O quadro de abastecimento está sendo preenchido?	
10		As rotas de abastecimento estão sendo cumpridas?	
11		Conforme os buffers são abastecidos o quadro de abastecimento é atualizado?	
12		As células estão trabalhando conforme o projetado?	
13	Fluxo Contínuo	O tempo de espera de uma peça entre os processos da célula de montagem é menor que 5 minutos (pré-montagem + prensa)?	
14		Quando uma máquina quebra a célula de montagem está parando para que o problema seja resolvido?	
15		A célula está parando devido a falta de abastecimento?	
16	Setup	O apontamento de tempo de setup está sendo preenchido?	
17		A rotina de setup externo está sendo respeitada?	
18	Gestão Visual	A folha de produtividade da célula de montagem está sendo preenchida?	
19		As folhas de desvio de programação dos Quadros de Nivelamento e Programação estão sendo preenchidas?	
20		As folhas de Pareto de Problemas dos Quadros de Nivelamento e Programação estão sendo preenchidas?	
<b>Porcentagem de conformidades</b>			

**Figura 30: Checklist de Sustentabilidade**

Ainda para o controle dos supermercados ocorre semanalmente uma Auditoria Kanban, que é uma contagem do número de cartões existentes no sistema e com isso consegue se descobrir se está faltando cartão ou existe cartão em excesso. Essa contagem é feita pelos operadores da linha que está sendo auditada, mostrando assim para os operadores a importância de se cuidar dos cartões.

Com todas essas folhas preenchidas semanalmente ocorre uma reunião de sustentabilidade organizada pelo coordenador da fábrica e todos os líderes de setores. Essa reunião se inicia com o acompanhamento do cronograma das reuniões anteriores e se avalia o que já foi feito e o que está atrasado, depois se prossegue com a análise de todas as folhas de acompanhamento. Após o levantamento de todos os problemas que ocorreram durante a semana é elaborado um outro cronograma para a resolução desses problemas com os seus respectivos responsáveis e na próxima reunião esse cronograma será avaliado.

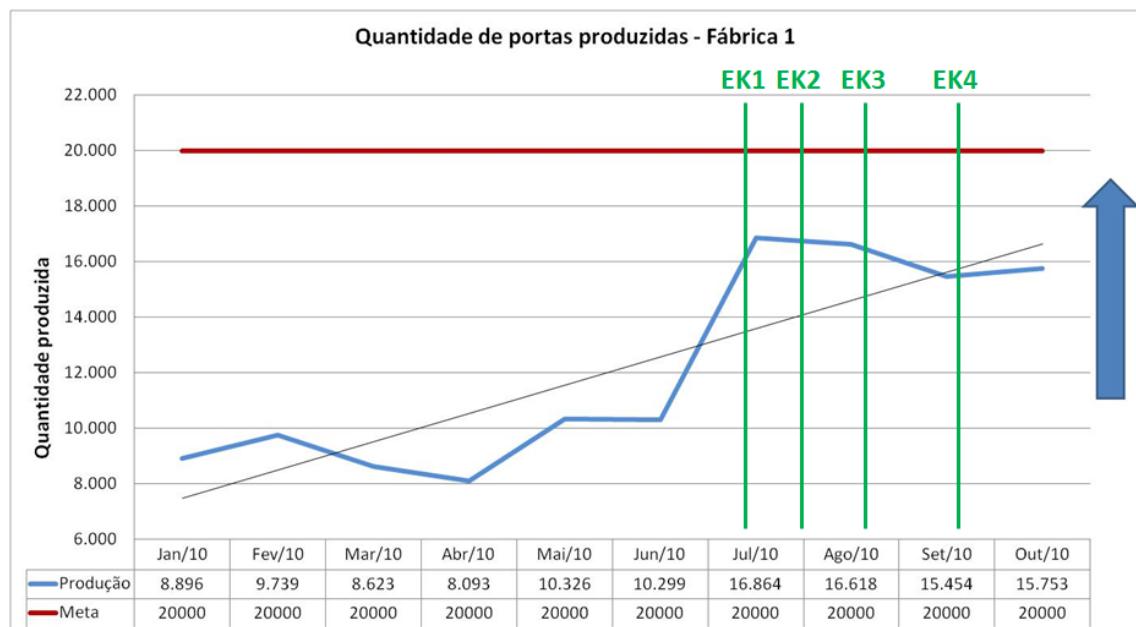
## 4 Resultados Obtidos

Durante o período de desenvolvimento do projeto alguns indicadores foram listados para serem considerados os que irão acompanhar o progresso do trabalho realizado. Abaixo temos uma lista dos indicadores selecionados.

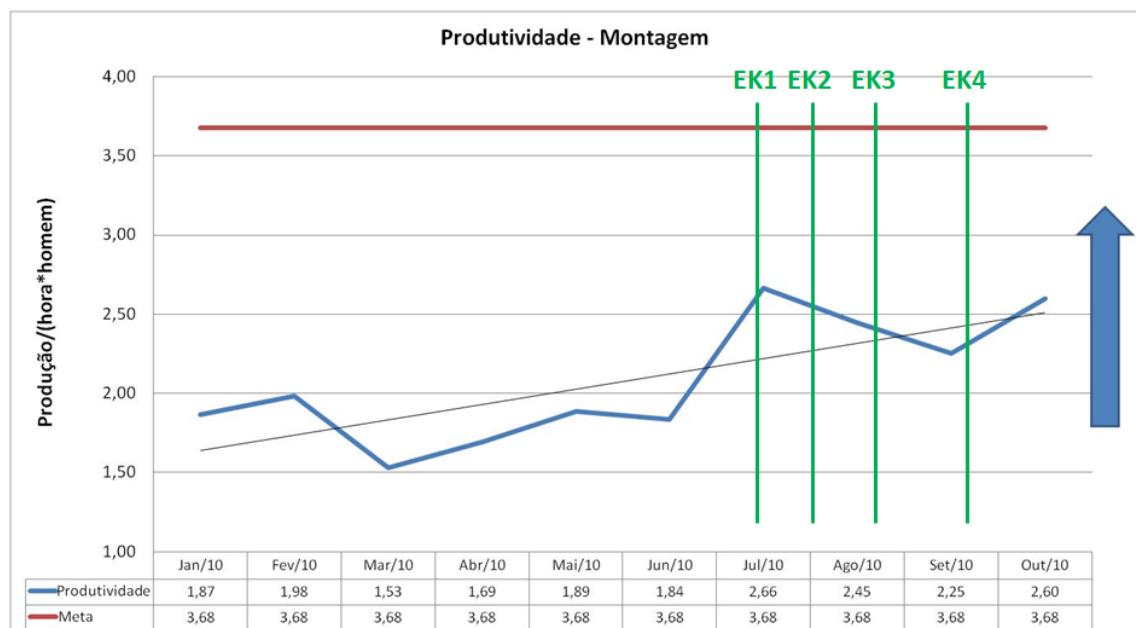
- Quantidade de porta produzida
- Produtividade do Setor da Montagem
- Custo de Mão-de-Obra da Montagem por porta produzida
- Produtividade da fábrica
- Custo de Mão-de-Obra da Fábrica por porta produzida
- Performance de entrega 1 (percentual de entregas no prazo)
- Performance de entrega 2 (Dias de atraso \* Valor do pedido)

Os indicadores de Quantidade de porta produzida (Gráfico 1), Produtividade do Setor da Montagem (Gráfico 2), Custo de Mão-de-Obra da Montagem por porta produzida (Gráfico 3), Produtividade da fábrica (Gráfico 4), Custo de Mão-de-Obra da Fábrica por porta produzida (Gráfico 5) apresentam grande melhora no decorrer da realização dos eventos kaizen e atingiram as metas geralmente em torno de um aumento de 30%.

Já os indicadores de Performance entrega 1 (Gráfico 6) e Performance de entrega 2 (Gráfico 7) não apresentaram melhora significativa e sim um piora com o caminhar dos eventos kaizen, essa piora foi devido a uma superestimação da capacidade produtiva da fábrica por parte do setor comercial que vendeu um número maior que a fábrica poderia produzir ocasionando um número maior de ocorrência de atrasos. Mas é importante salientar que com o fim desse equívoco os indicadores já apresentam um viés de melhora.



**Gráfico 1: Quantidade de portas produzidas**



**Gráfico 2: Produtividade no setor da montagem**

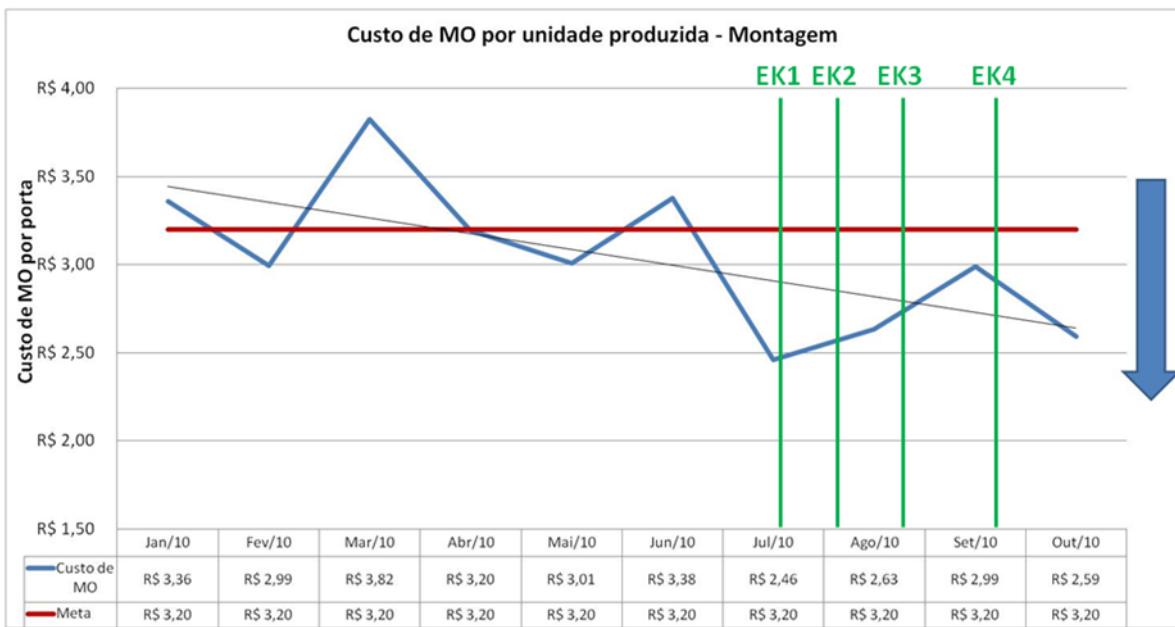


Gráfico 3: Custo de Mão-de-Obra por unidade produzida - Montagem

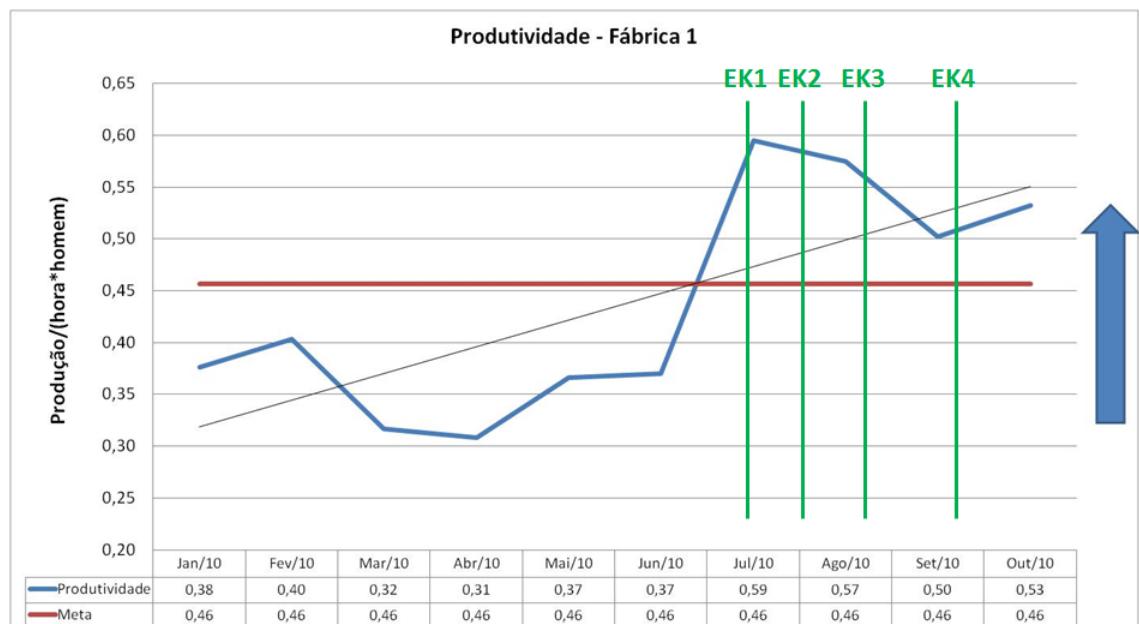


Gráfico 4: Produtividade da Fábrica

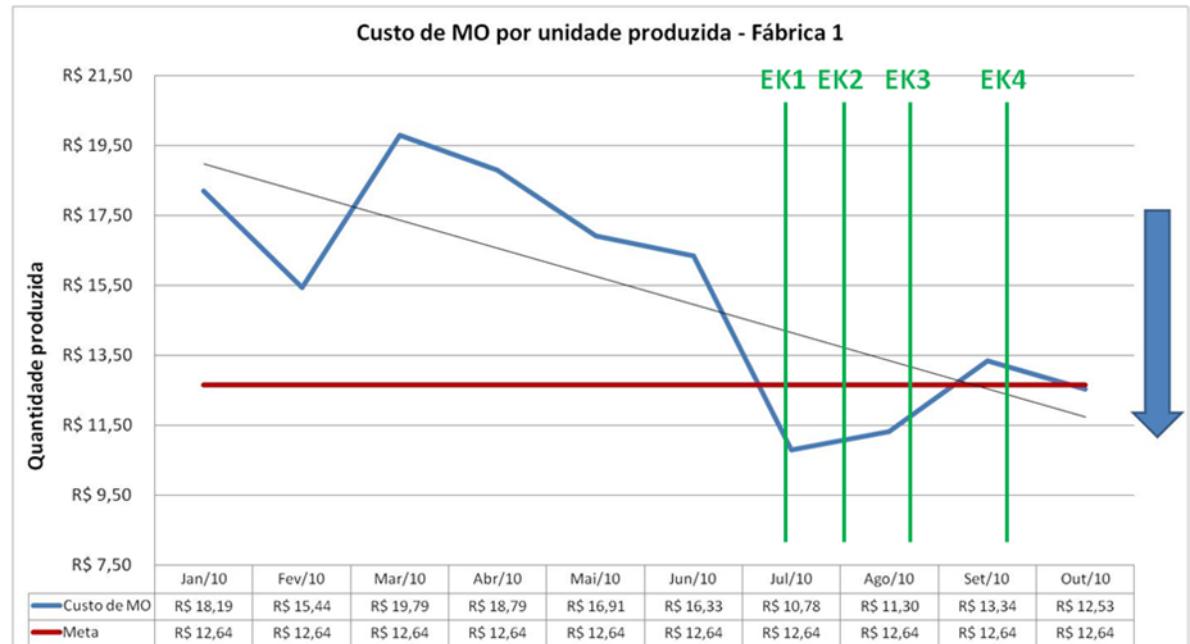


Gráfico 5: Custo de Mão-de-obra da Fábrica por porta produzida

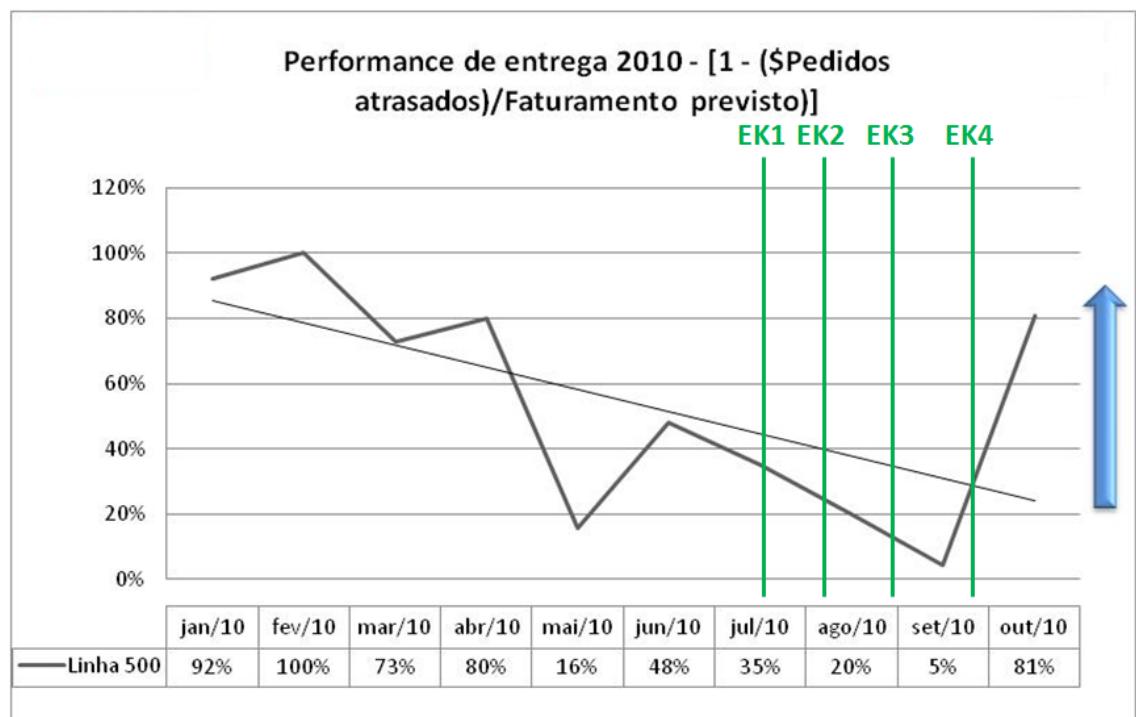
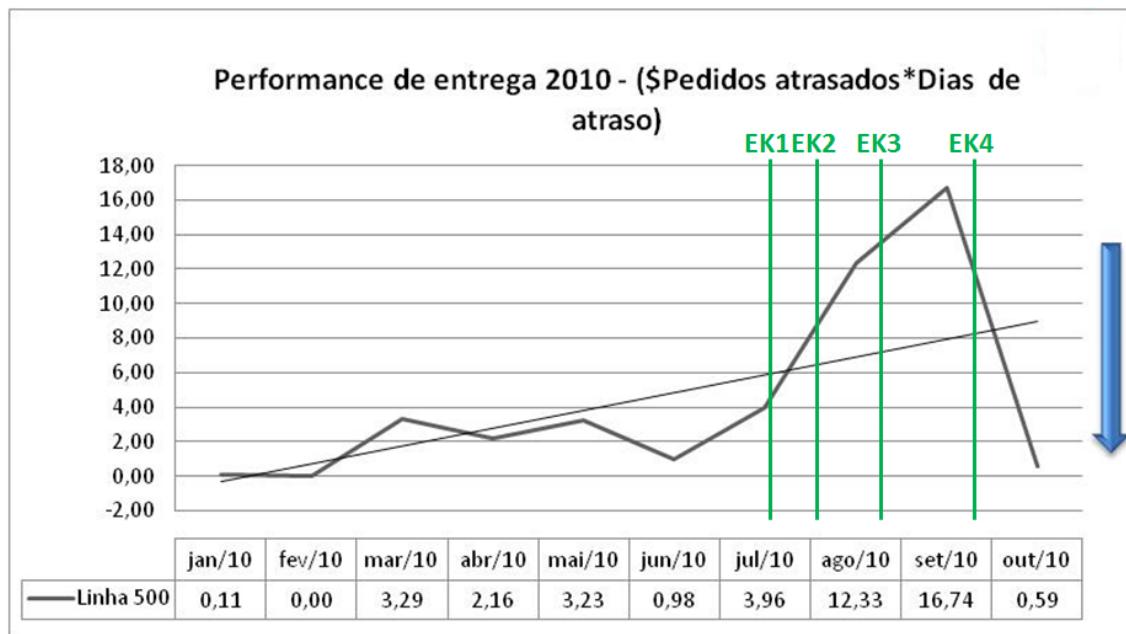


Gráfico 6: Performance de entrega 1 (percentual de entregas no prazo)



**Gráfico 7: Performance de entrega 2 (Dias de atraso \* Valor do pedido)**

## 5 Conclusão

Considerando os objetivos iniciais desse trabalho todos foram atingidos, foi obtido êxito na apresentação e utilização de uma metodologia que apoiasse o projeto de implementação de produção enxuta em uma empresa. A metodologia apresentada foi baseada no DMAIC metodologia já consagrada dentro da teoria do Seis Sigma.

O projeto do estudo caso obteve sucesso, atingindo a maioria das metas estabelecidas na fase de Definir Escopo e Mapear e Medir a Situação Atual. Os indicadores que ainda não alcançaram as metas são relativos a Performance de Entrega, mas o motivo desse não atingimento foi uma superestimação da capacidade da fábrica realizada pelo setor comercial da empresa, mas com o término das implementações da melhoria os atrasos foram zerados e o indicador começou a apresentar um viés de subida.

Esse equívoco realizado pelo setor comercial levanta uma discussão que pode ser motivo de estudos futuros que seria o impacto de setores fora a manufatura que ainda não passaram pelo processo de implementação dos conceitos enxutos e que interferem com suas decisões a manufatura e que por isso podem colocar em risco todo um trabalho de melhoria realizado dentro do setor.

Mas em um balanço geral o projeto foi um sucesso e a empresa já caminha para um segunda rodada da metodologia proposta iniciando um novo processo de definição de escopo. Além de um trabalho constante para se manter o que foi estabelecido nos Eventos Kaizen.

Quanto a utilização da metodologia apresentada essa teve um resultado plenamente satisfatório pois fez com que o projeto caminhasse de maneira totalmente estruturada sendo claramente possível definir em qual estágio o projeto se encontrava, noção de qual seria a próxima etapa e também claramente podia se ver se o projeto estava atrasado ou não. Devido ao foco nas métricas dos resultados a implementação não deixou margem à duvidas sendo assim se tornou fácil convencer todos os integrantes da gestão da empresa em questão dos benefícios implementados pelo projeto, mesmo existindo um grupo contrário ao projeto no inicio e por boa parte do mesmo com a apresentação sólida de resultados esse grupo acabou por se convencer da importância do projeto.

## Referências Bibliográficas

BLAKESLEE JR., J. A. Achieving quantum leaps in quality and competitiveness: implementing the Six Sigma solution in your company. In: The 53th Annual Quality Congress of the American Society for Quality. **Proceedings..** Anaheim (Califórnia), maio 2009.

DEFEO, J.A. Six Sigma: Road map for survival. **HR Focus**, 1999. Disponível em: <<http://www.uni.com/pqdweb>>. Acesso em: 03 nov. 2010.

ECKES, George. **A Revolução Seis Sigma**: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucro. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora Campos, 2001.

FALCONI, V. C. **TQC - Controle da Qualidade Total** (No Estilo Japonês). Rio de Janeiro: Editora da Fundação Cristiano Ottoni, 1992.

FERNANDES, P. M. P.; RAMOS, A. W. **Considerações sobre a integração do Lean Thinking com o Seis Sigma**. XXVI ENEGEP. Fortaleza, outubro 2006. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006\\_TR530355\\_8772.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR530355_8772.pdf)>. Acesso em: 27 out. 2010.

GEORGE, M. L. **Lean Seis Sigma para serviços**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.

GEORGE, M. L. **Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed**. [S.I.]: McGraw-Hill, 2002

GHINATO, P. In: ALMEIDA, Adiel T., SOUZA, Fernando M. C.. **Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações**. Recife: Editora da UFPE, 2000. Cap. 2.

HAHN, G.J. **The Evolution of Six Sigma**. Milwaukee: Series Quality Engineering, 2000.

HARRY, M. J. Six Sigma: a breakthrough strategy for profitability. **Quality Progress**. V.31, n. 5, maio 1998.

HARRY, M. J; SCHROEDER, R. **Six Sigma**: the breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations. Londres: Currency Publishers, 2000.

HINES, P.; TAYLOR, D. **Going Lean**: A guide to implementation. Cardiff: *Lean Enterprise Research Center*, 2000.

IMAI, M. **Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo**. Tradução Cecília Fagnani Lucca. 3. ed. [S.I.: s.n.], 1990.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. Léxico *Lean*: Glossário ilustrado para praticantes do

Pensamento *Lean*. [S.I.: s.n.], 2007.

LIKER, Jefrey K. **O modelo Toyota**: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

MARCHWINSKY,C.; SHOOK, J. **Léxico Lean**. São Paulo: *Lean Institute Brasil*, 2005.

MONTANA, Patrick J.; CHARNOV, Bruce H. **Administração**. São Paulo: Saraiva, 1998.

NAZARENO, R. R. **Desenvolvimento de sistemas híbridos de planejamento e controle da produção com foco na implantação de manufatura enxuta**. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Produção). Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Carlos, 2008.

PERIN, P. C. **Metodologia de padronização de uma célula de fabricação e de montagem, integrando ferramentas de produção enxuta**. Dissertação (mestrado em Engenharia de Produção). Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Carlos, 2005.

QUEIROZ, M. A. **Lean Seis Sigma**. Como integrar o *Lean manufacturing* com o seis sigma. Revista Banas Qualidade, ano XVI, n.178, p.40-50. São Paulo: EPSE, 2007.

RECHULSKI, K. D.; CARVALHO, M. M. **Programa de Qualidade Seis Sigma – Características Distintivas do Modelo DMAIC e DFSS**. Revista PIC-EDUSP, nº 2. 2004.

RENTES, A.F. **TransMeth – Proposta de uma Metodologia para Condução de Processos de Transformação de Empresas**. Tese (Livre Docência). Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Carlos, 2000.

RENTES, A.F **Gestão de Mudança e Sustentabilidade para a Jornada Lean**. Apresentação em Simpósio SAE, Piracicaba, 2007

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando o fluxo contínuo**: Um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção. São Paulo: *Lean Institute Brasil*, 2001.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar – Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: *Lean Institute Brasil*, 1999.

ROTONDARO, Roberto G. **Seis Sigma**: Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

SANTOS, Carlos A. **Produção Enxuta**: uma proposta de método para introdução em uma empresa multinacional instalada no Brasil. Dissertação (mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

SHINGO, S. **A Study of the Toyota Production System** – from an industrial engineering viewpoint. Portland: Productivity Press, 1989.

SILVA, T. F. A. **Estudo sobre Sistema de Medição de Desempenho Baseado nas Ferramentas da Produção Enxuta**. Dissertação (Trabalho de conclusão do curso de Engenharia de Produção). Escola de Engenharia de São Carlos – USP, São Carlos, 2007.

SLACK, N. et al. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2008.

SMALLEY, A. **Criando o sistema puxado nivelado**: um guia para aperfeiçoamento de sistemas *Lean* de produção voltado para profissionais de planejamento, operações, controle e engenharia. Brookline: *Lean Enterprise Institute*, 2005.

SNEE, R. D. Impact of Six Sigma on Quality Engineering. **Quality Engineering**, v.12, n.3, março 2000.

SOBEK, D. K.; JIMMERSON, C. **Relatório A3: ferramenta para melhorias de processos**. *Lean Enterprise Institute*, 2006.

STEFANELLI, P. **Utilização da Contabilidade dos Ganhos como Ferramenta para a Tomada de Decisão em um Ambiente com Aplicação dos Conceitos de Produção Enxuta**. Dissertação (Trabalho de conclusão do curso de Engenharia de Produção). Escola de Engenharia de São Carlos – USP, São Carlos, 2007.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; DANIEL, R. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1992.