

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG**

**ENGENHARIA MECÂNICA**

**FABIANO RIBEIRO GOMES**

**IMPLANTAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING PARA REDUÇÃO DE  
INVESTIMENTOS E DESPERDÍCIOS**

**Varginha - MG**

**2011**

**FEPESMIG**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG**

**ENGENHARIA MECÂNICA**

**FABIANO RIBEIRO GOMES**

**IMPLANTAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING PARA REDUÇÃO DE  
INVESTIMENTOS E DESPERDÍCIOS**

**Varginha - MG**

**2011**

**FEPESMIG**

**FABIANO RIBEIRO GOMES**

**IMPLANTAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING PARA REDUÇÃO DE  
INVESTIMENTOS E DESPERDÍCIOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para a obtenção do grau de bacharel, sob orientação do prof. Ms. Alexandre Lopes.

**Varginha - MG**

**2011**

**FABIANO RIBEIRO GOMES**

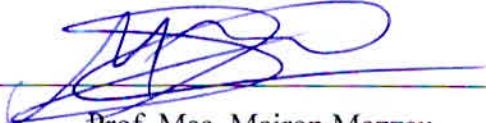
**IMPLANTAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING PARA REDUÇÃO DE  
INVESTIMENTOS E DESPERDÍCIOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Engenharia Mecânica do Centro  
Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG,  
como pré-requisito para obtenção do grau de  
bacharel pela Banca Examinadora composta  
pelos membros:

Aprovado em 09/12/2011

  
Prof. Msc. Alexandre Lopes

Prof. Msc. Luiz Carlos Vieira Guedes

  
Prof. Msc. Mairon Mazzeu

OBS.:

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo total apoio e dedicação, e sem duvida a namorada pela paciência e incentivo para vencer mais esta etapa da minha vida. Agradeço a DEUS por ter iluminado meu caminho.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que me ajudaram a desenvolver este trabalho, e aos professores pelo conhecimento que me foi passado.

“Um pensamento lógico te leva de A a B, a imaginação pode te levar a qualquer lugar que você queira”

Albert Einstein

## RESUMO

A proposta deste trabalho foi otimizar o número de máquinas em uma célula de produção através da criação de dispositivos de troca rápida, o balanceamento de linha de produção e o rearranjo do layout. A fim de otimizar, o número de máquina e o espaço de trabalho, aumentando a carga de trabalho das máquinas específica e também melhorar o balanceamento da célula e por consequência seu layout. Com isso, a máquina específica poderão ser adaptadas para máquinas comuns e assim conseguiremos atender um volume maior de produção sem precisar aumentar a estrutura física da planta, ou seja, reduzir investimentos. Trata-se de uma pesquisa ação, onde devido ao aumento do volume de produção e a limitação do espaço da planta e a redução de investimentos foi necessário a otimização das maquinas de uma determinada célula de produção.

**Palavras-chave:** Otimização. Racionalização de máquinas. Balanceamento de Linha.



## **ABSTRACT**

*The purpose of this work was to optimize the number of machines in a production cell through the creation of quick-change devices, balancing production line and the rearrangement of the layout. In order to optimize the number of machine and work space, increasing the workload of specific machines and also improves the balance of the cell and therefore its layout. Thus, the specific machine can be adapted to ordinary machines, and we will meet a higher volume of production without increasing the physical structure of the plant, i.e. reduce investments. It is an action research, where due to increased production volume and space limitation and reduction of the plant investment was necessary to optimize the machines in a given cell production.*

**Keywords:** *Optimization. Rationalization of machines. Balanced Scorecard.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01: Elementos do Sistema de Produção .....	21
Figura 02: Planilha de cálculo de carga máquina.....	34
Figura 03: Layout da Célula de Produção .....	36

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1 Relevância do Tema</b> .....	<b>12</b>
<b>1.2 Objetivos</b> .....	<b>15</b>
<b>1.3 Metodologia de Pesquisa</b> .....	<b>16</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1 Desenvolvimento de Produtos e de Processos</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1.1 Modelo de Desenvolvimento de Produtos para a Indústria Automotiva</b> .....	<b>18</b>
<b>2.2 Conceitos da Produção</b> .....	<b>19</b>
2.2.1 Sistemas.....	19
2.2.2 Sistemas de Produção.....	20
2.2.2.1 Classificação dos Sistemas de Produção .....	22
2.2.2.2 Planejamento Estratégico da Produção .....	24
2.2.2.3 Aplicações e Benefícios de Um Modelo de Sistemas de Produção .....	24
2.2.2.4 Aplicações dentro da Indústria Automotiva de Simulação a Eventos Discretos ...	25
2.2.2.5 Melhoria Contínua na Indústria Automotiva .....	27
2.2.2.6 <i>Lean Manufacturing</i> .....	28
<b>3 ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>29</b>
<b>3.1. Desenvolvendo o Projeto <i>Lean Manufacturing</i></b> .....	<b>30</b>
3.1.1. Etapa 1 - Definindo o Problema.....	30
3.1.1.1 Análise Crítica da Etapa 1 .....	31
3.1.1.2 Etapa 2 – Balanceamento de linha .....	32
3.1.1.3 Estudo de carga máquina.....	33
3.1.1.4. <i>Layout</i> .....	35
3.1.1.5 Etapa 3 - Otimizando o processo de costura da célula.....	36
3.1.2.1 Análise Crítica da Etapa 3 .....	37
<b>4 CONCLUSÃO</b> .....	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>39</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Relevância do Tema

Nos dias de hoje, a globalização reforçam as empresas aprimorarem seus processos e produtos para se manterem no mercado extremamente competitivo dinâmico e de acionistas cada vez mais exigentes, que buscam maximizar cada vez mais os seus lucros, com isso, obter um processo de produção robusto, flexível e eficaz, é um fator diferencial, e muitas vezes fundamental para o avanço das grandes organizações.

Através da utilização de ferramentas do *Lean Manufacturing*<sup>1</sup>, as empresas conseguem obter um alto nível de produtividade, reduzindo custos e o aproveitamento da mão-de-obra e maquinários. Esses pontos são fundamentais para o crescimento das empresas, tornando-as mais flexíveis e robustas a variação da demanda dos cliente.

De acordo com Costa (1999), a percepção das mudanças do mercado e dos desejos dos clientes, a prestação de serviços com qualidade, com custos cada vez menores, são desafios a serem vencidos. Com a concorrência acirrada, não é suficiente satisfazer os desejos dos clientes, deve-se superá-los a cada dia, aperfeiçoando-se continuamente.

De acordo com slack et al.( 1997) os processos e as atividades dentro de uma organização são meios de agregação de valores aos produtos e serviços para o atendimento dos clientes. Sendo os processos e as atividades os consumidores de recursos, é necessário dispor-se de mecanismos que assegurem uma boa gestão dos mesmos. Esses mecanismos devem questionar tais processos e atividades de tal forma a se obter redução de custos, redução do tempo de ciclo, melhoria da qualidade, redução das atividades que não agregam valor, movimentação, esperas, retrabalho, maior flexibilidade e maior confiabilidade.

Sendo assim, o Sistema de Manufatura Enxuta é tão estudado e aplicado atualmente, pois o sucesso na busca pela excelência é o que vai garantir permanência das empresas no mercado e a busca e eliminação dos desperdícios, vem se mostrando uma boa estratégia para permanecer no mercado de forma lucrativa.

Desde os anos 90, no final do século passado, o mundo da manufatura convive com os requisitos de precisão e qualidade inerentes tanto aos processos industriais quanto aos

---

<sup>1</sup>Manufatura Enxuta

produtos finais. A motivação está em buscar o estado da arte, alcançando a cada dia um novo padrão de evolução. A essência da melhoria contínua está nessa busca rumo à evolução constante e consciente, superando os obstáculos, solucionando problemas, aprendendo com erros e acertos, ensinando, conhecendo, compartilhando cada conhecimento, contribuindo, assim, não somente para o crescimento pessoal e individual, mas também profissional e organizacional. O que se vê atualmente é o dinamismo de mercados, clientes, técnicas, metodologias, enfim, do ambiente.

Há um ritmo acelerado de mudanças. E, para acompanhar esse ambiente em constante transformação, torna-se essencial ter pensamentos e ações voltados para a melhoria contínua, desenvolvendo uma cultura com base nela. Sua prática facilita a criação de um ambiente de aprendizagem continuada, buscando o melhor uso do conhecimento existente na organização e potencializando a capacidade de criação de novos conhecimentos. Isso posiciona a melhoria contínua como uma prática útil nessa era do conhecimento.

A idéia de melhoria contínua está relacionada à capacidade de resolução de problemas (BESSANT et al, 2001) por meio de pequenos passos, alta frequência e ciclos curtos de mudança (BESSANT et al., 1994). Esses ciclos de mudança são causados pela alternância de momentos de ruptura e de controle do desempenho dos processos.

Ruptura (do inglês, *breakthrough*) significa mudar os padrões de desempenho para níveis melhores, e controle pode ser conceituado como a aderência ao padrão, levando à manutenção do estado atual. Com significados opostos, essas duas atividades, complementares entre si e partes do mesmo ciclo, são vitais para a sobrevivência da maioria das organizações na medida em que elas possibilitam a esta organização implementar mudanças e perpetuá-las ao longo do tempo (JURAN, 1995).

As atividades de ruptura e controle formam a base do processo de melhoria contínua, que pode ser caracterizado por esforços sistemáticos e iterativos que causam impactos positivos e acumulativos no desempenho da organização. A melhoria é sistemática porque utiliza uma abordagem científica, ou seja, o processo de resolução de problemas é estruturado em etapas como a identificação das causas, escolha, planejamento e padronização da solução. A melhoria é iterativa porque o ciclo de resolução de problemas é realizado indefinidamente para buscar uma solução ou melhorar algo já atingido.

*Lean Manufacturing* é, acima de tudo, uma iniciativa estratégica de alto nível. É um processo científico que procura focar no desenvolvimento e entrega de produtos e serviços próximos da perfeição. Do ponto de vista dos processos, trata-se de uma abordagem

sistemática para reduzir falhas que afetam pontos críticos para o cliente, aumentando a sua satisfação e reduzindo custos.

Porém, as falhas tratadas nos projetos *Lean Manufacturing* voltados à manufatura e as soluções advindas da aplicação dessa metodologia, enquanto que a maioria dos problemas surge na fase de elaboração dos projetos do processo, suas especificações e requisitos.

Atualmente, é razoável admitir haver carência nas empresas quanto à coordenação das atividades de melhoria dentro de uma visão sistêmica dos processos existentes. As atividades normalmente focam a solução necessária para se adequar a um ou outro indicador de desempenho, e não estendem a análise para implicações em outros processos. A falta de análise das falhas que deveriam ser vistas durante o projeto corroboram com a afirmação anterior, sendo pouca a integração e compartilhamento de informações entre equipes de produção e projeto, não gerando um conhecimento integrado entre áreas e conseqüentemente não havendo uma análise crítica das documentações de projeto existentes. Isto pode levar a três problemas principais:

- Perda de tempo no desenvolvimento de um projeto, quando o problema estiver na adesão aos padrões, ou seja, o processo não estar implementado conforme projetado, o que é um problema de disciplina e cultura, onde não cabe a demanda de um time aplicando o método *Lean Manufacturing*;
- Possibilidade de se tentar implementar ações as quais já foram testadas anteriormente e não deram certo, porém o time não sabe. Isso pode ocorrer ou pela verificação da documentação não ser uma das etapas realizadas pelo time, ou pelo fato da inexistência de uma documentação "viva" on de todas as melhorias implementadas devem estar devidamente registradas;
- Time de projetos continuarem cometendo os mesmos erros e propondo processos que outrora já precisaram ser modificados na manufatura devido a sua ineficácia e levando o time de processo a manter engenheiros trabalhando em melhorias que deveriam ser vistas antes da implementação.

É importante atentarmos para o fato de que a globalização da economia ocorrida nos últimos tempos levou a profundas mudanças no processo produtivo, fazendo surgir novas formas de fabricação e comunicação. Os sistemas de produção modernos requerem grandes investimentos e são muito complexos. Eles são usualmente compostos de produtos, máquinas, sistemas de transporte etc. O adequado projeto de tais sistemas tem um grande impacto no

desempenho, e em última análise no seu sucesso econômico. Devido a sua complexidade, é frequentemente difícil prever o comportamento de tais sistemas com relativa precisão sem o auxílio de técnicas de modelagem e avaliação qualitativa e quantitativa.

O autor da dissertação atua há dois anos na área de engenharia de processos tendo recebido treinamento de *Lean Manufacturing* e conhecendo os problemas de integração entre os times de projeto e produção. Com base nisso, vemos com entusiasmo a possibilidade da aplicação prática dessa dissertação.

A importância do tema deste trabalho pode ser justificada pelos seguintes aspectos:

- Inicialmente por estar relacionado à melhoria do processo decisório e dos requisitos de projetos através da utilização do método *Lean Manufacturing*;
- Por fortalecer a metodologia *Lean Manufacturing* promovendo uma análise não só em nível de implementação no chão de fábrica, mas também em nível de projeto.

## 1.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo principal propor um ciclo de melhoria contínua em uma célula de produção tornando-a mais robusta e flexível que preserve a otimização e a racionalização dos maquinários e mão-de-obra de uma empresa de revestimentos automotivos.

Os objetivos secundários da proposta são:

- Propor a utilização de dispositivos específicos que torne o processo mais robusto e flexível à variação de volume solicitado pelo cliente;
- Propor a análise do design dos processos pelo time engenharia de processos, comparando o processo com a especificação original, antes mesmo da elaboração do mapeamento do processo em alto nível, e discutir as vantagens dessa sistemática;
- Propor um método onde os times de projeto e produção estejam totalmente integrados pela otimização, estando o projeto do processo disponível ao time de produção e que as melhorias efetuadas sejam corretamente aplicadas – como uma nova versão deste projeto – garantindo assim que sempre sejam questionados os requisitos de projeto e o

processo decisório, bem como adequando os mesmos de forma a evitar futura repetição da falha;

- Tomar como estudo de caso a aplicação da presente proposta na produção de uma indústria de revestimentos automotivos, podendo assim validar sua eficácia com a racionalização das máquinas do processo de produção.

### 1.3 Metodologia de Pesquisa

Conforme citado por Silva e Menezes (2000) as pesquisas podem ser classificadas de diversas maneiras:

- Pela natureza, em básica ou aplicada. Sendo o trabalho em questão uma pesquisa aplicada, pois os conhecimentos gerados são de possível aplicação em problemas práticos. O tema também foi inspirado em dificuldades encontradas no ambiente industrial, embora tenha sido tratado à luz dos métodos de modelagem e design de sistemas;
- De acordo com a forma de abordagem, em quantitativa ou qualitativa. A abordagem qualitativa é a mais adequada para o trabalho em questão, pois as avaliações e discussões são subjetivas e baseadas na interpretação de fenômenos.
- Pelo seu objetivo, em exploratória, descritiva ou explicativa. O objetivo da dissertação é exploratório, pois visa analisar as atuais aplicações do *Lean Manufacturing* em relação aos projetos de produção, conhecendo suas particularidades, seus conceitos e assim propor hipóteses para que estes sejam otimizados;
- Em relação aos procedimentos técnicos, a pesquisa pode ser bibliográfica, documental, experimental, levantamento, estudo de caso, *expost-facto*, pesquisa-ação e pesquisa participante. Devido ao seu caráter exploratório e prático, a dissertação será baseada em estudo de caso.



## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Desenvolvimento de Produtos e de Processos

A nova competição industrial que apresenta dois dos seus focos no processo de desenvolvimento de produtos e no desenvolvimento da manufatura considera três forças que surgiram nas empresas nas últimas duas décadas. Uma competição internacional intensa proveniente da globalização, consumidores mais sofisticados provenientes da fragmentação de mercados e mudanças constantes na tecnologia combinaram-se levando o processo de desenvolvimento de produtos ao centro do jogo de competição entre as empresas. (CLARK e FUJIMOTO, 1991).

Em um ambiente competitivo que é global, intenso e dinâmico, o desenvolvimento de novos produtos e processos tornou-se um ponto de foco da competição. Empresas que conquistam mercados mais rápida e eficientemente com produtos que encontram e excedem às expectativas dos clientes criam uma significativa alavancagem competitiva.

O processo de desenvolvimento de produtos encontra-se na interface entre a empresa e o mercado cabendo a ele: desenvolver um produto que atenda às expectativas de mercado, em termos de qualidade total do produto; e desenvolver o produto no tempo adequado, ou seja, mais rápido que os concorrentes, e a um custo de projeto compatível. Além disso, deve também assegurar a manufaturabilidade do produto, ou seja, a facilidade de produzi-lo, atendendo aos requisitos de custo e qualidade (FLORENZANO, 1999).

O desempenho de uma empresa no desenvolvimento de produtos pode ser avaliado por três parâmetros básicos: qualidade, tempo e produtividade, que devem ser otimizados para capacitar uma empresa a atrair e satisfazer seus clientes, aumentando a competitividade de seus produtos (CLARK e FUJIMOTO, 1991).

O desenvolvimento de produto (DP) pode ser definido como um processo pelo qual uma organização transforma as informações de oportunidade de mercado e de possibilidades técnica sem informações para a fabricação (CLARK e FUJIMOTO, 1991). Essa definição tem como objetivo romper as barreiras para que o desenvolvimento do produto esteja apenas relacionado aos departamentos de manufatura e P&D (pesquisa e desenvolvimento). Este desenvolvimento é muito mais amplo, englobando todo o ambiente interno (marketing, logística etc.) e externo (mercado) à empresa, devendo agregar às equipes de processo de

desenvolvimento de produtos outros departamentos (marketing e financeiro), por meio de informações que se originam em pesquisas de mercado.

Outros autores defendem que o desenvolvimento do produto seria a transformação de uma oportunidade de mercado, adicionado a um conjunto de possibilidades, onde o emprego de uma nova tecnologia resultaria em um produto disponível para a venda. As duas mais importantes entidades envolvidas na tomada de decisão para desenvolver um produto são a empresa e o mercado, sendo o último sempre dinâmico. Existem, ainda, outros fatores que são considerados secundários como leis políticas econômicas e o estado da tecnologia.

### **2.1.1 Modelo de Desenvolvimento de Produtos para a Indústria Automotiva**

O Processo de Desenvolvimento de Veículos (PDV) surgiu em decorrência da necessidade das indústrias automobilísticas se estruturarem melhor, disciplinando e organizando seus métodos de trabalho face ao considerável aumento da competição de mercado evidenciado, principalmente, pela forte empreitada das indústrias do bloco oriental, como as japonesas e coreanas, em aumentar a participação no mercado com produtos inovadores, com um ótimo nível de qualidade e, principalmente, com custos mais baixos Fioravanti (2005).

A colocação do parágrafo acima pode ser atribuída a um PDV que passou a figurar no cenário automobilístico como uma ferramenta estratégica de grande valor para os fabricantes de automóveis, porém, não se pode deixar de citar que o PDV, de fato, passou a existir preliminarmente quando as primeiras fábricas de automóveis de produção seriada começaram a operar. Naquela época, a preocupação em se ter um PDV estava relacionada basicamente ao fato de se documentar os métodos e as técnicas empregadas na construção dos automóveis.

Segundo Fioravanti (2005), o campo de atuação desta concorrência atual deixou de ser limitado à melhoria da qualidade do produto e dos processos de fabricação vigentes. Este passou a ser mais consistente, mais abrangente, ou seja, passou a exigir e ditar regras em direção às etapas mais preliminares do produto, penetrando nas até então, restritas e estanques atividades de desenvolvimento de produto. Estava sendo este o grande diferencial que as indústrias asiáticas vinham proporcionando, pois além das vantagens em custo e qualidade, passou também a ser levado em consideração a variável tempo como mais uma importante vantagem competitiva perante as demais.

Fioravanti (2005) ainda cita que face a esta situação de ameaça de perda de mercado, as grandes indústrias automobilísticas americanas e europeias foram obrigadas a criar processos de desenvolvimento mais flexíveis e eficazes, para garantir que seus produtos continuassem a entusiasmar o consumidor, através do lançamento de produtos mais competitivos em preço, qualidade e tempo de desenvolvimento. Para tanto, todas as áreas da empresa, principalmente a engenharia, passaram a utilizar recursos tecnológicos de ponta em diversos segmentos para assegurar que não haveria desperdícios, principalmente de tempo e dinheiro, além de uma nova postura disciplinar que assegurasse o alcance dos objetivos de projeto previamente determinados.

A questão “dinheiro” citada acima se refere ao fato da empresa utilizar recursos, como por exemplo, simulações virtuais durante a fase de desenvolvimento de produto, o que é sensivelmente mais econômico do que a construção de um protótipo físico. Esta economia também pode vir por meio de processos otimizados de fabricação e também através da redução do custo de garantia do produto durante o seu ciclo de vida.

## **2.2 Conceitos da Produção**

### **2.2.1 Sistemas**

Um sistema pode ser conceitualmente definido como um conjunto de partes inter-relacionadas que existem para atingir um determinado objetivo. As inter-relações entre as partes integrantes do sistema são os canais de comunicações ou as interdependências.

Um sistema pode ser decomposto em uma coleção de subsistemas, um conjunto de elementos organizados para a realização de um propósito específico e descrito por um conjunto de modelos, provavelmente sob diferentes pontos de vista.

Uma empresa, por exemplo, pode ser considerado um sistema composto de vários departamentos (subsistemas) e fazendo parte de um sistema maior, que é a própria sociedade. Um sistema é geralmente composto dos seguintes componentes (TUBINO, 1997):

- Fronteira – representa o limite do sistema;
- Subsistema – agrupamento de elementos que compõem o sistema;

- Entrada (input) – representa os insumos ou variáveis independentes do sistema;
- Saídas (outputs) – representa os produtos ou variáveis dependentes do sistema;
- Processamento – engloba as atividades desenvolvidas pelos subsistemas que interagem entre si para converter as entradas em saídas;
- Realimentação – é a influência que as saídas do sistema exercem sobre as suas entradas no sentido de ajustá-las ou regulá-las ao funcionamento do sistema.

### 2.2.2 Sistemas de Produção

Produção é o processo de transformação pelo qual insumos (material, energia, trabalho, equipamentos, etc) são transformados em produtos ou serviços. Naturalmente, os produtos ou serviços resultantes têm um valor econômico maior que o dos elementos utilizados como entrada. A produção segundo a sua natureza, pode ser classificada em três tipos: Produção primária (ou extrativa), secundária (ou de transformação) e terciária (ou prestadora de serviço) (TUBINO, 1997).

Um Sistema de Produção é um conjunto de atividades e operações inter-relacionadas envolvidas na produção de bens (caso da indústria) ou serviços. Ele é composto por dois subsistemas principais (GIRAULT;VALK,2003):

- O subsistema físico – composto dos recursos físicos tais como correias transportadoras, robôs, buffers, estações de trabalho etc.
- O subsistema de controle – Determina como utilizar o subsistema físico para organizar e otimizar o processo produtivo.

Em um sistema de produção, alguns elementos fundamentais podem ser identificados. São eles os insumos, o processo de criação ou conversão, os produtos ou serviços, e o subsistema de controle, seguindo o fluxo mostrado na Figura 2.1.

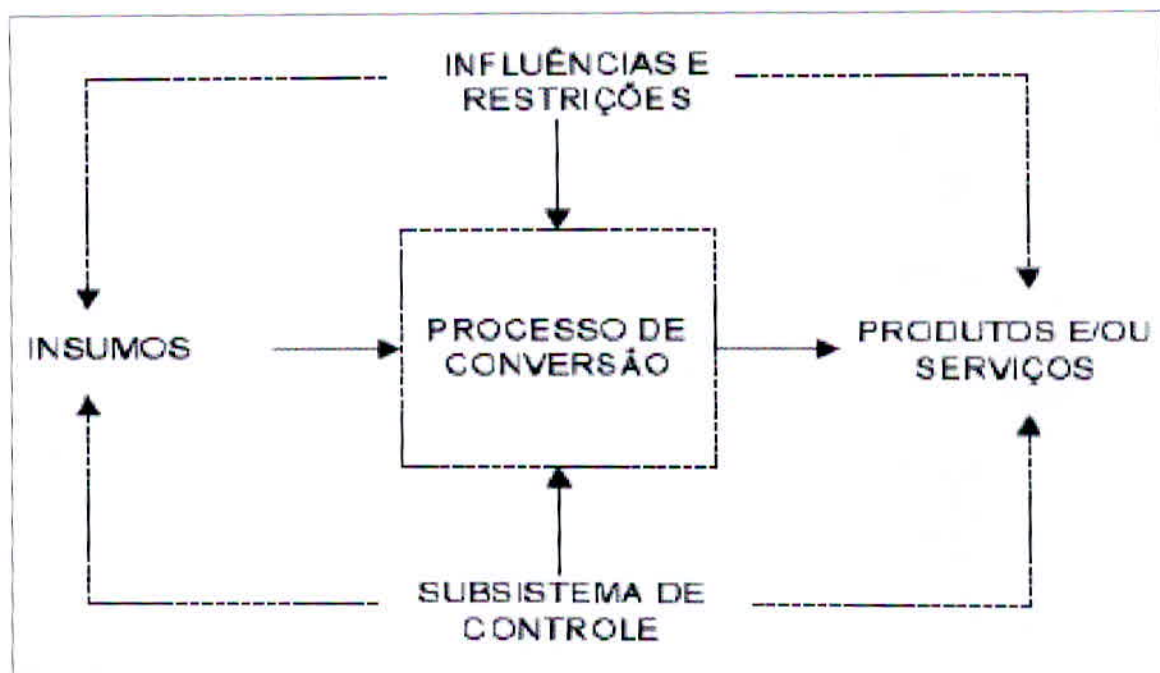


Figura 01: Elementos do Sistema de Produção. Fonte: (GIRAULT; VALK, 2003)

Os insumos são os elementos que entram no processo de produção de mercadorias ou serviços, tais como matéria-prima, mão-de-obra, capital, máquinas, equipamentos, instalações, conhecimento técnico etc.

O processo de conversão, no caso da manufatura, modifica a forma da matéria-prima ou muda a composição dos recursos. Em serviços não há propriamente transformação: o serviço é criado. O processo de transformação geralmente envolve uma seqüência de passos chamados operações de produção. Cada operação de produção é um processo de transformação das entradas em saídas, com uma adição de valor ao produto final. Intercaladas a estas operações que adicionam valor ao produto final existem operações tais como transporte, armazenagem e inspeção que não adicionam valor ao produto e devem, portanto, ser minimizadas ou mesmo eliminadas.

O sistema de controle monitora os demais elementos do sistema de produção. Trata-se de um conjunto de atividades que visam assegurar que o que foi programado seja cumprido, que padrões sejam obedecidos, que a qualidade desejada seja obtida e que os recursos sejam utilizados de forma eficaz.

Finalmente, é importante citar as influências tanto internas quanto externas as quais o sistema de produção está sujeito, e que afetam o seu desempenho. No caso do ambiente interno, o sistema de produção está sujeito a outras áreas funcionais da empresa tais como marketing, finanças e recursos humanos. Como influências externas

podem ser citadas as condições econômicas do país, as políticas e regulamentações governamentais, a competição e a tecnologia.

### 2.2.2.1 Classificação dos Sistemas de Produção

Existem várias classificações para os sistemas de produção. Na tabela 01 são apresentadas três das classificações mais conhecidas: pelo grau de padronização dos produtos, pelo tipo de operação a que são submetidos os produtos e pela natureza do produto (TUBINO, 1997).

Tabela 01: Classificação dos Sistemas de Produção

<b>CRITÉRIO</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
<b>Pelo grau de padronização dos produtos</b>	Sistemas que produzem produtos padronizados	Alto grau de uniformidade Produção em grande escala Produtos facilmente encontrados no mercado
	Sistemas que produzem produtos sob medida	Cliente define o produto Lotes normalmente unitários
<b>Pelo tipo das operações</b>	Processos contínuos	Produtos não podem ser individualmente identificados
	Processos discretos	Os produtos podem ser identificados individualmente
<b>Pela natureza do produto</b>	Manufatura de bens	Produtos que são tangíveis (Ex.: rádio, carro)
	Prestador de serviços	Produtos que são intangíveis (Ex.: consulta médica)

Fonte: (SILVA, 2005)

Produtos padronizados são bens ou serviços com alto grau de uniformidade e produção em grande escala, com o objetivo de tornarem-se amplamente disponíveis para os clientes. Dentro deste grupo estão incluídas as fabricações de bens como automóveis, eletrodomésticos, roupas etc. ou prestação de serviços, como planos de saúde, serviços bancários, entre outras.

Produtos sob medidas visam atender um cliente em particular. Por depender dos clientes para a definição dos produtos, estes normalmente não são produzidos para estoque e os lotes são normalmente unitários. Em decorrência da baixa quantidade produzida, a automação dos processos é menos aplicável, por não justificar os investimentos. Sistemas que se enquadram nesta categoria normalmente possuem grande capacidade ociosa e dificuldade de padronizar os métodos de trabalho e recursos produtivos, gerando produtos mais caros que os padronizados. Como exemplo de produção sob medida pode-se citar a construção civil, estaleiros etc, e a prestação de serviços tais como táxis, restaurantes, clínica médicas entre outros.

Os processos contínuos são empregados quando existe alta uniformidade na produção de bens e prestação de serviços e os produtos e processos produtivos são totalmente independentes, favorecendo a automação. Não há flexibilidade no sistema.

Segundo Silva (2005), os processos discretos de produção podem ser divididos em:

- Processos Repetitivos em Massa – produção em grande escala de produtos altamente padronizados;
- Processos Repetitivos em Lote – volume médio de produção, onde cada lote segue uma série de operações que necessitam ser programada à medida que as operações anteriores forem realizadas;
- Processos por Projeto – têm como objetivo atender uma necessidade específica do cliente, com todas as suas atividades voltadas para esta meta. O produto tem uma data específica para ser concluído e uma vez concluído o sistema produtivo se volta para um novo projeto. Exemplos de processos por projeto estão na fabricação de bens como navios, aviões, hidroelétricas, etc, e na prestação de serviços como escritórios de advocacia, agências de propagandas etc.

Um sistema de produção pode ainda ser classificado em relação à natureza do produto.

Quando o produto fabricado é algo tangível, tem-se uma manufatura de bens; quando o produto é intangível, tem-se uma prestação de serviços. Embora ambos os conceitos sejam similares no sentido de transformar insumos em produtos com valor agregado, uma diferença básica reside no fato da manufatura de bens ser orientada ao produto enquanto a prestação de serviços é orientada à ação.

#### 2.2.2.2 Planejamento Estratégico da Produção

O principal objetivo da estratégia de produção é fazer com que uma empresa consiga atingir uma vantagem competitiva de longo prazo. Esta vantagem competitiva é conseguida através do adequado gerenciamento dos recursos de produção.

Segundo Silva, W. (2005), há cinco prioridades competitivas principais baseadas nas quais a produção pode contribuir para a competitividade da empresa:

- Fazer os produtos gastando menos que os concorrentes, obtendo vantagens em custos;
- Fazer produtos melhores que os concorrentes, obtendo vantagem em qualidade;
- Fazer os produtos mais rápido que os concorrentes, obtendo vantagens em velocidade de entrega;
- Fazer os produtos no prazo prometido, obtendo vantagens em confiabilidade de entrega;
- Ser capaz de mudar muito e rápido o que se está fazendo, obtendo vantagens em flexibilidade. A importância relativa de cada um dos objetivos citados varia conforme o mercado particular em que a empresa está competindo.

#### 2.2.2.3 Aplicações e Benefícios de Um Modelo de Sistemas de Produção

As aplicações são as mais diversas possíveis, conforme listado a seguir:



- Obter uma maior compreensão do processo produtivo.
- Adquirir e registrar conhecimentos para uso posterior.
- Servir como base para análise de partes do processo produtivo.
- Base para simulação do funcionamento da produção.
- Base para tomada de decisões sobre operações e organização do processo.

É importante ressaltar que diversos elementos podem ser representados num modelo de processo produtivo:

- A funcionalidade e comportamento da empresa em termos de processos, operações básicas e eventos que os iniciam;
- Processo, fluxo e pontos das decisões que têm que ser tomadas;
- Os componentes físicos ou recursos, como máquinas, ferramentas, dispositivos de armazenagem e movimentação etc.

São vários os benefícios dos modelos de sistemas de produção, sendo os mais relevantes:

- Construção de uma cultura, visão e linguagens compartilhadas;
- Formalização do know-how e memória dos conhecimentos de manufatura da empresa;
- Suportar decisões para melhoria e controle dos processos.

#### 2.2.2.4 Aplicações dentro da Indústria Automotiva de Simulação a Eventos Discretos

A simulação da manufatura pode ser usada dentro da indústria automotiva como uma técnica de análise para prever o efeito de modificações em um sistema existente ou como uma técnica de apoio ao projeto, para avaliar o desempenho de um novo sistema sob uma ampla variedade de circunstâncias.

O comportamento de um sistema, durante sua evolução ao longo do tempo, pode ser estudado por meio do desenvolvimento de um modelo, o qual toma a forma de um conjunto de considerações relacionadas à operação do sistema. Uma vez desenvolvido e validado o modelo pode ser usado para investigar uma grande variedade de perguntas do tipo "e se" sobre o sistema real.

Áreas de notáveis aplicações da simulação no campo da manufatura automotiva incluem a simulação do arranjo físico de fábrica, do fluxo de processo, dos sistemas de manuseio de material, do planejamento de capacidade, da utilização de mão-de-obra, do investimento em novos equipamentos, e da programação de produção. Outras aplicações estão relacionadas à logística, configuração de ferramentas e treinamento.

Tradicionalmente, a simulação tem sido pouco aplicada ao planejamento, projeto e análise de longo prazo de linhas de montagem de automóveis, porém sua utilização tem sido crescente como uma proeminente ferramenta de suporte à decisão, onde empresas do setor automobilístico podem fazer uso da simulação de eventos discretos para modelar sistemas de manufatura e em questões relativas ao layout de fábrica, fluxo de processo, sistemas de manuseio de material, planejamento de capacidade, utilização de mão-de-obra, investimento em novos equipamentos, programação da produção e logística.

Durante o projeto a simulação é, muitas vezes, usada nas primeiras etapas para ajudá-lo a compreender a forma de funcionamento do sistema. Pode também ser usada para validar e verificar a solução final, assegurando que o projeto da linha, quando implementado, irá alcançar os objetivos identificados.

Assim, um modelo de simulação pode ser utilizado para: assegurar que um sistema de manufatura validado se mantenha consistente com os seus requisitos ao longo de prolongados períodos de tempo; dar suporte às mudanças para a realização de melhorias contínuas; auxiliar na solução do planejamento e programação do sistema; avaliar a utilização dos recursos humanos necessários; auxiliar o treinamento e educação do pessoal envolvido na operação do novo sistema.

Alguns parâmetros de projeto podem ser facilmente analisados através da simulação, tais como:

- O número de estações paralelas e seus tempos de ciclo.
- Modos de operação "*off-line*" e "*in-line*".
- Confiabilidade de máquinas e outros equipamentos.

- Velocidade dos transportadores.
- Tempo de reparo dos *pallets* rejeitados.
- Arranjo de estações paralelas otimizando o uso do espaço.

Uma das capacidades mais exigidas pelo mercado automotivo é a agilidade de uma organização em responderem às modificações de necessidades deste mercado. Para isso, a organização deve desenvolver estruturas de decisão que permitam o rápido planejamento e replanejamento da produção. Neste aspecto, o estudo apresentado mostra-se muito útil para ser incorporado a essas estruturas de decisão.

#### 2.2.2.5 Melhoria Contínua na Indústria Automotiva

Retomando, portanto, a discussão sobre a manufatura moderna, que se caracteriza pela customização maciça (Pine II, 1994) que impõe o desafio de contínua melhoria de qualidade com outro desafio de atendimento fiel aos requisitos e mesmo a requisitos emergentes e diversificados por parte do cliente final. Na indústria automotiva isto se reflete especialmente nos acessórios, adaptações de câmbio, eletrônica embarcada e, em alguns casos, em adaptações mais profundas para veículos especiais (corpo de bombeiros, ambulâncias, etc.).

Uma estratégia de produção bastante difundida se insere no escopo da prototipagem rápida, que implica em reduzir o tempo de colocação do produto no mercado, mas inserindo um processo de melhoria contínua como fator de melhoria de qualidade e como um trunfo para enfrentar a concorrência. Neste caso se busca não apenas uma melhoria direta, que vá ao encontro da expectativa do cliente final, mas também melhorias no próprio processo de fabricação, em fatores como eficiência, redução de desperdícios, utilização racional de recursos, redução de falhas, redução do tempo de recuperação de falhas, redução de riscos.

Nota-se, portanto, que se trata de um processo que integra o design do processo com sua manutenção e revisão, reduzindo o tempo do ciclo de melhoria, mas aumentando por outro lado o número de repetições deste mesmo ciclo por meio de uma comunicação robusta e sistêmica. Evidentemente, se trata de uma versão industrial aplicada das técnicas de design dirigidas para a manufatura. Portanto, o controle do ciclo de melhoria é uma questão vital para atingir um nível de eficiência aceitável, e para o sucesso comercial.

É bastante curioso que o principal instrumento deste “controle” do ciclo não apareça com força e em toda sua plenitude: a documentação do processo, incluindo aí desde o modelo original, o controle de todas as versões originadas dele, seus pensamentos e sua avaliação de eficiência, qualidade, uso de recursos, quantidade de falhas etc. De fato esta documentação seria o fator agregador e integrador entre as equipes de design e de produção.

#### 2.2.2.6 *Lean Manufacturing*

Esse sistema de produção desenvolvida na Toyota Motors e posteriormente denominado de Produção Enxuta pode ser definido como um novo paradigma de produção, como uma nova forma de pensar a empresa como um todo. Esta nova filosofia de produção engloba um conjunto de técnicas e conceitos, como Fluxo Contínuo, Sistema Kanban, Layout Celular, Fornecimento Just in Time, redução de desperdícios, entre outros. A revolução que o sistema Toyota de Produção trouxe ao mundo empresarial foi um marco na história da fabricação moderna.

Diante desse contexto, a manufatura enxuta, que tem como objetivo eliminar todas as atividades que não agregam valor ao produto final se destaca entre as possíveis alternativas para se enfrentar a concorrência. Além disso, ela permite alcançar uma produção estável, com custos reduzidos, baixos níveis de estoques, qualidade assegurada e agilidade na incorporação de mudanças no sistema produtivo.

Womack et al. (1992) foram uns dos principais difusores da filosofia da produção ou manufatura enxuta. Eles são os autores do livro “A Máquina que Mudou o Mundo”. O livro baseia-se no *International Motor Vehicle Program* (Programa Internacional de Veículos Automotores), estudo da indústria automobilística mundial do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*). Eles a resumem numa produção de grande variedade de produtos, caracterizada por um curto lead time, alto nível de qualidade e eficiente uso dos recursos. Para isso, conta com a participação de todos dentro da empresa, desde a chefia até o chão de fábrica, que passa a ter uma maior autonomia. Também, conta com a colaboração dos fornecedores, principalmente, no desenvolvimento de produtos.

Warnecke e Hüser (1995) definem a produção enxuta como um sistema de medidas e métodos que, quando adotados simultaneamente, trazem benefícios não apenas na divisão de manufatura, mas na empresa como um todo. Também, proporcionam um sistema produtivo enxuto e, conseqüentemente, competitivo.

De acordo com os autores, o desenvolvimento de produtos, a cadeia de suprimentos, o gerenciamento do chão de fábrica e os serviços pós-venda, são os principais campos de atividades envolvidos nesse modelo de produção.

Krafcik (1988) afirma que o desempenho da produção está diretamente relacionado à política de gerenciamento adotada. Complementa, ainda, que a manufatura enxuta é a mais relevante para se conseguir, simultaneamente, altos níveis de produtividade, qualidade e complexidade dos produtos. Entretanto, compara essa política com as finanças de alto risco, ou seja, sua implementação gera altos riscos, mas também, altas chances de retorno do investimento. Riscos que são atribuídos ao fluxo contínuo de produção com baixos níveis de estoques, onde a ocorrência de qualquer imprevisto promove sua interrupção. Porém, esses riscos podem ser amenizados com uma força de trabalho bem treinada e flexível, projeto de produtos fáceis de serem produzidos com alta qualidade e um bom suporte dos fornecedores (confiabilidade dos produtos e velocidade de entrega).

Shingo (1989) a define como “um sistema de absoluta eliminação de desperdícios”, destacando os princípios apresentados a seguir: Redução de custos através da eliminação de desperdícios, Just in Time, Produção puxada, Redução dos tempos de setup, Balanceamento da produção, Melhoria contínua, entre outros.

Com o auxílio dessas ferramentas podemos ter uma produção mais robusta e flexível. Segundo Upton (1995), flexibilidade pode ser definida de duas formas: a habilidade de trocar rapidamente a produção, denominado de mobilidade, e que possibilita uma maior capacidade de resposta às variações da demanda e a habilidade de produzir uma grande variedade de produtos.

### **3 Estudo de Caso**

O estudo de caso descreve a aplicação de um projeto *Lean Manufacturing* no processo de costura de uma empresa multinacional do ramo de revestimentos automotivos. O projeto foi desenvolvido na forma tradicionalmente realizada na empresa em questão e após sua finalização foi aplicada a técnica da engenharia reversa e utilizados conceitos de modelagem e simulação para análise das vantagens desta aplicação.

### 3.1 Desenvolvendo o Projeto *Lean Manufacturing*

#### 3.1.1 Etapa 1 - Definindo o Problema

O projeto foi conduzido por um técnico de processos que atua como engenheiro do AME (*Advanced and Manufacturing Engineering*) o qual definiu os seguintes membros para participarem do desenvolvimento desse projeto:

01 *ProcessOwner*<sup>2</sup>

01 Supervisor do AME

01 Supervisor de Qualidade

02 Supervisores de Produção

02 Líderes de Linha

01 Supervisor de Manutenção

Importante ressaltar que o autor dessa dissertação atuou neste projeto *Lean Manufacturing* como *Process Owner*, suportando o time nas informações e implementações requeridas, porém mantendo a imparcialidade diante do desenvolvimento desse projeto *Lean Manufacturing* de forma a não alterar a condução do time na aplicação da metodologia tradicional utilizada na empresa.

O projeto foi aberto no início do mês de Maio/11 com o objetivo de otimizar o número de máquinas de uma célula costura, pois devido a instabilidade dos pedidos diários de produção, a célula não conseguiria atender aos pedidos do cliente.

As células de produção da fábrica, objeto desse estudo de caso são compostas em geral por máquinas de costuras comuns e máquinas específicas. O sistema de produção da célula ocorre com dois tipos de fluxo sendo um em linha e outro em micro-células, e ambos os fluxos utilizam os dois tipos de máquinas citadas anteriormente. A proposta deste trabalho é comunizar estas máquinas específicas, para que possamos aumentar a carga máquina, com isso aumentando a produtividade da célula.

---

<sup>2</sup> Dono do Processo.

Devido à excessiva competitividade do mercado automotivo, as empresas visam redução de investimentos como máquinas, mão-de-obra e espaço físico (*layout*). Hoje em dia o mercado requer processos mais flexíveis e respostas rápidas dos fornecedores quanto ao cliente.

### 3.1.1.1 Análise Crítica da Etapa 1

A dissertação proposta defende a importância de não se banalizar o método *Lean Manufacturing* por meio de projetos abertos à revelia para cumprir, meramente, objetivos quantitativos que são colocados, anualmente, para os engenheiros.

Outro ponto importante seria a verificação do processo de costuras das capas para possíveis comunicações das máquinas já na fase de projeto da mesma, dando-se especial atenção à seqüência do processo, aos tempos de ciclos e às velocidades individuais de cada operador. O indicador pelo qual o engenheiro se baseou para definir o projeto a ser aberto, é meramente um dado de saída de um processo cuja produção deveria atender facilmente o volume de produção. Essa análise é indispensável para evitar que nas etapas posteriores, o time venha a definir ações que já estão conforme as apresentadas nas células de produção e que simplesmente não estão sendo seguidas.

Ao se discutir sobre a comunicação das máquinas específicas do processo com a equipe que desenvolveu esse projeto *Lean Manufacturing*, foi constatado a inexistência de um dispositivo no processo capaz de fazer com uma máquina realizasse mais de uma operação, havendo apenas dispositivos específicos nas máquinas o que leva a depender da mesma no final de cada operação. Além disso, não existia nenhuma idéia que embasasse o objetivo de otimização da carga de máquinas na célula de costura, sendo verdadeiramente, um prognóstico com base no histórico das outras fábricas que, porém, possuem sistemas e equipamentos parecidos. O resultado será visto nas demais etapas.

### 3.1.1.2 Etapa 2 – Balanceamento de linha

Balancear é nivelar, com relação a tempos, uma linha de produção ou de montagem, dando a mesma carga de trabalho às pessoas ou máquinas. Em outras palavras, o balanceamento de uma linha tem por objetivo garantir uma alta utilização da mão de obra e do equipamento, respeitando um ritmo de produção que é, essencialmente, definido pelo recurso crítico (gargalo). Desta forma, linhas produtivas bem balanceadas possibilitam elevada produtividade.

Respeitadas as relações de precedência da seqüência de operações exigida pelo processo produtivo (fluxograma do processo), as atividades produtivas são combinadas em agrupamentos de tempo aproximadamente iguais, definindo, assim, os postos de trabalho.

Nos diferentes tipos de produção, existem muitas operações distintas de processamento a serem executadas sobre o produto. Invariavelmente, a seqüência dos passos é restrita, pelo menos até certo ponto, em termos da ordem na qual as operações podem ser executadas.

O problema de balanceamento de linha consiste em combinar as tarefas individuais de processamento e montagem para que o tempo total exigido em cada estação de trabalho seja aproximadamente o mesmo. Se os elementos de trabalho podem ser agrupados de modo a que todos os tempos em cada estação sejam exatamente iguais, ter-se-á o caso de um balanceamento perfeito da linha, e conseqüentemente a produção será suave. Entretanto, na maioria das situações práticas é muito difícil alcançar um balanceamento perfeito. Quando os tempos das estações de trabalho são diferentes, a estação mais lenta determina a taxa de produção global da linha.

Existem algumas etapas, que quando falamos em balanceamento, devemos considerar e são extremamente essenciais, são elas: a volume exigido pelo o cliente, jornada disponível sendo elas: por turno, por dia, por mês, o tempo gasto em cada operação e as restrições encontradas no processo.



### 3.1.1.3 Estudo de carga máquina

Nesta fase, o time *Lean Manufacturing* fez um estudo do tempo do uso das máquinas de costura na célula de produção. Foram usados como base para o estudo, uma média do volume mensal de produção, a jornada de trabalho dos operadores e o tempo padrão do produto na operação da máquina. O cálculo do tempo padrão é feito através de um software utilizado pela empresa.

Segue na figura 02 o cálculo de carga máquina em condições normais, ou seja, sem variação de volume. Note que na coluna marcada de azul, está à operação que será calculada a carga da máquina, este cálculo é feito através do tempo da operação de uma capa, informado na coluna nomeada, com os diferentes tipos de operação (ex: união, retentor, decorativa, etc).

Depois este tempo é multiplicado pela demanda de capas por pessoa, que também está informado na planilha e assim tem-se a carga aplicada por máquina. Sabendo esse valor, conseguimos enxergar o nivelamento de cargas nas máquinas e conseqüentemente o posto de trabalho que está gerando o recurso crítico (*gargalo*) e o que se encontra ocioso.

Part Number		GSV MY2012				
Encosto Dianteiro						
Jornada	480,5					
Demanda Cariceta	115					
Capas Caricet	2					
Capas Total	230					
Pessoas	5,21					
Demanda Capas Pesso	44					

	TEMPO				
	União	REBATIDA	Retentor	Retentor	Decorativa
			J	F	
COSTURAR BOLSTER RT (ITEM 04) - BIDIM (ITEM 17) NO INSERT (ITEM 01)	0,511	0,511			
COSTURAR BOLSTER LT (ITEM 04) - BIDIM (ITEM 17) NO INSERT (ITEM 01)	0,511	0,511			
COSTURAR INSERT UPPER (ITEM 02) - BIDIM (ITEM 18) NO INSERT (ITEM 01)	0,520	0,520			
COSTURAR ELASTICO (ITEM 26) NO BOLSO (ITEM 12)	0,396	0,396			0,396
FAZER COSTURA DECORATIVA DO INSERT (ITEM 01)	0,424	0,424			
COSTURAR FACING SIDE EXTENSION (ITEM 10)	0,410	0,410			
FAZER BAINHA NA EXTREMIDADE DO FACING SIDE RT (ITEM 06)	0,432	0,432			
FAZER BAINHA NA EXTREMIDADE DO FACING SIDE LT (ITEM 07)	0,421	0,421			
COSTURAR FACING SIDE RT (ITEM 07) NO FACING SIDE LT (ITEM 06)	0,679	0,679			
COSTURAR FAIXA (ITEM 05) NO CJ DA SAIA (ITENS 06,07)	1,562		1,562		
COSTURAR PAINEL SUPERIOR (ITEM 09) NO CJ FACING SIDE (ITENS 06-07)	0,617	0,617			
COSTURAR FACING SIDE EXTENSION (ITEM 10) NO CJ PAINEL SUPERIOR (ITENS 06-07-09)	1,085	1,085			
COSTURAR CJ BOLSO (ITENS 06-12+26)+BIDIM (ITEM 18) NO COJ DO PAINEL SUPERIOR (ITENS 06-07-09-10)	0,745	0,745			
COSTURAR PAINEL DIANTEIRO (ITENS 01+03+04) NO CJ DO PAINEL TRÁSERO-GUSSET RT/LT-ETIQUETA	0,740	0,740			
COSTURAR RETENTOR J NO PAINEL DO PAINEL DIANTEIRO	0,478		0,478		
COSTURAR RETENTOR F NO PAINEL DO PAINEL TRÁSERO	0,478			0,478	
	10,4253	7,49	1,56	0,48	0,48
					0,40
Carga aplicada	321	70	21	21	17
Tempo disponível	480,5	480,5	480,5	480,5	480,5
Saldo	129	391	439	439	443

Figura 02: Planilha de cálculo de carga máquina. Fonte: (O Autor)

Em condições normais, ou seja, sem variação de volume, não haveria a possibilidade de ocorrer o chamado de recurso crítico, pois para todas as operações existentes nesta capa, não estão ultrapassando o tempo máximo disponível.

Daí surgiu o problema em que o volume solicitado pelo o cliente aumentou. Como consequência, gerou a necessidade de novos investimentos em máquinas e espaço físico, pois, poderia gerar a ocorrência de gargalos nas máquinas de costura comuns (*união*) dificultando o ritmo de trabalho e o fluxo.

Sendo assim, essa dissertação, utilizou de dispositivos que conseguiram fazer com que as máquinas específicas (*decorativa*), que se encontrava ociosa, realizasse além da sua operação principal outras operações, como por exemplo, costura comum.

#### 3.1.1.4. *Layout*

O arranjo físico das instalações industriais tem grande impacto no desempenho das empresas. Desde a localização das unidades de negócios à organização do micro-espço do posto de trabalho do operador, sendo assim o layout deve ser conduzido de forma eficiente e eficaz. Isso porque os efeitos de arranjo físico bom ou ruim irão ser percebidos pela a organização nos resultado de seus negócios.

Os concepção e projeto do Layout Têm se mostrado com palavra chave na implantação do sistema de Manufatura Enxuta. Por exemplo, Miltenburg (2001) afirma que entre as ferramentas utilizadas pela Manufatura Enxuta, O Layout celular mostra-se muito adequado para possibilitar a redução lead times, custos e melhorias de qualidade.

A importância do Layout transcende os aspectos meramente de movimentação de material e tamanho dos lotes de produção. O mau arranjo físico dos equipamentos impacta, entre outros aspectos, no grau de dificuldade de programação e controle de produção. Portanto o estudo do Layout envolvendo todos os aspectos quantitativos e qualitativos, é muito importante como base de conhecimento a ser utilizados pelas empresas que buscam atingir excelência no seu processo de fabricação.

Na figura 03, mostra o layout da célula de produção citada em condições normais, onde será realizado o estudo para implantação dos dispositivos que tornam essas máquinas específicas capazes realizar duas ou mais operações.

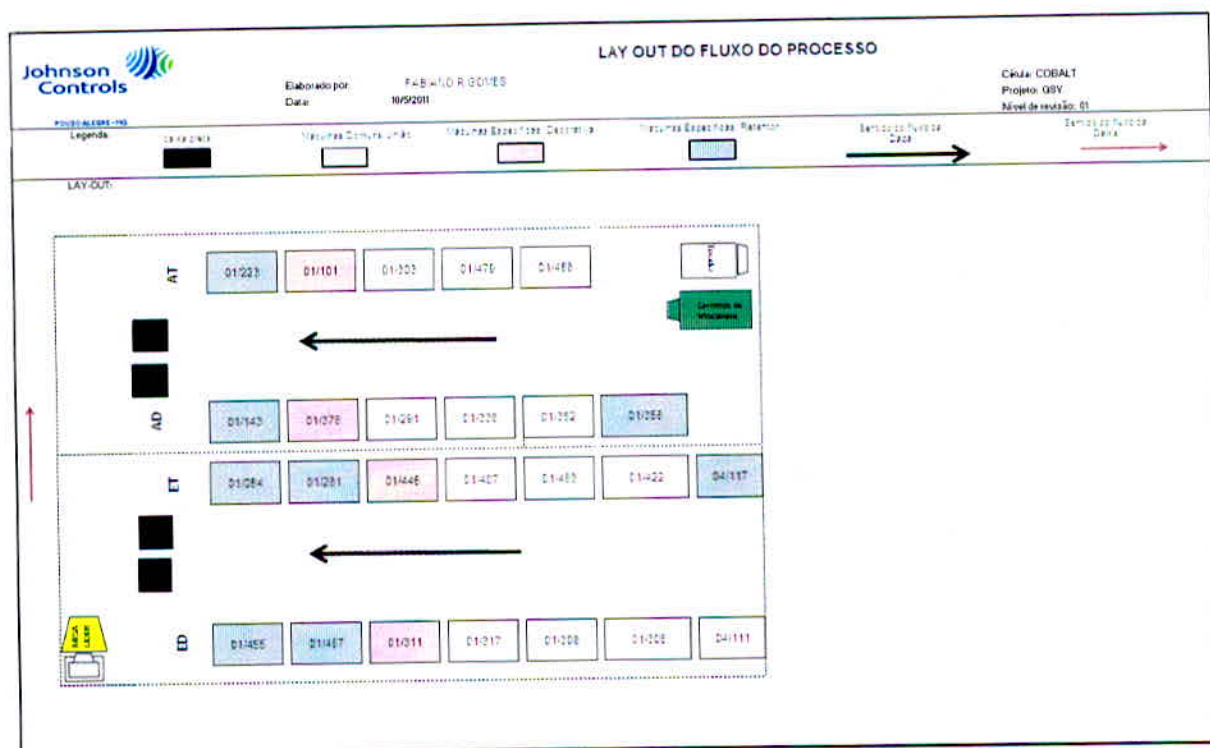


Figura 03: Layout da Célula de Produção. Fonte: (O Autor)

### 3.1.1.5 Etapa 3 - Otimizando o processo de costura da célula

Nesta fase, o *time Lean Manufacturing* em parceria com a equipe de manutenção, utilizaram o guia denominado bailarina juntamente com o guia convencional, com o propósito de inserir nas máquinas onde eram realizadas operações de costura decorativa as operações de união, onde os mesmos seriam testados. Com isso ganharíamos máquinas que realizam várias operações e o aproveitamento das mesmas seriam maiores. Através deste, foram considerados os limitantes do processo, principalmente a largura de costura das operações comuns e das operações específicas (decorativa). As mesmas para serem comunizadas tem que utilizar o mesmo tipo de caçador e linha.

Foi acompanhado um dia de produção para a validação e a verificação das dificuldades encontradas no decorrer da produção pelos operadores. Não tendo nenhuma dificuldade encontrada no processo foi emitido um relatório de teste funcional validando a produção destes produtos utilizando os dispositivos de troca rápida, conforme aprovados por todos os responsáveis do processo.

### 3.1.2.1 Análise Crítica da Etapa 3

Depois da constatação da eficácia da otimização das máquinas de costuras, propriamente ditas foram feitas melhorias nas mesmas. Para que se evitasse o erro de costura com o dispositivo em determinada operação, foi criada uma folha de processo, onde se especificava o tipo da operação, com o tipo do guia usado. Depois foi anexado um prolongamento ajustável nas mesas das máquinas com a finalidade de facilitar as duas operações, além do treinamento oferecido pelo setor de manutenção. Assim, conseguimos atender o mix de volume solicitado pelo cliente reduzindo custos e investimentos em maquinários, mão-de-obra e espaço físico.

## 4 CONCLUSÃO

Mercados dinâmicos, como o do setor automotivo, caracterizado pela fabricação de produtos de alto valor agregado, demanda instável, concorrência internacional (competitividade), têm exigido flexibilidade do processo produtivo, baixos custos e capacidade de resposta rápida às variações da demanda. Com isso, sofremos pressões para aumento de produtividade, para permitir a introdução de produtos mais rápidos e confiáveis no mercado. Portanto, aquela que oferecer um sistema produtivo mais eficiente e robusto terá maiores chances de se manter no mercado, onde a concorrência é acirrada e crescente. Neste sentido, a produção enxuta aparece como uma medida de suporte para o alcance de vantagens competitivas, na medida em que permite uma produção de grande variedade de produtos, caracterizada por um curto lead time, alto nível de qualidade e eficiente uso dos recursos.

Diante desses benefícios, juntamente com as necessidades da empresa, houve o enfoque de algumas técnicas da manufatura enxuta como: Otimização de maquinários, balanceamento de linha e layout.

A implementação dessas ferramentas se mostrou eficaz, principalmente, sob o ponto de vista da constatação de que a implantação de dispositivos no processo, quando apropriada e devidamente analisada, conduz os times de chão-de-fábrica a focar nos reais problemas do processo, trouxe também à empresa uma redução de investimento, desperdícios e espaço

físico. Sendo assim, possibilitou um processo produtivo estável, aumento de produtividade e da qualidade dos produtos, elementos fundamentais para uma empresa competitiva. Além disso, permite a produção de um grande mix de produtos e maior agilidade para responder às variações da demanda.

Por outro lado, por mais simples que sejam as melhorias nos processos industriais, as mesmas devem ser documentadas estabelecendo-se uma forte integração entre times de projeto e produção que resultará numa documentação “viva” do processo e, sobretudo, acessível. Esse conceito garante que o ciclo de conhecimento e de melhoria contínua da empresa seja alimentado, controlado e validado diariamente.

E interessante notar que após o primeiro impacto das grandes mudanças, as pessoas passaram a entender melhor o que representa a cultura da manufatura enxuta e melhoria contínua e passaram a enxergar as operações da planta de forma diferente.

Tendo como base o desenvolvimento e implantação das ferramentas da manufatura enxuta ficou evidente que a participação de todos da empresa é essencial para a sua consolidação e o comprometimento da alta gerência é fundamental para a busca constante de motivação das pessoas.

## REFERÊNCIAS

- BESSANT, J. et al. **Rediscovering continuous improvement**. Technovation. v. 14, 1994.
- BESSANT, J. et al. **Anevolucionary model of continuous improvement behavior**. Technovation. v. 21, n. 1, 2001, p. 67-77.
- CLARK, K.B.; FUJIMOTO, T. **Product development performance : strategy, organization, and management in the world auto industry**. Boston: Havard Business School Press, 1991.
- FIORAVANTI, A. **Aplicação da metodologia “Design for Six Sigma” (DFSS) em projetos automotivos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2005.
- FLORENZANO, M.C. **Gestão de desenvolvimento de produtos: estudo de casos na indústria brasileira de autopeças sobre a divisão de tarefas, capacidade e integração inter unidades**.
- GIRAULT, C.; VALK, R. **Petri Nets for System Engineering**. Springer, 2003.
- JURAN, J.M. **A qualidade desde o projeto: os novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços**. 1. ed. São Paulo: Pioneira Thimson Learning, 2002.
- KRAFCIK, J.F. - **Triumph of the Lean Production System**: Sloan Management Review, Vol. 30, No 1, pp. 41-52, 1988
- MILTENBURG, J. **Balancing and Scheduling Mixed-Model U-Shaped Production Lines**. International Journal of Flexible Manufacturing Systems, Richardson (EUA)
- SHINGO, S. **A Study of the Toyota Production System from an industrial engineering viewpoint**. Portland: Productivity Press, 1989.
- SHINGO, S. **Non-stock production: the Shingo system for continuous improvement**. Cambridge: Productivity Press, 1988.

SILVA, L. D.; PERKUSICH, A. **Modelagem Sistemática de Sistemas Flexíveis de Manufatura**. Congresso Brasileiro de Automática, Natal-RN, 2001.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração da dissertação**. Florianópolis: UFSC/PPGEP/LED, 2000.

SLACK, N., et AL. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2002.

UPTON, D. **Flexibility as process mobility**: the management of plant capabilities for quick response manufacturing - Journal of Operations Management. vol. 12, 1995

WARNECKE, H.J., HÜSER, M. - **Lean production**: International Journal of Production Economics, Vol. 41, pp. 37-43, 1995

WOMACK, J.P., JONES, D.T., DANIEL, R. **A máquina que mudou o mundo**. 1. ed. Rio de Janeiro: Campus.