

Universidade Federal do Paraná  
Departamento de Administração Geral e Aplicada  
MBA em Gerência de Sistemas Logísticos

**Projeto lean manufacturing nas linhas de  
montagem de motores de uma indústria  
automotiva**

**Pietro Silveira Prestes**

Curitiba  
2010



Universidade Federal do Paraná  
Departamento de Administração Geral e Aplicada  
MBA em Gerência de Sistemas Logísticos

# **Projeto lean manufacturing nas linhas de montagem de motores de uma indústria automotiva**

**Aluno: Pietro Silveira Prestes  
Orientador: Darli Rodrigues Vieira**

**Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do MBA em Gerência de Sistemas Logísticos da Universidade Federal do Paraná.**

## **Agradecimentos**

Agradeço a minha esposa Geisa Moraes Prestes, pela seu amor, apoio e paciência durante toda esta etapa da minha vida acadêmica.

À Universidade Federal do Paraná, pela a excelente oportunidade de aprendizado e crescimento ofertado para mim e meus colega de pós-graduação.

Ao colegas de pós-graduação pelas novas amizades adquiridas, troca de experiências e apoio.

Ao prof. Darli e todo corpo docente pelo companherismo, conhecimento a nós repassado e experiência profissional compartilhada.

E em especial a Deus e Jesus Cristo, por me possibilitar esta oportunidade de crescimento.

Muito obrigado!

## RESUMO

O objetivo desta monografia é apresentar um estudo de caso sobre a implantação do processo Lean Manufacturing (*Manufatura Enxuta*) dentro da fábrica de Montagem de uma indústria automotiva e cujo projeto é denominado iFA – *Integrated Factory Automation*.

A fábrica em questão trabalha dentro dos padrões de produção conhecida na Indústria Automotiva que foram concebidos há muito tempo atrás por Henry Ford e aperfeiçoados posteriormente pelo fundador da Toyota Toyoda Sakichi e seu principal executivo o engenheiro Taiichi Ohno. Conceito este utilizado até os dias de hoje e conhecido como Sistema Toyota de Produção (*Toyota Production System – TPS*).

A metodologia de trabalho baseou-se nas premissas de base do Sistema Toyota de Produção, com a finalidade de melhorar o desempenho produtivo das linhas de montagem e tornar a fábrica mais competitiva dentro de um setor automobilístico cada vez mais exigente.

De posse do objetivo de tornarmos uma fábrica “lean” focamos na análise e aplicação da filosofia Toyota de redução dos setes tipos de desperdícios – super-produção, tempo de espera, transporte, excesso de processamento, estoque, movimentos e defeitos. Utilizamos ainda das ferramentas “lean” como processos contínuos de análise (*kaizen*), processos pull (no sentido de *kanban*) e processos a prova de falha (*Poka-Yoke*).

No final do projeto alcançamos os resultados esperados pela fábrica no que se dizem em relação à rentabilização dos investimentos, ganhos operacionais, flexibilidade e condição de trabalho mais agradáveis para as pessoas envolvidas diretamente.

**Palavras-chave:** Lean Manufacturing, iFA, Sistema Toyota de Produção.

# SUMÁRIO

## LISTA DE FIGURAS E FOTOS

## LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

<b>1.0 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 - OBJETIVO .....	2
<b>2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>2</b>
2.1 - HISTÓRICO DA MANUFATURA ENXUTA .....	2
2.1.1 - SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (STP).....	3
2.1.2 - BASES DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO .....	5
2.1.2.1 - DESPERDÍCIOS - MUDA .....	6
2.1.2.2 - MELHORIA CONTÍNUA – KAIZEN.....	7
2.1.3 - VALOR.....	8
2.2 - METODOLOGIA DE TRABALHO .....	8
2.2.1 - GANHOS ESPERADOS.....	9
2.2.2 - DIRETRIZES.....	10
2.2.3 - ESTRUTURAÇÃO .....	11
2.2.4 - ORGANOGRAMA .....	12
2.2.5 - MACRO-PAN.....	12
2.2.6 - MAPEAMENTO DOS FLUXOS .....	13
2.2.6.1 - MAPEAMENTO DOS FLUXOS LOGÍSTICOS .....	13
2.2.6.2 - MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (MFV) .....	13
2.2.7 - POKA-YOKE .....	14
2.3 - MÉTODOS DE ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA .....	15
2.3.1 - TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR).....	15
2.3.2 - VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL) .....	16
2.3.3 - TEMPO DE RETORNO (PAY BACK) .....	17
<b>3.0 PROJETO LEAN MANUFACTURING NAS LINHAS DE MONTAGEM DE MOTORES DE UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA.....</b>	<b>17</b>
3.1 - MAPEAMENTO DOS FLUXOS .....	17
3.1.1 - MAPEAMENTO DOS FLUXOS – LINHA MOTORES .....	20
3.2 - LAY OUT IDEAL .....	21
3.2.2 - LAY OUT IDEAL LINHA MOTORES .....	22

3.3 - MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR (MFV) DA LINHA DE MONTAGEM MOTORES .....	24
3.4 - ANÁLISE NVA DA LINHA DE MONTAGEM MOTORES .....	26
3.5 - DESENVOLVIMENTO DOS CARRINHOS KITS .....	29
3.6 - MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR (MFV) DA LINHA DE MONTAGEM MOTORES PÓS-IMPLANTAÇÃO DOS CARRINHOS KITS .....	35
3.6.1 - MAPEAMENTO DE FLUXOS DE VALOR – LINHA MOTORES I.....	35
3.6.2 - MAPEAMENTO DE FLUXOS DE VALOR – LINHA MOTORES II.....	37
3.7 - ANÁLISE NVA DA LINHA DE MONTAGEM MOTORES PÓS-IMPLANTAÇÃO DOS CARRINHOS KITS.....	38
3.8 - ESTUDO PARA IMPLANTAÇÃO VEÍCULO GUIADO AUTOMATICAMENTE (AGV) ...	41
3.8.1 - DEFINIÇÃO VEÍCULO GUIADO AUTOMATICAMENTE (AGV).....	41
3.8.2 - DEFINIÇÃO LÓGICA DE FUNCIONAMENTO AGV.....	41
3.9 - POKA-YOKE .....	44
3.10 - ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA .....	46
<b>4.0 CONCLUSÃO .....</b>	<b>47</b>
<b>5.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>50</b>

## LISTA DE FIGURAS E FOTOS

- Figura 01 – A Estrutura do Sistema Toyota de Produção
- Figura 02 – Redução de Desperdícios
- Figura 03 – Melhoria Contínua
- Figura 04 – Roteiro
- Figura 05 – Organograma
- Figura 06 – Macro Plan
- Figura 07 – Ícones do Fluxo de Valor
- Figura 08 – Lay out da Fábrica Montagem\_a
- Figura 09 – Lay out da Fábrica Montagem\_b
- Figura 10 – Desenho Fluxo Logístico
- Figura 11 – Mapeamento Logístico Linha Motores
- Figura 12 – Lay out Ideal
- Figura 13 – Lay out Ideal Linha Motores
- Figura 14 – Mapeamento Fluxo Linha Motores I (Antes)
- Figura 15 – Engajamento Logístico Linha de Motores I (Antes)
- Figura 16 – Mapeamento Fluxo Linha de Motores II (Antes)
- Figura 17 – Engajamento Logístico Linha de Motores II (Antes)
- Figura 18 – Desenho Carrinho Kit Linha Motores I
- Figura 19 – Desenho Carrinho Kit Linha de Motores II
- Figura 20 – Mapeamento Fluxo Linha de Motores I (Depois)
- Figura 21 – Engajamento Logístico Linha Motores I (Depois)
- Figura 22 – Mapeamento Fluxo Linha de Motores II (Depois)
- Figura 23 – Engajamento Logístico Linha Motores II (Depois)
- Figura 24 – Lógica Funcionamento AGV
- Figura 25 – Lógica Funcionamento AGV
- Foto 01 – Carrinho Kit Linha Motores I
- Foto 02 – Carrinho Kit Linha Motores II
- Foto 03 – AGV
- Foto 04 – AGV
- Foto 05 – Área Preparação Kit
- Foto 06 – Poka-Yoke

## **LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS**

Tabela 01 – Valores VA e NVA da linha de motores I (Antes)

Tabela 02 – Valores VA e NVA da linha de motores II (Antes)

Tabela 03 – Valores VA e NVA da linha de motores I (Depois)

Tabela 04 – Valores VA e NVA da linha de motores II (Depois)

Tabela 05 – Análise Viabilidade Econômica

Gráfico 01 – Valores VA e NVA da linha de motores I (Antes)

Gráfico 02 – Valores VA e NVA da linha de motores II (Antes)

Gráfico 03 – Valores VA e NVA da linha de motores I (Depois)

Gráfico 04 – Valores VA e NVA da linha de motores II (Depois)

## 1.0 INTRODUÇÃO

O tema principal desta monografia é apresentar um estudo de caso da implantação do projeto de manufatura enxuta (Lean Manufacturing) na linha de montagem de motores de uma indústria automobilística.

Depois da grande crise no setor automobilístico ocorrido em 2009 e a enxurrada de novas montadoras instalando-se no país, as indústrias automobilísticas se viram obrigadas a buscar novos conceitos de produção visando torna-se mais competitivas num mercado cada vez mais agressivo e exigente.

Podemos dizer que atualmente a maioria das montadoras adotam o Sistema Enxuto de Produção, porém nenhuma delas está livre dos desperdícios de produção e atividades que não agregam valor ao produto final.

Seguindo então a base do conceito do Sistema Toyota de Produção, estruturou-se este estudo de caso onde no final verificaremos que por mais enxuto seja a nossa fábrica sempre haverá desperdícios a serem eliminados.

## **1.1 - Objetivo**

Este projeto tem por objetivo propor uma reflexão sobre a forma de produção atual e aplicar o conceito Integrated Factory Automation (iFA), cujo alicerces estão estruturados no Sistema Toyota de Produção – Lean Manufacturing. Conceito este já aplicado em diversas fábricas do grupo e que por onde teve a sua concretização proporcionou os resultados esperados.

Os estudos serão realizados sobre as linhas de montagem de motores onde teremos como objetivo principal a aplicação do conceito de áreas de preparação de kittings, implantação de sistemas poka yokes e veículos guiados automaticamente (AGV), a eliminação dos setes desperdícios e conseqüentemente a redução dos custos de transformação do produto.

## **2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 - Histórico da manufatura enxuta**

A expressão Manufatura Enxuta ou "Lean Manufacturing", definida por John Krafcik, é a nomeação do revolucionário sistema Toyota de produção denominado Produção Enxuta ou Lean Production, que possui em seus alicerces os fundamentos da utilização do menor número de recursos, maximizar a eficiência fabril com a máxima flexibilidade.

“Assim, a manufatura enxuta emprega equipes de trabalhadores multiqualeificados em todos os níveis da organização, além de perseguir custos sempre declinantes, nível zero de estoque, e de desenvolver ou adquirir máquinas altamente flexíveis, para produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos, tendo sempre em mente a máxima satisfação do cliente – a qualidade aplicada” (WOMACK; JONES; ROOS; 1992).

Fred Taylor e Henry Ford buscaram reduzir a ineficiências da produção artesanal. O gerenciamento de Taylor e as inovações na fábrica de Ford estabeleceram as bases para a chamada produção em massa. Sistema este que permaneceu como vitorioso durante décadas.

Após anos de resultado negativos a Toyota concluiu que a produção em massa não funcionava nas suas fábricas. Com isso Eiji Toyoda e seu gênio de produção Taiichi Ohno criaram um sistema que fazia da virtude uma necessidade – fazer mais com menos recursos e tempo. Depois de muitos anos de aperfeiçoamento por Ohno chegamos ao que chamamos atualmente de Sistema Toyota de Produção conhecida também como Manufatura Enxuta (Lean Manufacturing). A manufatura enxuta representa fazer mais com menos – menos espaço, menos esforço humano, menos tempo, menos material menos maquinário – e, ao mesmo tempo, entregar o que os clientes querem.

### **2.1.1 - Sistema Toyota de Produção (STP)**

O conceito da Manufatura Enxuta (ou Lean Manufacturing) surgiu na indústria automobilística, considerada como a “Indústria das Indústrias”, que revolucionou radicalmente nossa forma de produzir bens duas vezes neste século:

- \* 1º - Ford e Sloan - da Produção Artesanal para a Produção “em Massa”;
- \* 2º - Toyoda e Ohno – da Produção em Massa para a Produção Enxuta.

Segundo (OHNO,1997), o sistema toyota de produção é:

“A eliminação de desperdícios e elementos desnecessários a fim de reduzir custos; a idéia básica é produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida.”

Num mercado onde o cliente esta cada vez mais exigente, a única maneira de tornar-mos mais competitivos é a redução dos desperdícios e custos. Então segundo o sistema Toyota não podemos mais aplicar a velha equação para definição do preço do produto e sim substituída pela com foco na redução dos custos operacionais para obtenção dos lucros.

Antiga equação de cálculo:

“Custo + Margem de Lucro = Preço”

Nova equação de cálculo:

“Preço (valor de mercado) – Custo = Lucro”

Para melhor entendermos o Sistema Toyota de Produção devemos conhecer a imagem que representa bem a filosofia idealizada por Ohno, a chamada “Casa da Produção Lean”, figura 01.



Figura 01 – A Estrutura do Sistema Toyota de Produção

Onde temos:

**Just-in-Time** (um dos pilares) tem o foco das entregas aos clientes, no tempo certo e quantidades pedidas, sem gerar estoques ou atrasos.

**Jidoka** (o outro pilar) tem o foco na melhoria dos processos, buscando a eliminação dos desperdícios.

Estes são os pilares da filosofia. Eles estão apoiados nas bases da **melhoria contínua, padronização e estabilidade**, os quais exigem um grau de estabilidade entre eles para se equilibrarem.

A partir destes princípios, diversas ferramentas foram criadas, voltadas a resolução de problemas e gerenciamento de produção. Algumas são bem mais conhecidas, como o Kanban, PDCA, 5 S's, 5 por quês, poka-yoke, e takt-time. Outras, nem tanto, como o Heijunka Box, Andon, Mapeamento do Fluxo de Valor, e Milk Run. Mas todas estas ferramentas buscam a integração do sistema produtivo à filosofia da Manufatura Enxuta – Lean Manufacturing.

No telhado temos a meta do sistema que é o foco no cliente: garantir a entrega com a mais alta qualidade para o cliente ao menor custo, no tempo mais curto.

No centro do sistema temos o coração, ou, o Envolvimento, onde os membros da equipe são flexíveis e motivados, com a constante procura de como fazer melhor as coisas.

### ***2.1.2 - Bases do sistema Toyota de produção***

A Estabilidade e a Padronização fazem parte da base sobre os quais estão apoiados os pilares do Sistema Toyota de Produção.

Como a base do STP que contemplam as ferramentas de Melhoria Contínua e Redução dos Desperdícios serão amplamente abordados neste estudo de caso, estes serão melhores detalhados nos capítulos abaixo.

### **2.1.2.1 - Desperdícios - Muda**

O desperdício também conhecido na língua japonesa por muda.

Desperdício ou Muda é qualquer atividade que consuma recurso sem criar valor para o cliente.

A classificação proposta por Taiichi Ohno dos setes desperdícios são:

1. Super-produção: produzir além do que o cliente quer. É a pior forma de desperdício, pois contribui para a ocorrência dos outros seis.
2. Espera: tempo em que o operador fica parado esperando que o material seja entregue ou que uma máquina seja reparada.
3. Transporte: toda movimentação desnecessária de produtos ou peças. Transporte é muda necessária, mas deve ser minimizada.
4. Excesso de Processamento: realizar etapas desnecessárias ou incorretas, geralmente devido a equipamento ou projeto ruim.
5. Estoque: possuir estoques maiores que o mínimo necessário para um sistema puxado controlado precisamente.
6. Movimentação: operadores realizando movimentações desnecessárias tais como procurar por ferramentais, peças, documentos, etc.
7. Correção: inspeção, retrabalho e refugo.

Dentro destas mudas conhecidas podemos classificar ainda em 02 tipos de mudas:

1º - Muda que não cria valor, mas é inevitável dentro de uma determinada situação.

Exemplo: inspeções no produto para garantir a qualidade.

2º - Muda que não cria valor e pode ser imediatamente eliminado

Exemplo: excesso de produção.

A utilização sistemática da ferramenta de melhoria contínua (kaizen) age como catalisador da política de redução dos desperdícios, conforme ilustrado na figura 02.



Figura 02 – Redução desperdícios

### **2.1.2.2 - Melhoria contínua – Kaizen**

A dinâmica da melhoria contínua (**Kaizen**) consiste em realizar continuamente melhorias na área fabril com a finalidade da busca do progresso contínuo e redução dos desperdícios (*mudas*), conforme podemos observar na figura 03 abaixo.

Kaizen é uma palavra japonesa que significa muda (kai) para tornar-se bom (zen).

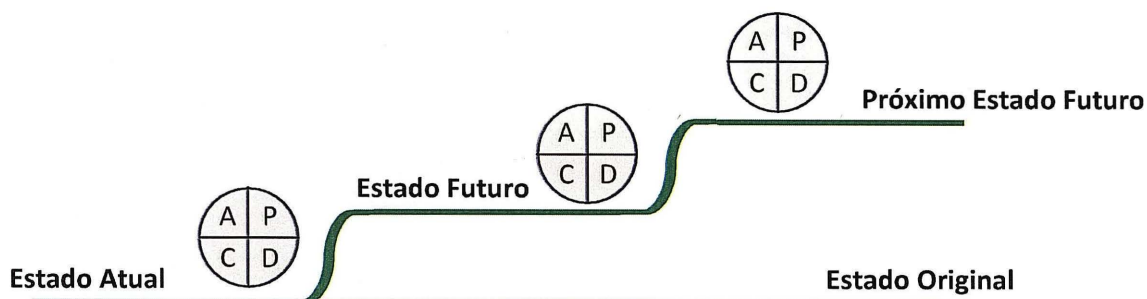


Figura 03 – Melhoria Contínua

### 2.1.3 - Valor

O valor de um produto deve ser criado pelo fabricante por meio de uma combinação de ações, muitas das quais produzem valor que podem ser percebidas pelo cliente e que estão dispostos a pagar por elas – atividades de valor agregado (VA).

Outras muitas vezes necessárias devido à configuração do projeto e do processo de produção, porém não agregam valor ao produto (NVA) e o cliente não está disposto a pagar por elas.

### 2.2 - Metodologia de trabalho

O conceito de trabalho do projeto iFA consiste em participar ativamente da melhoria de performance da fábrica, eliminando o **Não Valor Agregado (NVA)** sobre os postos de trabalho, propondo uma reflexão sobre Plano Diretor da fábrica em termos de fluxos e implantações.

Olhando diretamente aos ganhos ligados a linha de montagem podemos incluir a redução de postos de trabalho, melhoria da qualidade do produto final e um ambiente de trabalho mais clean, porém para isso precisamos englobar dentro do processo fabril as áreas denominadas **Strike Zone**.

A Strike Zone é a organização da borda da linha e seu torno que:

- Permite ao operador de linha concentrar-se sobre as operações de valor

agregado;

- Garante um tempo de trabalho mais constante no posto;
- Elimina perdas tais como, deslocamentos, escolha de peças, más posturas, operações não cíclicas, repegas ou manipulações de peças;
- Melhora o nível de ergonomia possível.

O iFA e Strike Zone é uma resposta as exigências da fábrica: *flexibilidade, diversidade e reatividade.*

### 2.2.1 - Ganhos esperados

Dentro do contexto de ganhos esperados após as implantações teremos muitos impactos positivos para as linhas de montagem, operadores, fluxos logísticos, onde podemos destacar os ganhos nos principais eixos:

<b>FABRICAÇÃO</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Redução do número de operadores</li></ul>
<b>KAIZEN / POSTOS TRABALHOS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Simplificação</li></ul>
<b>CONTROLE</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Zero escolha devido à instalação de móveis a lâmpada – poka yoke</li></ul>
<b>LOGÍSTICA</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Fluxo Primário mais curto</li><li>▪ Fluxo Secundário – maiores ganhos com AGV</li><li>▪ Degradação por aumenta de áreas kitting – redução área estoques</li></ul>
<b>MÃO DE OBRA</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Redução de deslocamento</li><li>▪ Aumento do ritmo de trabalho</li><li>▪ Redução de operações sem valor agregado</li><li>▪ Redução OS</li></ul>

### 2.2.2 - Diretrizes

Nesta etapa foram repassadas para a equipe de trabalho as diretrizes do projeto, onde as quais sendo seguidas e implantadas darão como retorno os ganhos esperados.

#### Diretrizes do Projeto iFA:

O quê	Como
▪ Zero empilhadeiras nas bordas de linha	Massificar a utilização de bases rolantes
▪ Otimizar a performance dos engajamentos picking	Colocar as operações de pré-montagem nas zonas de picking Reagrupar as zonas de picking Trabalhar os lotes dos picking Implantar as zonas picking em “U”
▪ Fluxo primário curto	Localização dos pickings próximas as docas
▪ Otimizar a mão de obra dos fluxos secundário	Introduzir Low Cost Automation – LCA Implantar Veículos Guiados Automaticamente AGV ( <i>se rentável</i> )
▪ Fluxos primários e secundários otimizados	Minimizar as distâncias de provisionamento Evitar o cruzamento de fluxo primário e secundário
▪ Ajuste dos engajamentos dos postos de linha	Transferir o NVA dos postos para antes do fluxo de peças Colocar a operações de pré-montagem nas zonas de picking

<ul style="list-style-type: none"> <li>Zero deslocamento dos operadores</li> </ul>	<p>Utilizar de carros de peças seqüenciadas ou kits compactos</p> <p>Colocar assistências nos postos para as ferramentas</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Zero escolha de peças nos postos</li> </ul>	<p>100% das peças em picking</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Zero erro e Zero esquecimento de peças pelo operador</li> </ul>	<p>100% de móveis a lâmpada nas zonas de picking (POKA-YOKE)</p>

### 2.2.3 - Estruturação

Sendo um projeto desenvolvido e idealizado pela engenharia central da nossa fábrica, utilizamos do roteiro (Road Map) disponibilizados por eles para a estruturação inicial do projeto, conforme mostrado na figura 04.

## iFA – Road Map – 2009/2010

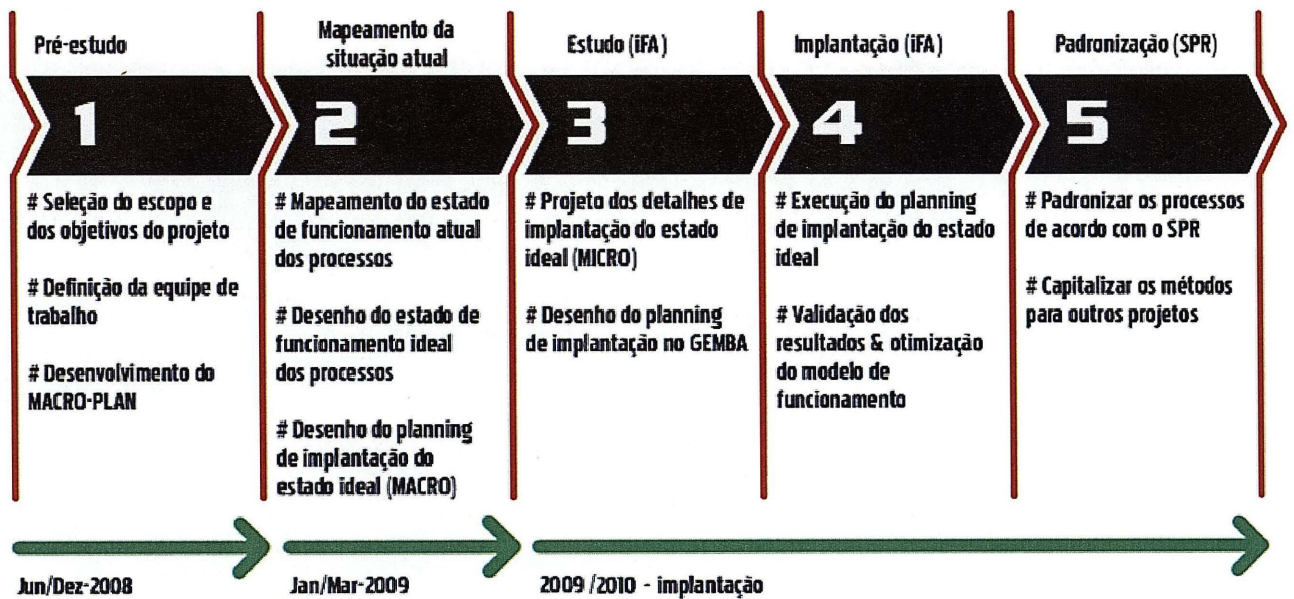


Figura 04 – Roteiro

## 2.2.4 - Organograma

Estruturado grupo de trabalho multi-disciplinar com especialistas das diversas áreas da fábrica, onde temos integrantes com participação full-time e outros conforme necessidades e demandas do projeto. Criado então um escritório de trabalho onde a equipe foi alocada, visando uma melhor comunicação e troca de informação ao decorrer do projeto.

Segue abaixo organograma do projeto iFA, figura 05.

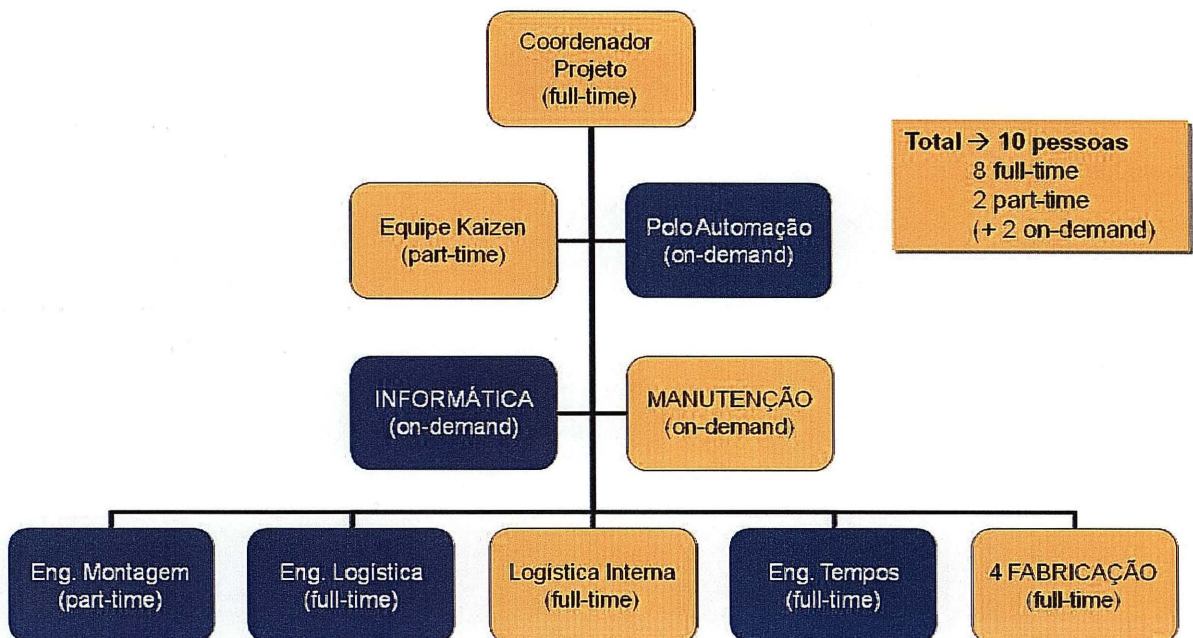


Figura 05 – Organograma

## 2.2.5 - Macro-Plan

Elaborado o Macro-Plan do projeto, onde ocorreu um balanceamento entre as necessidades de prazo da fábrica com relação aos retornos dos primeiros ganhos e as incógnitas das adversidades a serem encontradas pela equipe durante as fases de implantação. Por isso visualizamos na figura 06 abaixo, que para a primeira fase de implantações (2009) foi disponibilizado um prazo maior do que para a segunda fase a ser executada em 2010.

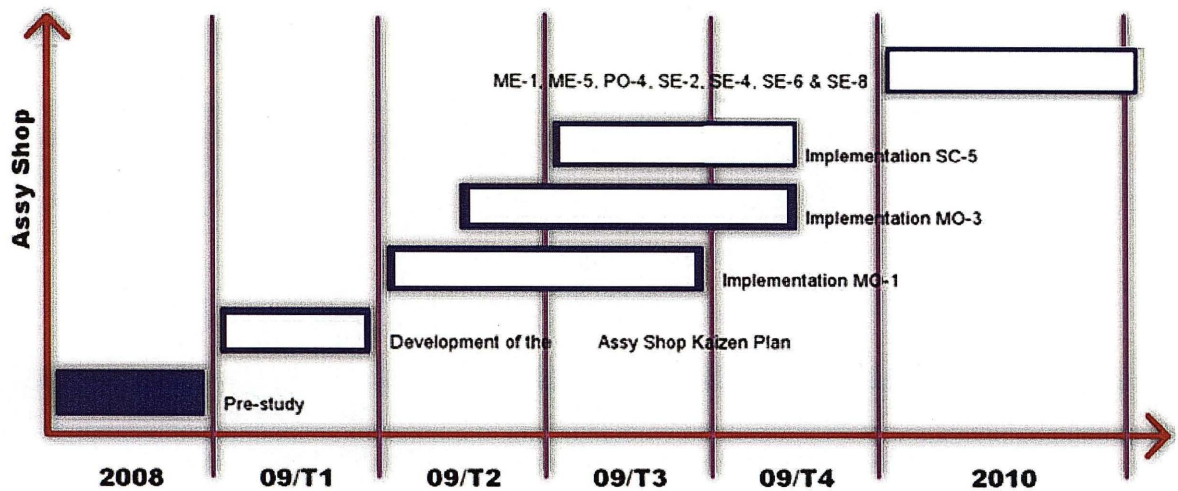


Figura 06 – Macro Plan

## 2.2.6 - Mapeamento dos fluxos

### 2.2.6.1 - Mapeamento dos fluxos logísticos

Após a disponibilização do lay out atualizado da fábrica foi realizado o mapeamento de todos os fluxos logísticos (primários e secundários) afim de clarificar os principais difuncionamentos com relação aos cruzamentos dos fluxos primários e secundários, áreas de armazenagem e conusmo de peças.

### 2.2.6.2 - Mapeamento do fluxo de valor (MFV)

Segundo Mike Rother e Jonh Shook:

“Sempre que há um produto para um cliente, há um fluxo de valor. O desafio é exergá-lo.”

Metodologia de trabalho utilizada para identificar as atividades que Agregam Valor (VA) ou Não Agregam Valor (NVA) na produção do produto em questão. Ajuda a visualizar não só os processos individuais, mas também todos

os fluxos envolvidos na concepção do produto, ambos descritos numa linguagem comum padronizada.

As etapas do mapeamento consistem em desenhar o estado atual dos fluxos, planejar e desenhar o estado futuro (ideal). Mostrando as oportunidades de melhoria pelo emprego de todos os métodos lean conhecidos.

No mapeamento utilizaremos as simbologias padrão da ferramenta, conforme demonstrados na figura 07.

### Ícones do Fluxo de Materiais

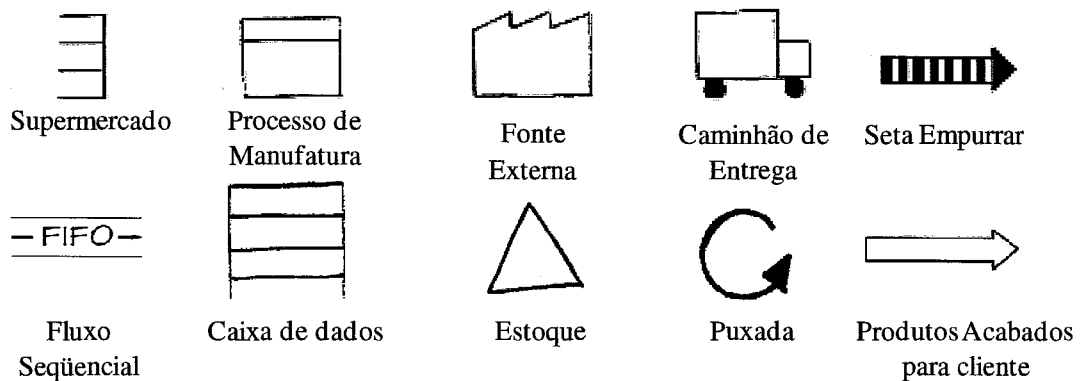


Figura 07 – Ícones do Fluxo de Valor

### 2.2.7 - Poka-Yoke

Ferramenta utilizada com objetivo de garantir a qualidade da montabilidade do produto, detectando situações anormais antes que estas aconteçam. Poka-yoke significa implementar dispositivos simples e de baixo custo com objetivo de auxiliar o operador no seu dia a dia de trabalho.

Os poka-yokes reduzem a sobrecarga física e mental do trabalhador, ao eliminar a necessidade de constantemente verificar erros comuns que provocam defeitos, como:

- Pular etapas do processo
- Erros de processo

- Ajuste errado de peças
- Peças faltando
- Peças erradas.

### **2.3 - Métodos de análise de viabilidade econômica**

Dentro do cenário atual da indústria automobilística onde encontramos as grandes potências chinesas desembarcando no Brasil precisamos ser mais competitivos dentro deste nicho de mercado, e para isso as tomadas de decisões devem ser voltadas dentro de um processo de análise que agregue valor aos acionistas com o mínimo risco de investimentos para a empresa.

A fim de minimizar estes riscos e viabilizar os projetos utilizamo-nos das ferramentas já conhecidas e vastamente utilizadas para clarificação dos ganhos e riscos inerentes ao um grande investimento.

Metodologia utilizada:

- Taxa Interna de Retorno (TIR);
- Valor Presente Líquido (VPL);
- Payback.

#### **2.3.1 - Taxa Interna de Retorno (TIR)**

A metodologia de análise da Taxa Interna de Retorno (TIR) consiste em determinar qual é a taxa de juros que torna nulo o valor presente líquido para um dado fluxo de caixa.

A TIR é calculada conforme equação abaixo:

$$\text{Zero} = \frac{\text{FC0}}{(1+\text{TIR})^0} + \frac{\text{FC1}}{(1+\text{TIR})^1} + \frac{\text{FC2}}{(1+\text{TIR})^2} + (\dots) + \frac{\text{FCn}}{(1+\text{TIR})^n}$$

FC = Fluxos de caixa esperados (positivos ou negativos)

Para que um projeto seja aceitável o resultado final da TIR deve ser maior do que o retorno exigido, caso contrário deve ser rejeitado.

### **2.3.2 - Valor presente líquido (VPL)**

O valor presente líquido, também conhecido por valor atual líquido (VAL) é a fórmula matemático-financeira de se determinar o valor presente de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros apropriada, menos o custo de investimento inicial do projeto.

O VPL é representado pela seguinte fórmula:

$$\text{VPL} = \frac{\text{FC0}}{(1+i)^0} + \frac{\text{FC1}}{(1+i)^1} + \frac{\text{FC2}}{(1+i)^2} + (\dots) + \frac{\text{FCn}}{(1+i)^n}$$

Onde: FC = Fluxos de caixa esperados (positivos ou negativos)

i = Taxa de atratividade

De acordo com os resultados obtidos no VPL a direção da empresa decidirá se aceita ou não aceita o projeto, adotando o seguinte critério:

- VPL > zero, decisão favorável – aceita o projeto;
- VPL < zero, decisão desfavorável – rejeita o projeto.
- VPL = zero, ponto de indiferença, empresa fica indiferente em aceitar ou não o projeto de investimento.

Quando o VPL obtiver um valor maior que zero, significa que a empresa obterá um retorno maior que seu custo de capital investido e por isso a decisão favorável ao investimento.

### ***2.3.3 - Tempo de retorno (Pay Back)***

Podemos definir o payback como o período mínimo exigido pela empresa para recuperar o investimento inicial.

Cada empresa define o seu período de tempo de retorno para um investimento ser viável ou não, este período é definido conforme a saúde econômica da empresa no momento e situação atual de mercado mundial.

## **3.0 PROJETO LEAN MANUFACTURING NAS LINHAS DE MONTAGEM DE MOTORES DE UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

Neste capítulo será apresentado o estudo de caso de implantação do projeto iFA (iLean Manufacturing) no prédio da montagem de uma indústria automobilística. A metodologia aplicada foi apresentada nos sub-capítulos anteriores e amplamente exploradas neste estudo de caso.

### ***3.1 - Mapeamento dos fluxos***

Nesta etapa foi atualizado o lay out da fábrica e mapeado todo o fluxo logístico, onde verificado neste momento a grande existência de cruzamento dos fluxos primário e secundários, ocasionando uma baixa performance logística, conforme demonstrado nas figuras 08 e 09.

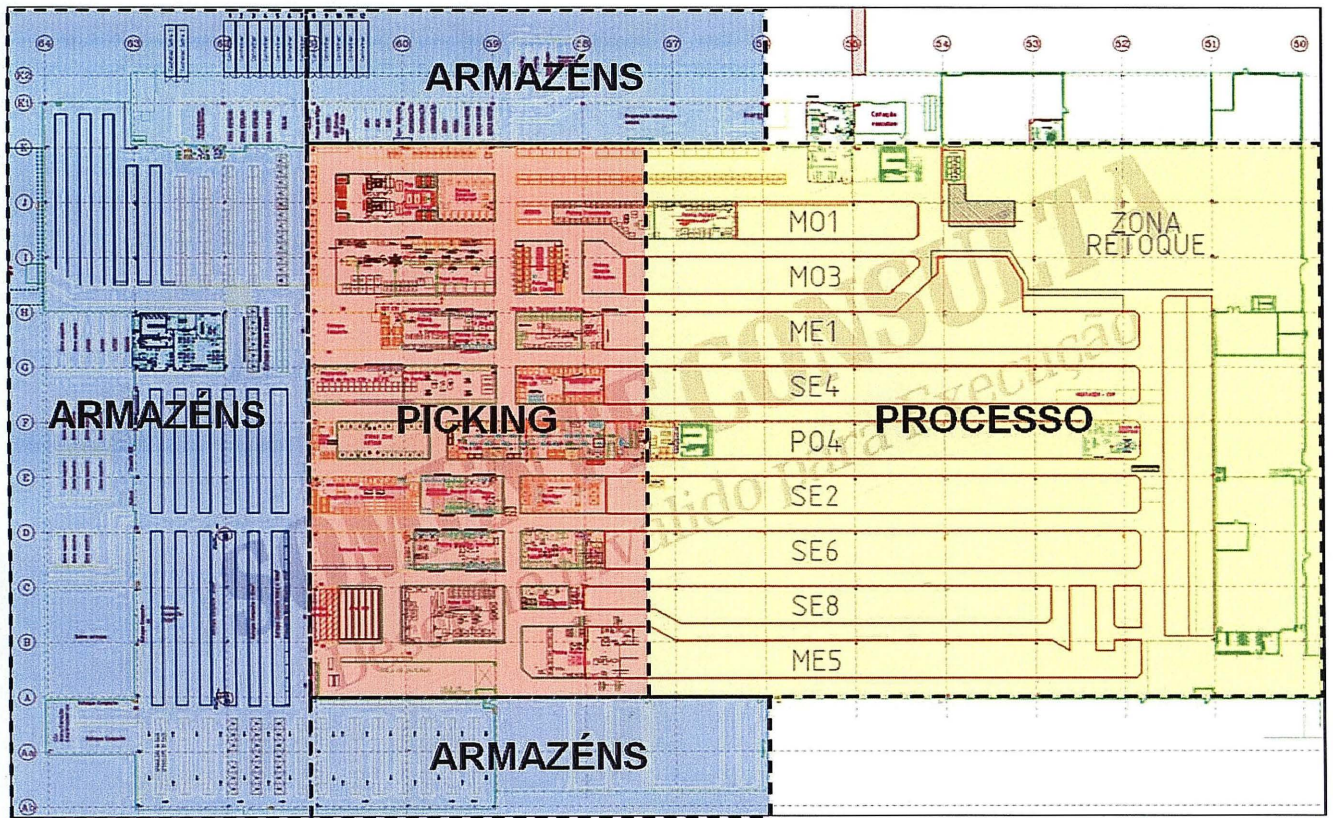


Figura 08 – Lay out da Fábrica Montagem\_a

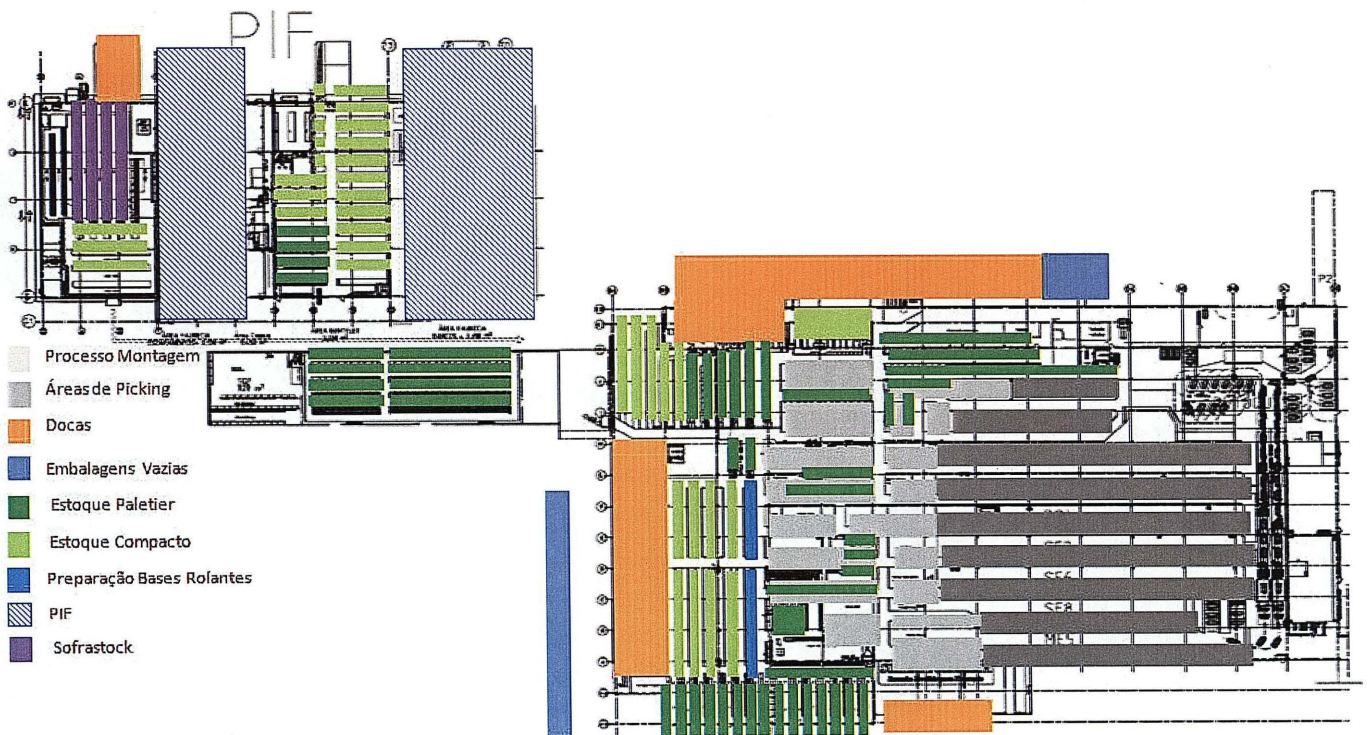


Figura 09 – Lay out da Fábrica Montagem\_b

Podemos considerar dentro do fluxo logístico a existência de dois modelos de embalagens:

- Grande Embalagem (GE): dimensões maiores 1000x500x500
- Pequena Embalagem (PE) – dimensões menores que 1000x500x500

E estas ainda classificadas de acordo com as suas características construtivas sendo:

- Embalagem de papelão
- Embalagem plástica
- Embalagem metálica
- Embalagem termoformada
- Embalagem de madeira

Após levantamento das informações de estocagem, movimentações e pontos de abastecimento foi realizado o desenho do fluxo logístico para as embalagens dentro do Complexo Fabril, conforme figura 10.

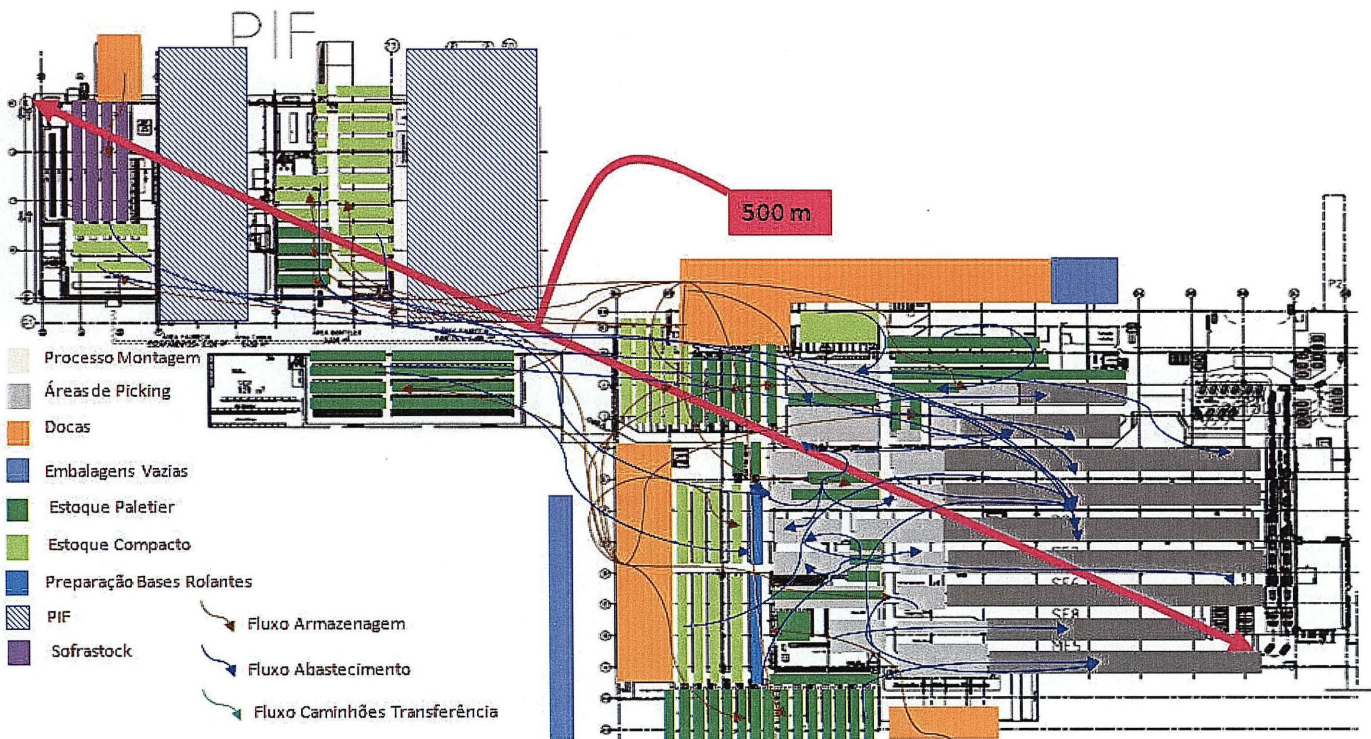


Figura10 – Desenho Fluxo Logístico

Descritivo dos principais fluxos logísticos para as embalagens.

Embalagem Grande (GE):

- Recepção nas docas CKD, Local e JIT;
- Armazenagem nos estoques compactos, paletiers e PIF;
- Embalagens de baixo giro armazenadas no PIF;
- Abastecimento da borda de linha com empilhadeiras e rebocadores.

Embalagem Pequena (PE):

- Recepção nas docas CKD e Local;
- Armazenagem nos estoques paletiers e PIF;
- Abastecimento da borda de linha com rebocadores.

Após esta etapa foi evidenciado que a nossa baixa performance logística era devido ao péssimo re-arranjo e modo de funcionamento dentro do armazém.

### ***3.1.1 - Mapeamento dos fluxos – linha motores***

A fim de clarificarmos a situação logística da linha de motores descrita neste estudo de caso realizamos o mapeamento do fluxo. Verificamos que as peças consumidas diariamente nestas linhas estão pulverizadas dentro do armazém ocasionando uma baixa performance logística, conforme podemos observar na figura 11.

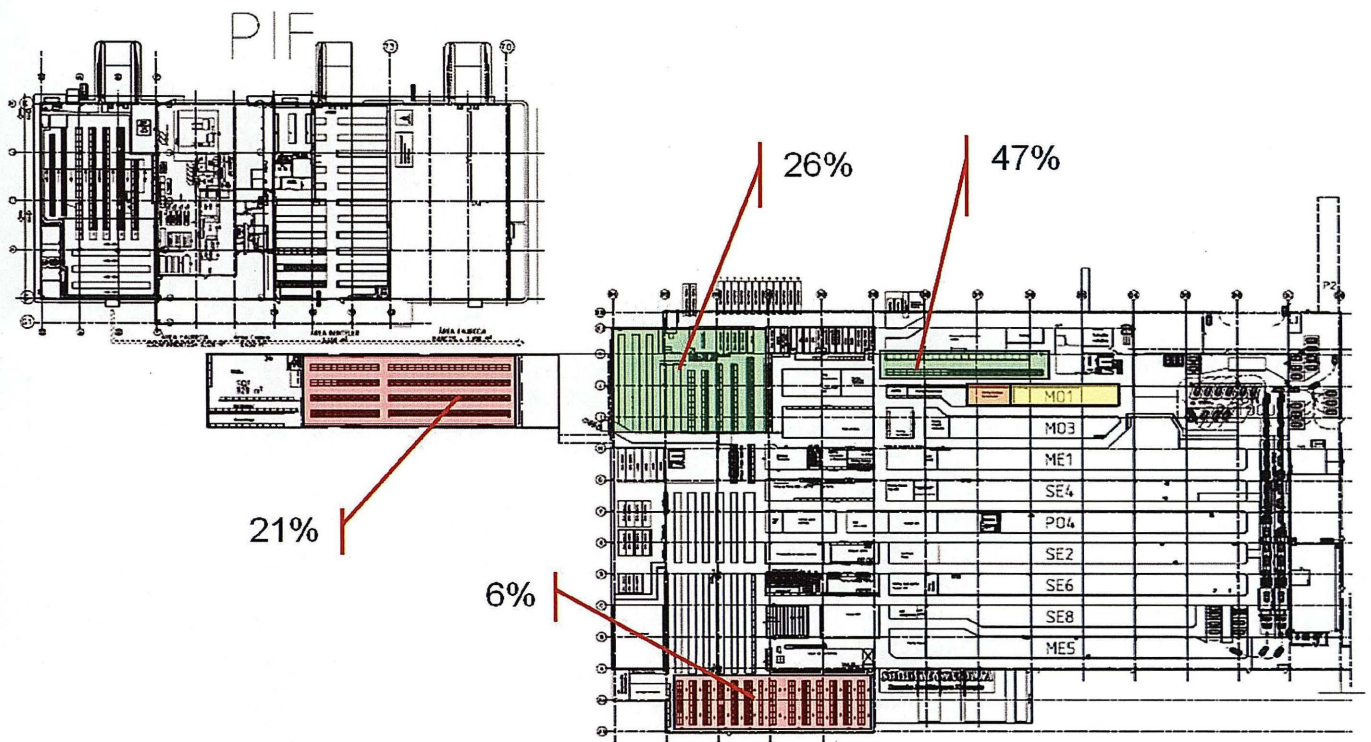


Figura11 – Mapeamento Logístico Linha Motores

### 3.2 - Lay out ideal

Conforme a visibilidade das implantações futuras e evoluções do plano diretor da fábrica, foi elaborado layout macro contemplando a implantação do projeto iFA para toda a montagem. Podemos visualizar na figura 12 que além das áreas destinadas a preparação dos kits (área picking) foram criados corredores exclusivos que serão futuramente utilizados pelos veículos guiados automaticamente (AGV's) nos fluxos secundários.

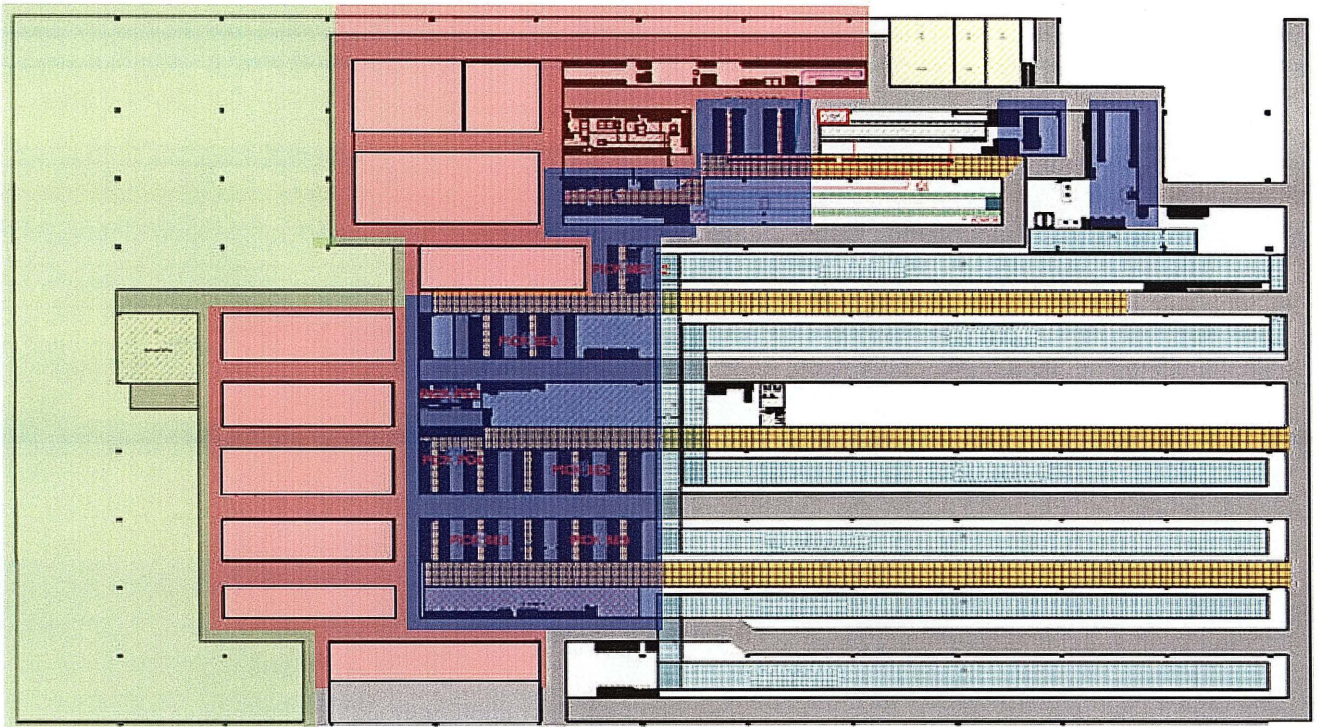


Figura12 – Lay out Ideal

Legenda cores:

- Armazém
- Áreas pré-montagem
- Áreas pickings
- Corredores exclusivos fluxo AGV

### **3.2.2 - Lay out ideal linha motores**

Com base no lay out e fluxos considerados ideais para a fábrica elaboraram-se o lay out para a linha de motores, conforme figura 13.

Previsto na fase de desenvolvimento o fechamento do corredor entre as linhas de motores I e II para futuro fluxo logístico do veículo guiado automaticamente (AGV) com os carrinhos kits.

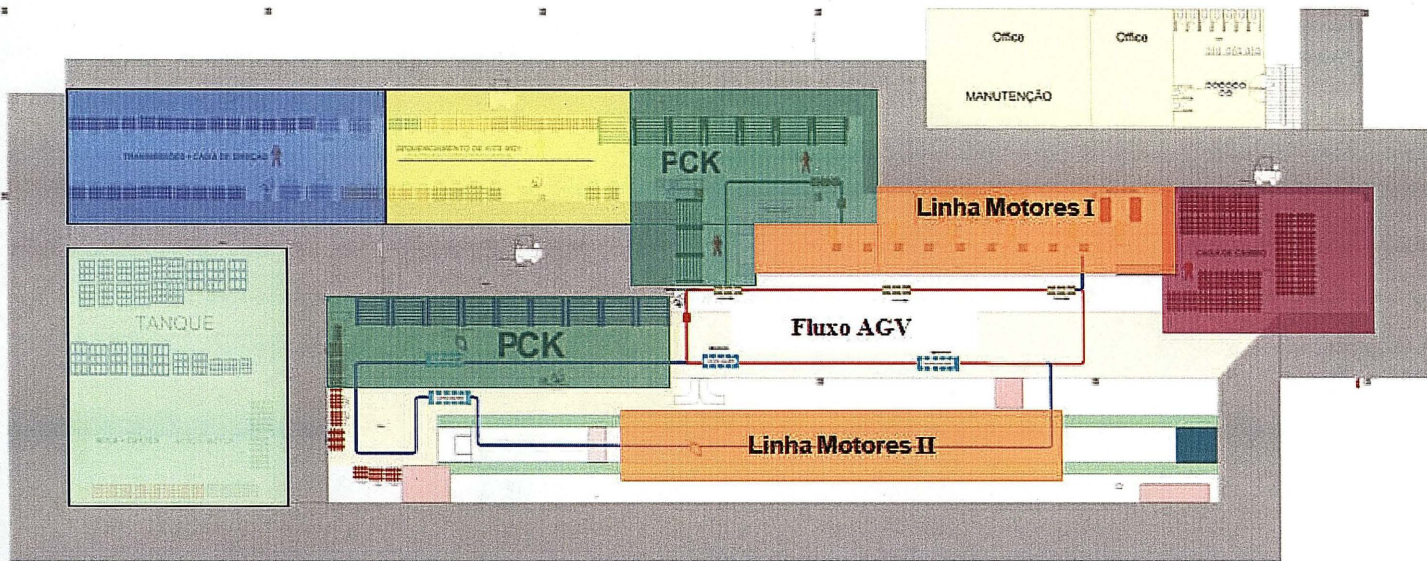


Figura13 – Lay out Ideal Linha Motores

Legenda cores:

- Picking Transmissão e Caixa de Direção
- Picking Tanque de Combustível
- Pré-montagem kits
- Sequenciamento carrinhos kits
- Picking Caixa de Câmbio
- Linha de montagem dos motores

Ao redor da linha de montagem foram posicionados os pickings das peças que alimentarão os carrinhos kits e posteriormente consumidas na linha de montagem. Estas peças por possuírem uma grande quantidade de diversidade não foram incluídas diretamente nas áreas de preparação dos kits, pois os tornariam enviáveis com relação ao deslocamento necessário pelo operador para coleta das peças.

### 3.3 - Mapeamento de fluxo de valor (MFV) da linha de montagem motores

A fim de conhecermos melhor o processo da linha de motores e suas operações periféricas realizamos o mapeamento de fluxo de valor, onde detalhamos todas as etapas que compõem os processos de montagem dos motores.

Abaixo nas figuras 14, 15, 16 e 17 temos o mapeamento dos fluxos para as linhas de montagem dos motores I e II e o engajamento das operações logísticas, onde verificamos um grande potencial para redução de mão-de-obra.

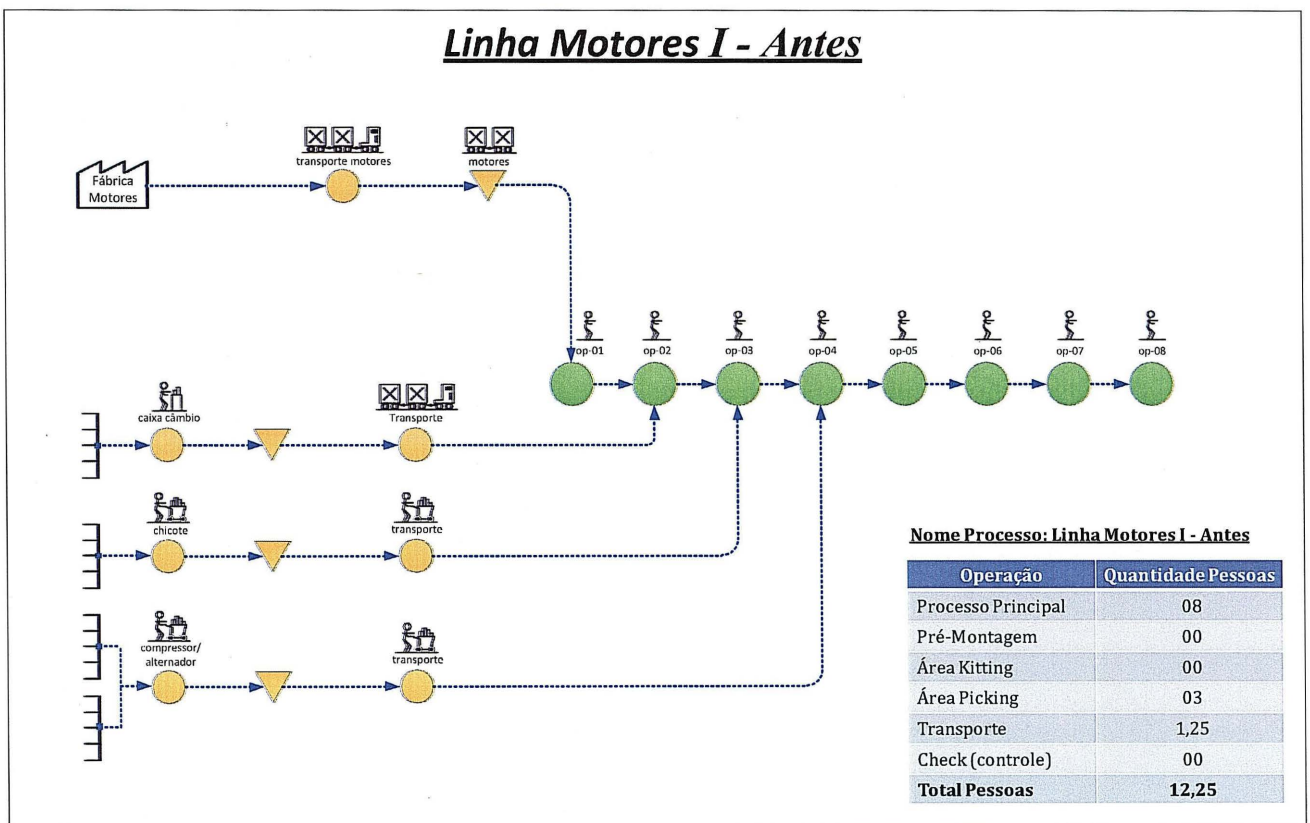


Figura14 – Mapeamento Fluxo Linha de Motores I (Antes)

### Linha de Motores I – Antes – Operações Logísticas

Picking	Atividade	Qtde Operador	Engajamento
Caixa de Câmbio	Sequenciamento	01	51%
Caixa de Câmbio	Transporte	01	25%
Caixa Direção / Chicote Motor	Sequenciamento	01	43%
Caixa Direção / Chicote Motor	Transporte		15%
Compressor / Alternador	Sequenciamento	01	33%
Compressor / Alternador	Transporte		28%

Figura15 – Engajamento Logístico Linha de Motores I (Antes)

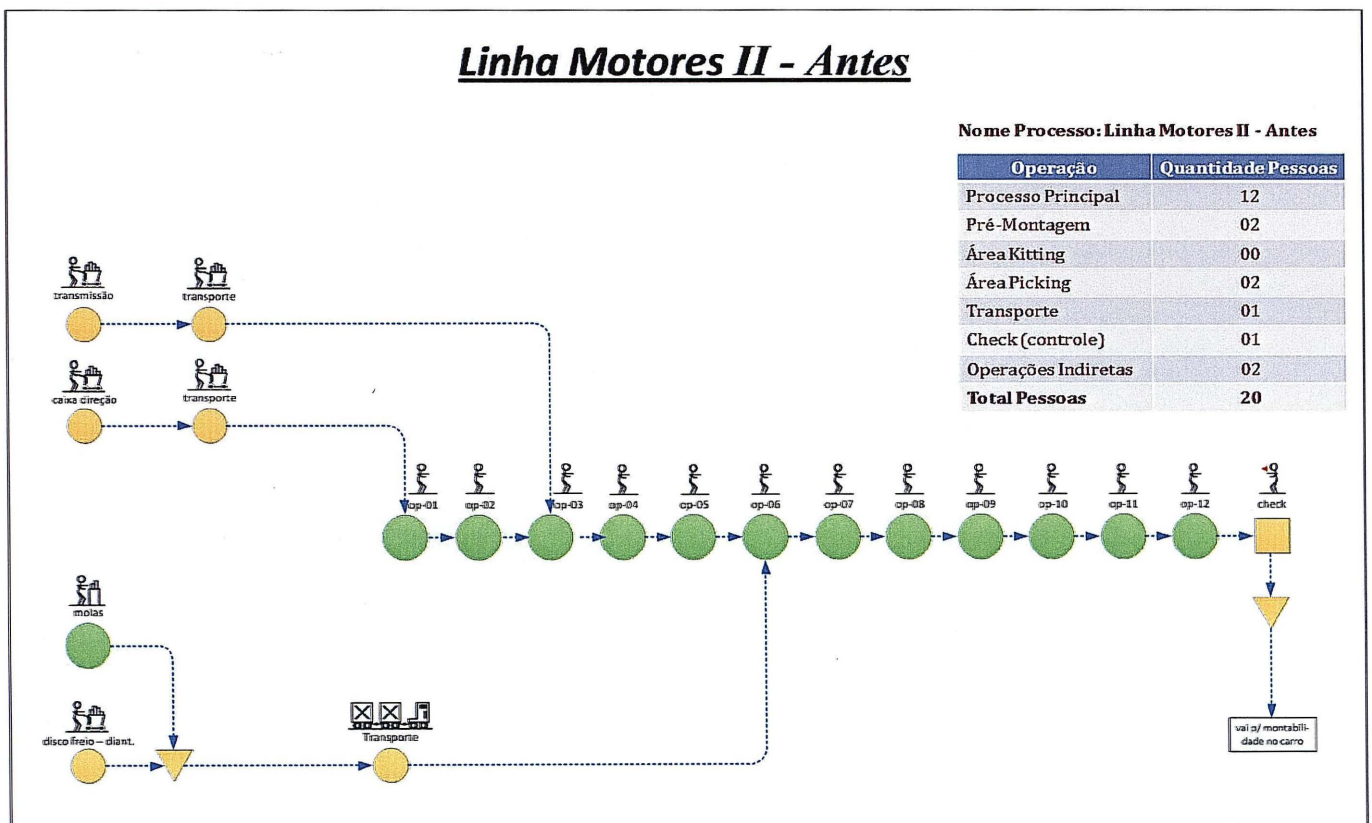


Figura16 – Mapeamento Fluxo Linha de Motores II (Antes)

### **Linha de Motores II – Antes – Operações Logísticas**

Picking	Atividade	Qtde Operador	Engajamento
Transmissão	Sequenciamento	01	49%
Transmissão	Transporte		11%
Disco Freio	Transporte	01	42%
Molas	Sequenciamento	01	33%
Molas	Transporte		10%

Figura17 – Engajamento Logístico Linha de Motores II (Antes)

### **3.4 - Análise NVA da linha de montagem motores**

Conforme descrito no Capítulo 2.1.2.1, o Não Valor Agregado (NVA) é considerado como desperdício do processo ou Muda e que devem ser reduzidas ou até mesmo eliminadas.

Como metodologia de trabalho foi realizada a filmagem e cronometragem de todos os postos de trabalho, onde posteriormente foram listadas todas as atividades que agregam valor e não agregam valor ao produto.

Após análise das atividades pelo grupo destas atividades, conseguimos visualizar dentro do processo de montagem dos motores os principais pontos a serem trabalhados.

Conforme demonstrado na tabelas 01 e 02 e nos gráficos 01 e 02.

Repartição VA / NVA por amostragem - Linha Motores I (Antes)										
ATIVIDADES		POSTOS								
		01D	01E	02D	03E	04D	06D	07D	08D	Média
Valor Agregado	Montagem	31%	35%	47%	20%	73%	14%	65%	78%	45%
	Pré-montagem / Recorte / zipagem	1%	5%	12%	0%	0%	5%	0%	0%	3%
	Parafusamento/Pinça	3%	10%	6%	14%	0%	18%	0%	1%	7%
	Pega e Depotagem	20%	15%	14%	30%	13%	32%	8%	11%	18%
Não Valor Agregado	Deslocamento	11%	12%	17%	18%	10%	18%	20%	6%	14%
	Descarte	3%	2%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
	Inatividade	20%	13%	0%	18%	0%	9%	5%	4%	9%
	Controle	2%	1%	0%	0%	1%	3%	3%	0%	1%
	Retoque	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Abastecimento	5%	6%	3%	0%	1%	0%	0%	0%	2%
	Limpeza	3%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
<b>Total Observations:</b>		<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Tabela 01 – Valores VA e NVA da linha de motores I (Antes)

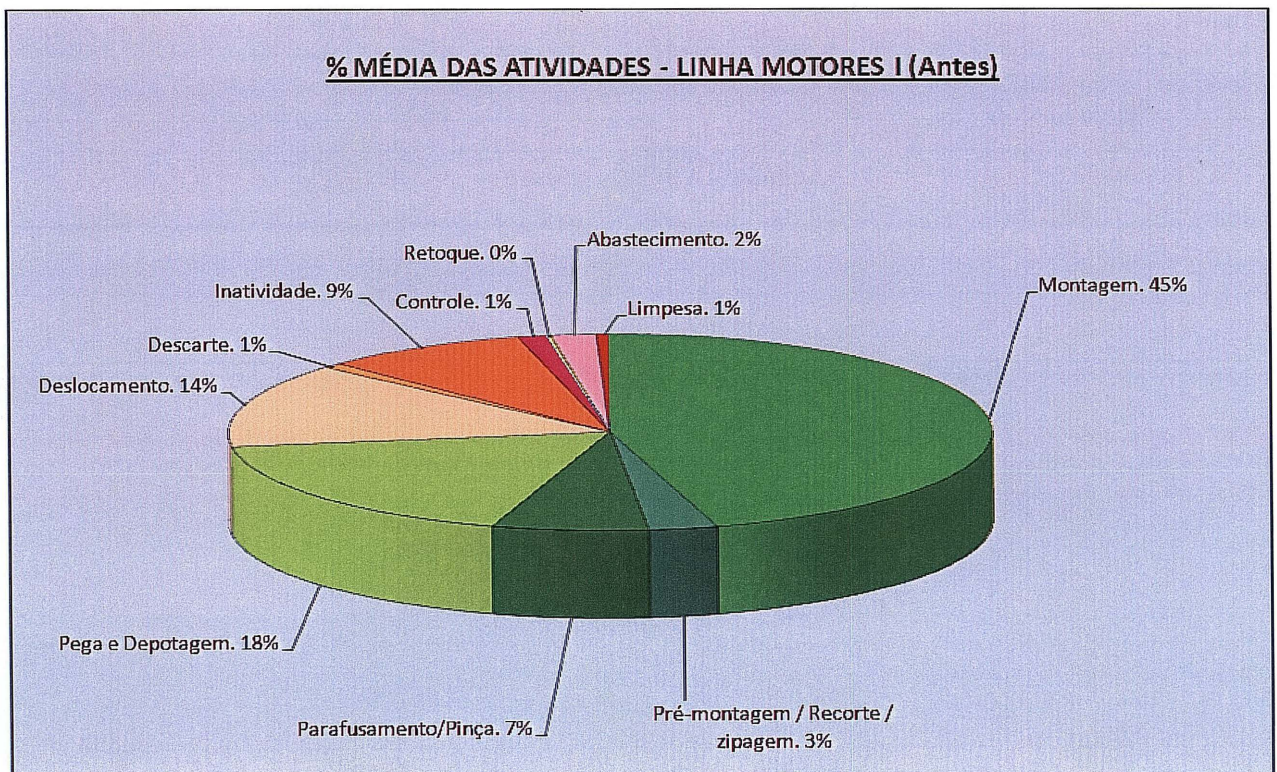


Gráfico 01 – Valores VA e NVA da linha de motores I (Antes)

Repartição VA / NVA por amostragem - Linha Motores II (Antes)														
Atividades		POSTOS											Média	
		01D	02E	04D	06D	07D	09D	11D	12E	13E	15D	17E		19D
Valor Agregado	Montagem	25%	26%	36%	37%	35%	35%	35%	28%	28%	22%	26%	13%	29%
	Movimentação talha	22%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	26%	4%
	Fixação	7%	29%	17%	29%	25%	19%	15%	32%	23%	24%	21%	13%	21%
	Pega	7%	0%	12%	17%	0%	6%	15%	17%	15%	21%	14%	11%	11%
Não Valor Agregado	Deslocamento	22%	13%	7%	10%	16%	12%	11%	8%	12%	13%	14%	9%	12%
	Descarte	0%	0%	0%	0%	0%	7%	2%	2%	0%	6%	2%	0%	2%
	Inatividade	14%	32%	22%	6%	21%	11%	20%	10%	10%	14%	20%	19%	17%
	Controle	0%	0%	0%	0%	0%	7%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
	Retoque	0%	1%	5%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	1%
	Abastecimento	1%	0%	0%	1%	1%	3%	0%	3%	11%	0%	1%	8%	2%
	Limpeza	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>Total Observações:</b>		<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Tabela 02 – Valores VA e NVA da linha de motores II (Antes)

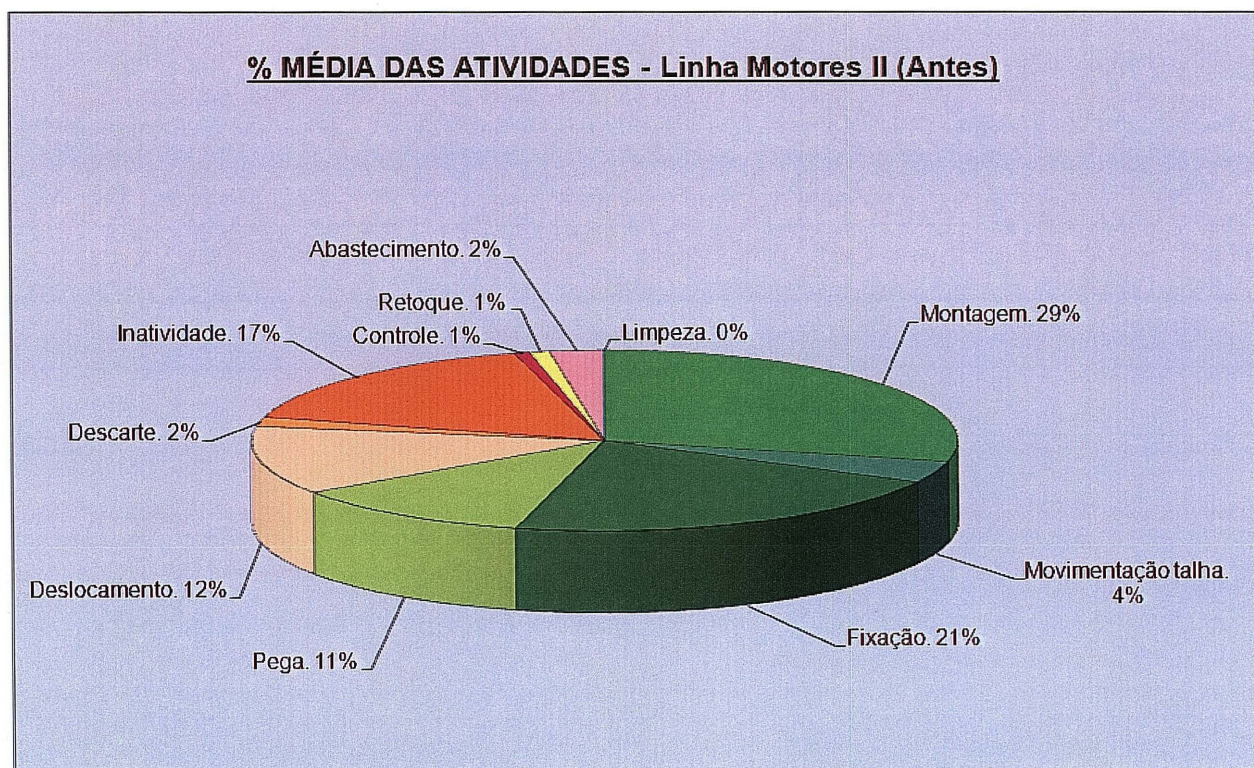
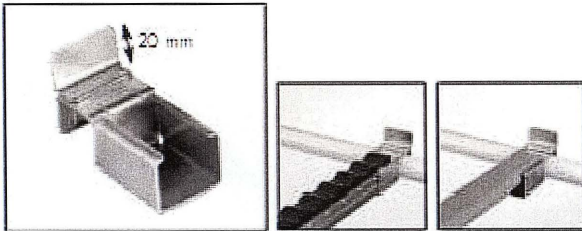
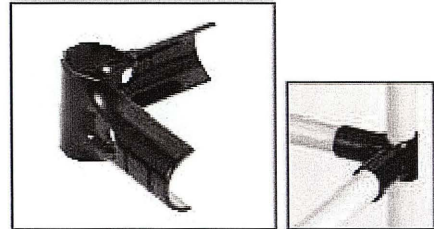
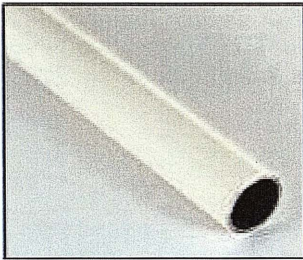


Gráfico 02 – Valores VA e NVA da linha de motores II (Antes)

### 3.5 - Desenvolvimento dos carrinhos kits

Nesta etapa do projeto o grupo iniciou o desenvolvimento dos carrinhos de seqüenciamento dos kits de peças que serão utilizados na linha de montagem.

Toda a fase inicial de construção dos carrinhos foi realizada utilizando-se de estruturas tubulares, por se tratar de estruturas metálicas e conexões de fácil manuseio – conforme fotos abaixo.



Ligação padrão de 90°



Ligação angular de 90° (interior)



Ligação angular de 270° (exterior)



Ligação multi-utilidades com furo oblongo

No desenvolvimento dos protótipos foram contemplados 97% das peças existente na borda da linha, sendo que os outros 3% das peças (parafusos, porcas, agrafes, etc.) restantes permanecerem com o abastecimento normal na linha de montagem.

Realizado inúmeros testes com os protótipos dentro da linha de montagem, tendo como principal participação os líderes de cada linha, cujos quais nos passaram as necessidades e dificuldades inerentes de cada posto de fabricação. Abaixo fotos dos carrinhos (Fotos 01 e 02) e desenhos construtivos (Figuras 18 e 19).

**Carrinho Kit – Linha Motores I**

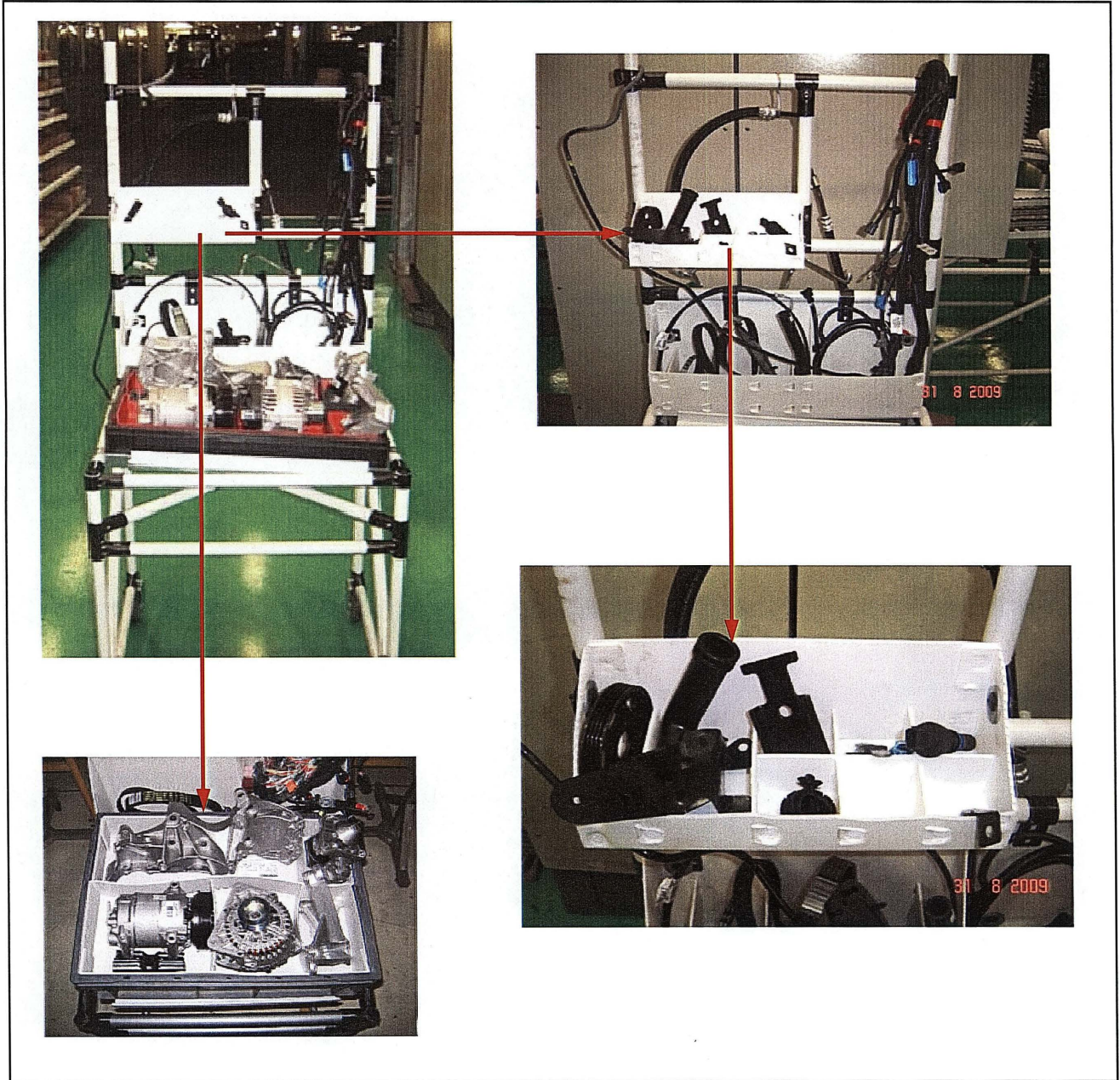
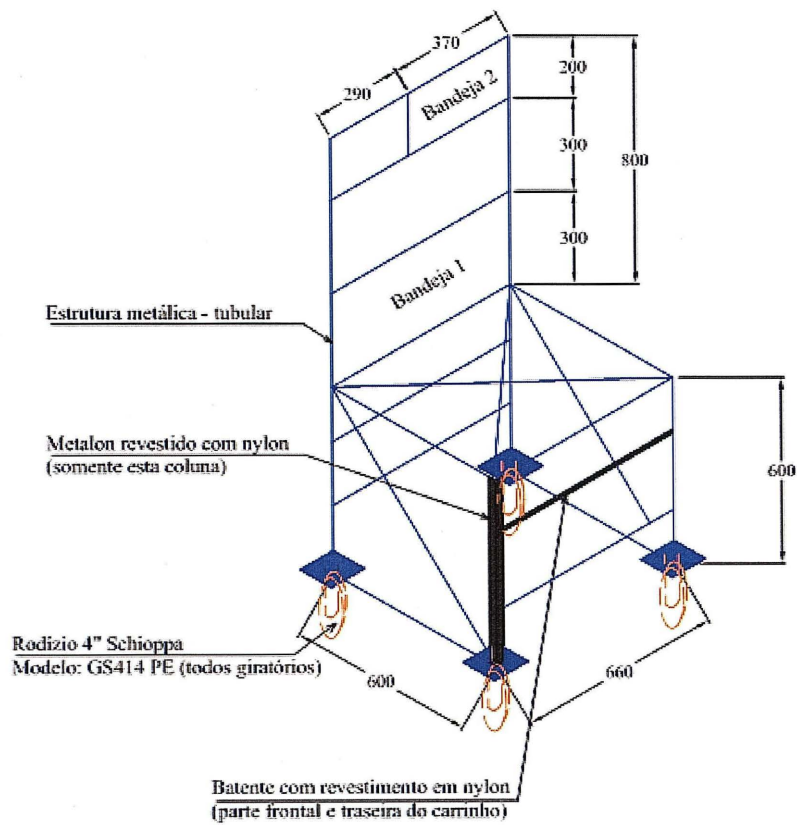


Foto 01 – Carrinho Kit Linha Motores I

# Carrinho Kit - Linha Motores I



Quantidade de Carrinhos: 17 unidades

Medidas em mm

Figura 18 – Desenho Carrinho Kit Linha Motores I

***Carrinho Kit – Linha Motores II***

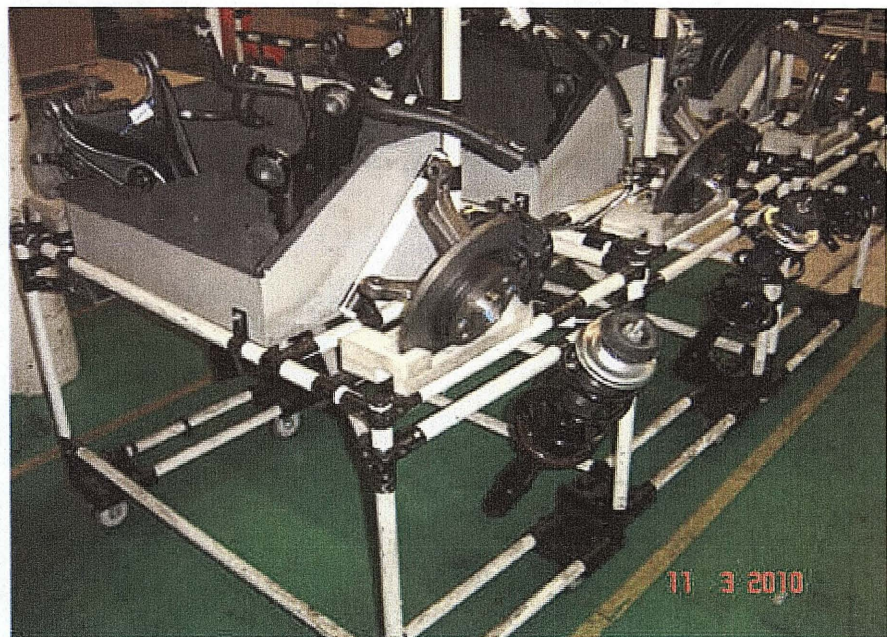
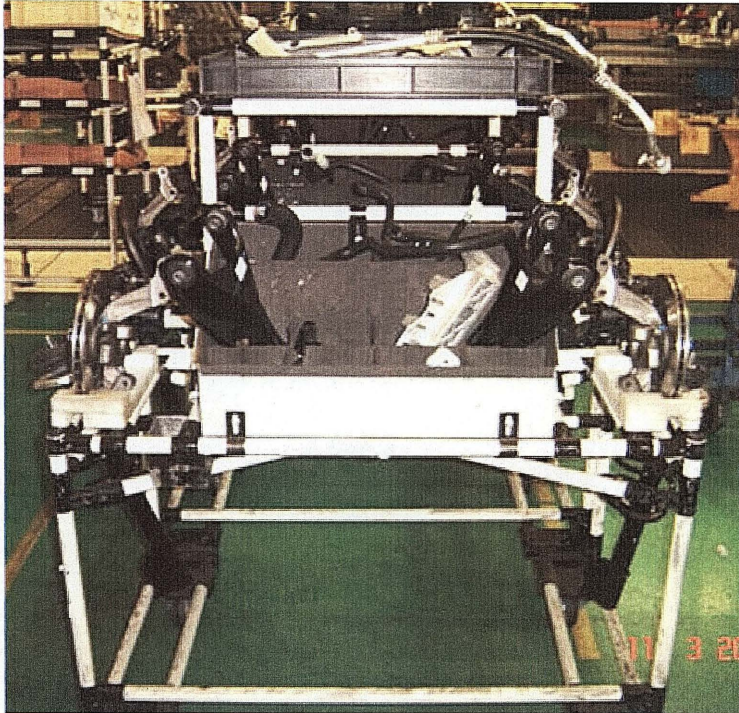


Foto 02 – Carrinho Kit Linha Motores II

# Carrinho Kit - Linha Motores II

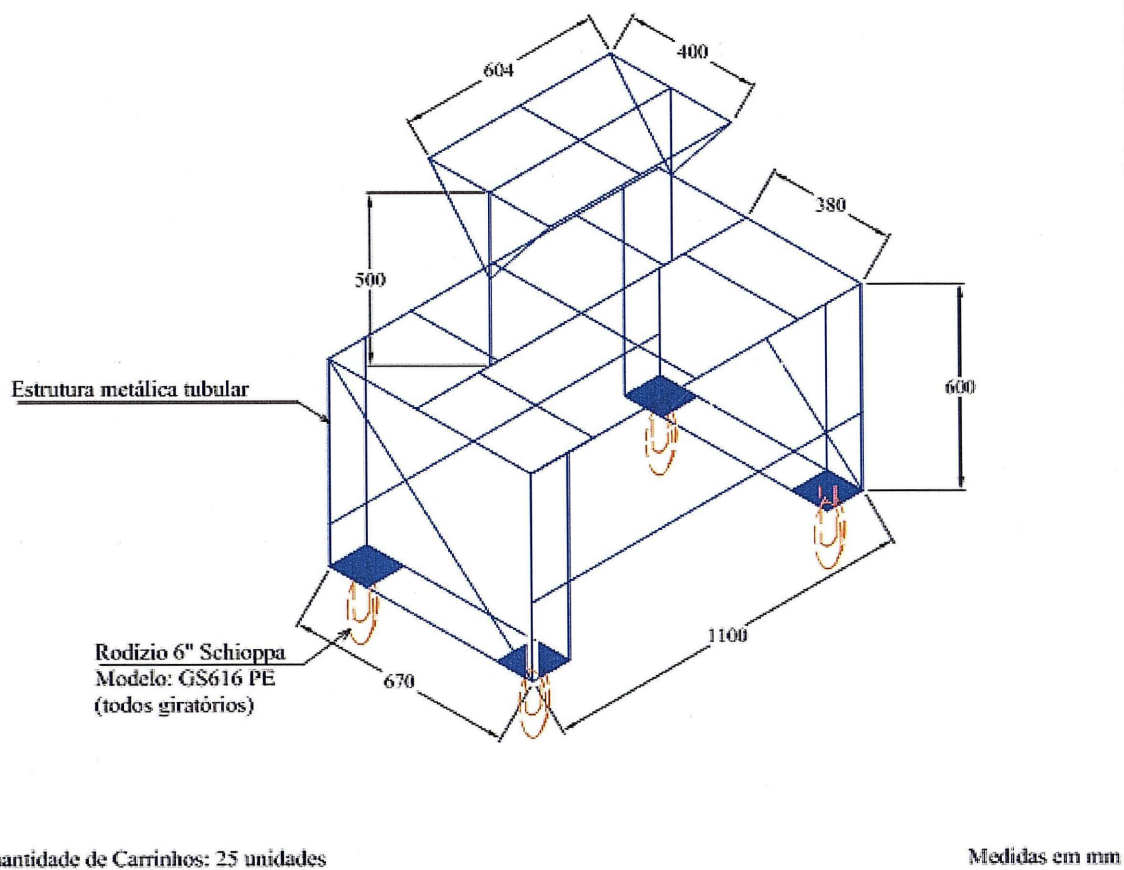


Figura 19 – Desenho Carrinho Kit Linha Motores II

Conforme podemos observar nas fotos acima, a pré-disposição das peças dentro dos carrinhos kits estão atendendo as normas ergonômicas, seqüências de pega e montabilidade pelos operadores.

### **3.6 - Mapeamento de fluxo de valor (MFV) da linha de montagem motores pós-implantação dos carrinhos kits**

#### **3.6.1 - Mapeamento de fluxos de valor – linha motores I**

Ainda na fase de projeto foi elaborado desenho do mapeamento de fluxo considerado ideal para as linhas de motores, cujo os quais foram implantados posteriormente.

Nas figuras 20 e 21 abaixo temos a proposta de fluxo para linha de motores I onde foi incluído dentro da área kitting os pickings de chicotes, alternador e compressor, resultando com isso a disponibilidade de mão de obra para preparação dos kits. O picking de caixa de câmbio foi reposicionado no início da linha de montagem resultando no ganho de 25% da mão de obra de transporte, que futuramente foi eliminada.

Para o picking da caixa de direção houve a unificação com o picking de transmissão da linha de motores II, resultando com isso um melhor engajamento para o operador deste posto.

Com relação aos postos de trabalhos após a implantação dos carrinhos kits na linha e re-análise do NVA dos postos conseguiu-se a eliminação de 02 postos de trabalhos para a linha de motores I e 01 posto de trabalho para a linha de motores II, os quais contribuirão para a rentabilização e aquisição do AGV para o fluxo dos carrinhos kits.

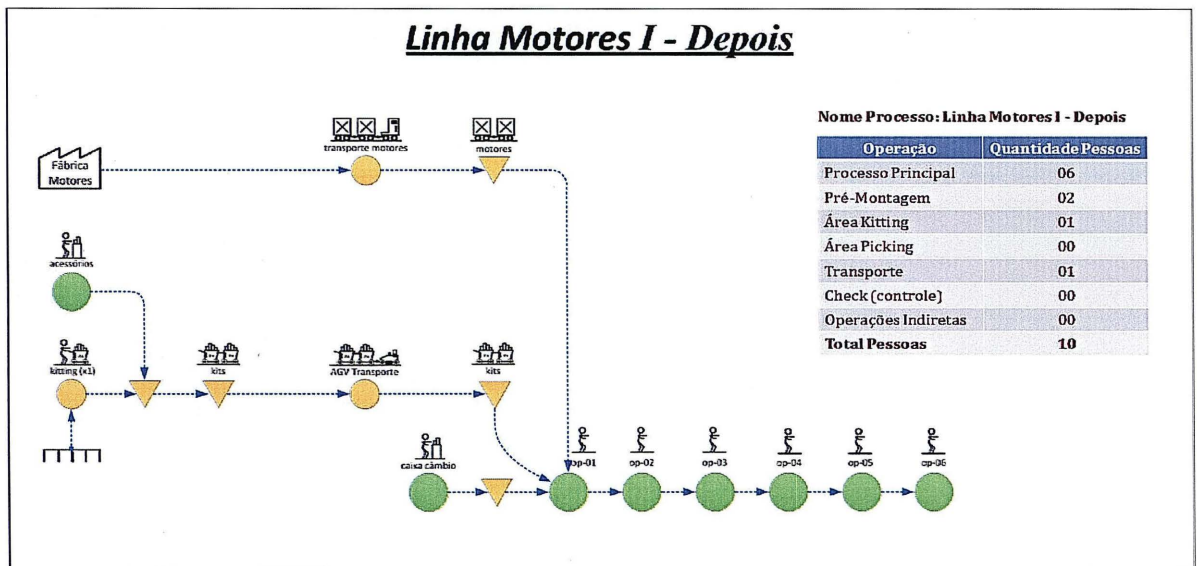


Figura 20 – Mapeamento Fluxo Linha de Motores I (Depois)

### **Linha de Motores I – Depois – Operações Logísticas**

Picking	Atividade	Qtde Operador	Engajamento
Caixa de Câmbio	Sequenciamento	01	51%
Caixa de Câmbio	Transporte	<b>Suprimido</b>	
Caixa Direção	Sequenciamento / Transporte	<b>Unificado com pck Transmissão</b>	
Chicote Motor	Sequenciamento / Transporte	<b>Suprimido</b>	
Compressor / Alternador	Sequenciamento	<b>Suprimido</b>	
Compressor / Alternador	Transporte		

Figura 21 – Engajamento Logístico Linha de Motores I (Depois)

### 3.6.2 - Mapeamento de fluxos de valor – linha motores II

Para a linha de motores II foi realizado a unificação do picking de transmissão com o picking de caixa de direção da linha de motores I reduzindo assim a inatividade do operador, conforme demonstrado nas figuras 22 e 23.

Criado uma nova área de sequenciamento para os berço de motores, utilizando-se da inatividade do picking de molas. Com esta ação foi possível disponibilizar área na borda da linha de montagem para criação do kitting da linha de motores II.

Com a unificação das áreas de picking e redução de 01 posto de montagem, obtivemos a mão de obra necessária para remanejamento a área de preparação dos carrinhos kittings.

Consideramos ainda ao projeto iFA o ganho de 02 postos de trabalhos obtidos das operações indiretas (depotagens, fluxos para aprovisionamento urgente, auditor extra das peças na linha) ligadas as linhas de motores I e II.

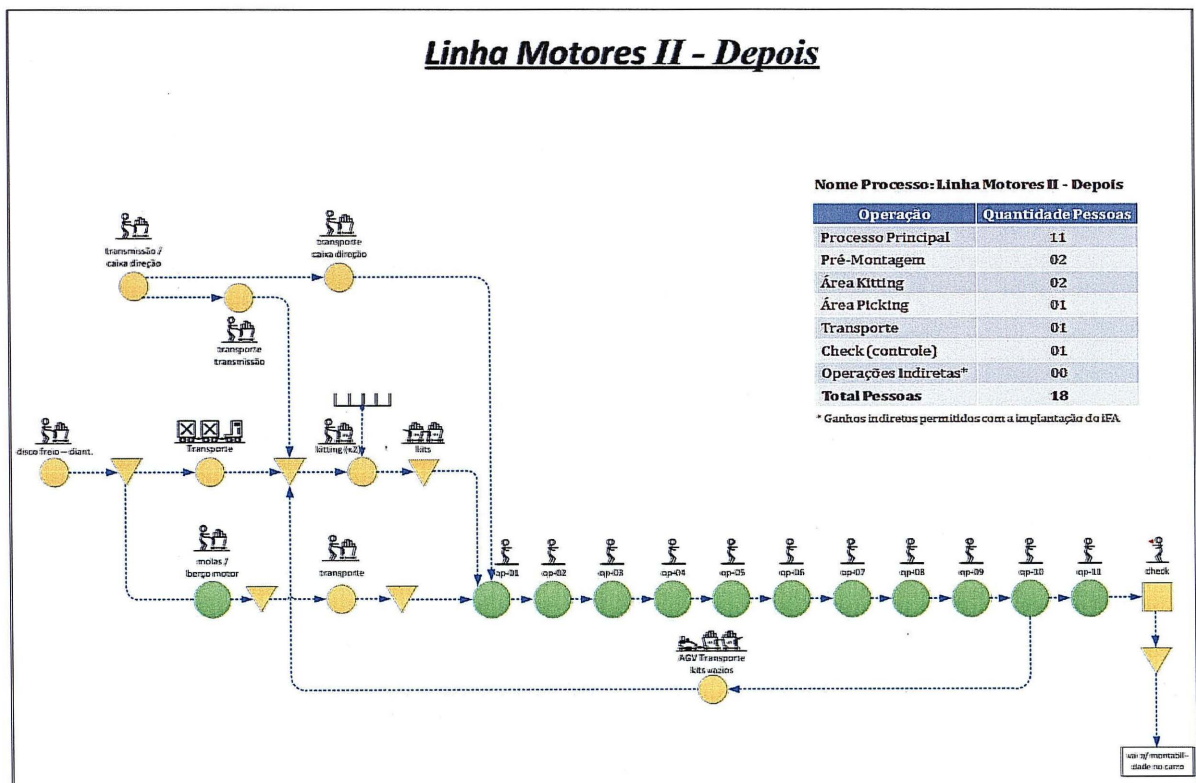


Figura 22 – Mapeamento Fluxo Linha de Motores II (Depois)

### **Linha de Motores II – Depois – Operações Logísticas**

Picking	Atividade	Qtde Operador	Engajamento
Transmissão+ Caixa Direção	Sequenciamento	01	70%
Transmissão	Transporte		22%
Disco Freio	Transporte	01	42%
Molas+ Berço Motor (pck novo)	Sequenciamento	01	78%
Molas+ Berço Motor (pck novo)	Transporte		20%

Figura 23 – Engajamento Logístico Linha de Motores II (Depois)

### **3.7 - Análise NVA da linha de montagem motores pós-implantação dos carrinhos kits**

Depois de concluído a fase de implantação e acompanhamento dos carrinhos kits nas linhas de motores I e II, reavaliamos os postos de trabalhos com relação às atividades de valores agregados e não valores agregados conforme descrito no capítulo 3.4. Através da análise individual de cada atividade verificamos a oportunidade da redução de 02 postos de trabalho para a linha de motores I e que resultou na seguinte configuração final da linha, conforme demonstrado na tabela 03 e gráfico 03.

Repartição VA / NVA por amostragem - Linha Motores I (Depois)												
ATIVIDADES		POSTOS										
		01D	01E	02D	03E	04D	06D	07D	08D	Média		
Valor Agregado	Montagem	S U P R I M I D O	S U P R I M I D O	56%	38%	70%	44%	68%	78%	59%		
	Pré-montagem / Recorte / zipagem			9%	11%	4%	5%	6%	0%	6%		
	Parafusamento/Pinça			10%	14%	3%	19%	3%	1%	8%		
	Pega e Depotagem			15%	30%	16%	26%	12%	11%	18%		
Não Valor Agregado	Deslocamento					6%	4%	3%	2%	4%	6%	4%
	Descarte					1%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
	Inatividade					3%	3%	0%	2%	4%	4%	3%
	Controle					0%	0%	1%	2%	3%	0%	1%
	Retoque					0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Abastecimento					0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
	Limpeza			0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
Total Observations:		0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%		

Tabela 03 – Valores VA e NVA da linha de motores I (Depois)

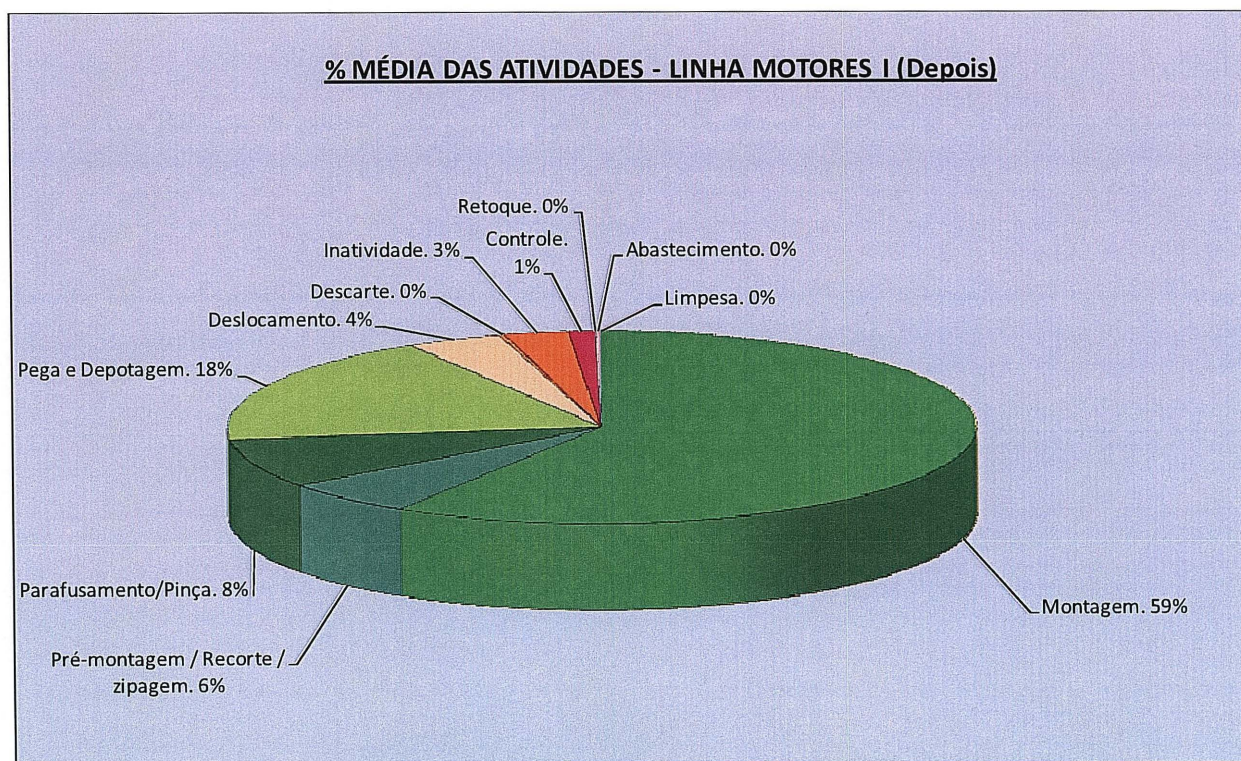


Gráfico 03 – Valores VA e NVA da linha de motores I (Depois)

Para a linha de motores II obtivemos a redução de apenas 01 posto de trabalho na primeira fase de análise das atividades de valor agregado da linha de montagem. Porém podemos verificar na tabela 04 e gráfico 04 abaixo que ainda temos alguns postos com valores altos de inatividades e com grande potencial de eliminação, mas continuação das análises e estudos serão realizados pela equipe de performance da fábrica.

Repartição VA / NVA por amostragem - Linha Montagem II (Depois)														
Atividades		POSTOS											Média	
		01D	02E	04D	06D	07D	09D	11D	12E	13E	15D	17E		19D
Valor Agregado	Montagem	25%	40%	36%	37%	35%	35%	35%	28%	29%	22%	S U P R I M I D O	28%	32%
	Movimentação talha	22%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		11%	3%
	Fixação	15%	31%	17%	29%	25%	26%	15%	32%	23%	24%		13%	23%
	Pega	7%	6%	12%	17%	0%	6%	15%	17%	15%	21%		11%	12%
Não Valor Agregado	Deslocamento	18%	13%	7%	10%	16%	9%	11%	8%	12%	13%		9%	11%
	Descarte	0%	0%	0%	0%	0%	7%	2%	2%	0%	6%		0%	2%
	Inatividade	12%	8%	22%	6%	21%	8%	20%	10%	10%	14%		19%	14%
	Controle	0%	0%	0%	0%	0%	7%	2%	0%	0%	0%	0%	1%	
	Retoque	0%	2%	5%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	
	Abastecimento	0%	0%	0%	1%	1%	3%	0%	3%	11%	0%	8%	3%	
	Limpeza	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Total Observações:		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	100%	100%

Tabela 04 – Valores VA e NVA da linha de motores II (Depois)

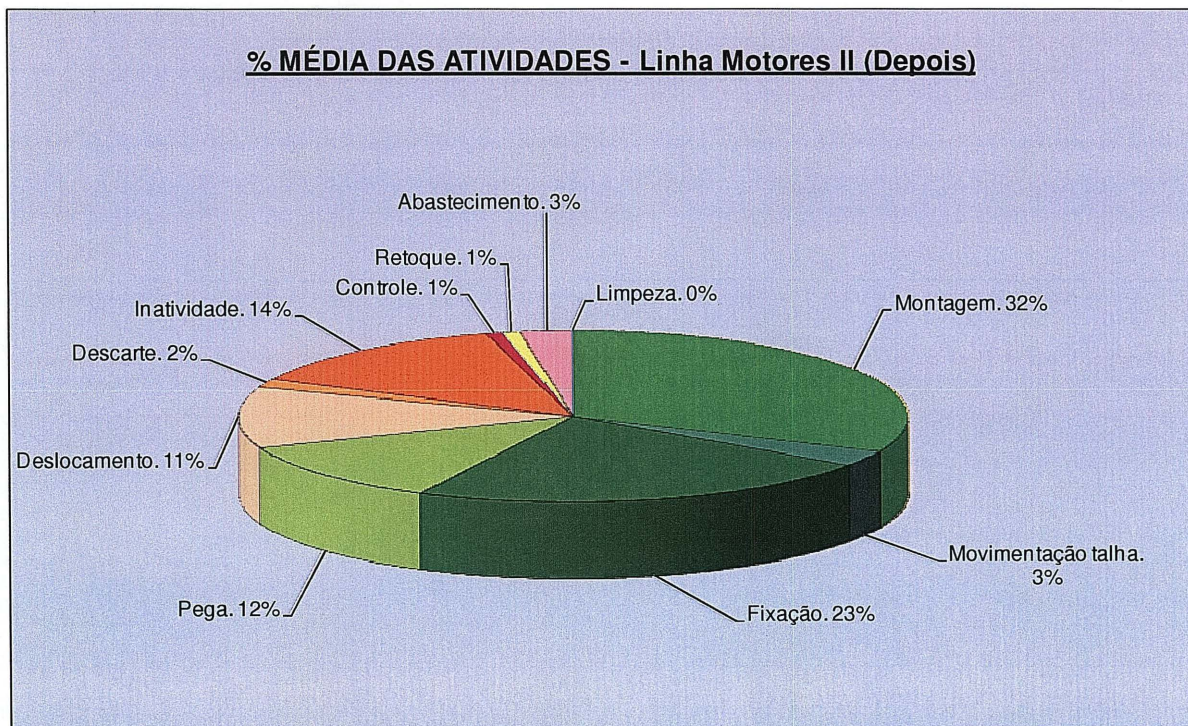


Gráfico 04 – Valores VA e NVA da linha de motores II (Depois)

### **3.8 - Estudo para implantação veículo guiado automaticamente (AGV)**

#### **3.8.1 - Definição veículo guiado automaticamente (AGV)**

Veículo guiado automaticamente refere-se a equipamentos sem condutores usados para movimentações a pequenos ou grandes distâncias, visando melhorar os tempos de respostas na movimentação interna de materiais.

Os AGV's são desenvolvidos para receber e executar as instruções, seguir um caminho, aceitar e distribuir materiais. Em ambas as aplicações recebem uma programação lógica de funcionamento onde estes seguem os comandos programados.

Os AGV's podem ser guiados por fio indutivo no piso, fita magnética, por meio óptico guiado por fita no piso ou com sensor a laser.

O AGV é a solução eficiente, confiável e versátil para a movimentação de materiais.

O AGV deste estudo de caso trabalha com sensor óptico guiado por fita magnética aplicada no piso.

#### **3.8.2 - Definição lógica de funcionamento AGV**

Com base no lay out demonstrado no capítulo 3.2.2 elaboramos a proposta da lógica de funcionamento e comandos para o AGV. Lógica esta que consiste em detalhar os principais comandos que o AGV deverá executar como:

- Ponto de coleta dos carrinhos kits cheios da linha de motores I, transporte até a borda da linha e descarregamento.
- Ponto de coleta dos carrinhos kits vazios da linha de motores II, transporte até a área de kitting e descarregamento.
- Retorno a área de preparação dos carrinhos kittings da linha de motores I.

Na figura 24 e 25 são demonstrados a lógica de funcionamento do AGV e o dimensionamento do comboio mínimo de carrinhos kits necessário a serem transportados para atender o tempo de ciclo da linha de montagem.

AGV - Profitability Analysis for iFA Concept Integration on Engines Processes iFA - Assembly Departament						
Path Detail & Takt Time Compatibility						
From	To	Distance (m)	Speed (m/min)	Frequency (1/Tcy)	Time (min/100)	Cumulated Time (min/100)
P.4.	P.1.	10	10	1	110	110
Charging Linha Motores I				1	15	125
P.1.	P.2.	50	35	1	160	285
De-charging Linha Motores I				1	15	300
P.2.	P.3.	10	10	1	110	410
Charging Linha Motores II				1	15	425
P.3.	P.4.	50	35	1	160	585
De-charging Linha Motores II				1	15	600
Battery Charge				1	10	700
Qty of wagons to be transported by cycle (maximun train-size)						4
Lay out						

Figura 24 – Lógica Funcionamento AGV

## AGV Working Logic Logistic Process

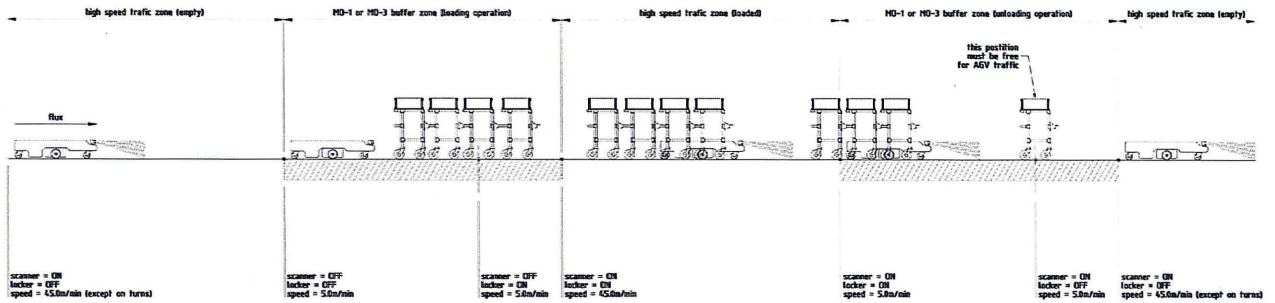


Figura 25 – Lógica Funcionamento AGV

Após a comprovação da viabilidade econômica para implantação do projeto e aquisição do veículo guiado automaticamente (AGV) – capítulo 3.10, foi adquirido 01 AGV pelo projeto iFA para implantação e operacionalização nas linhas de motores I e II e cujo o qual podemos visualizar nas fotos 03 e 04.

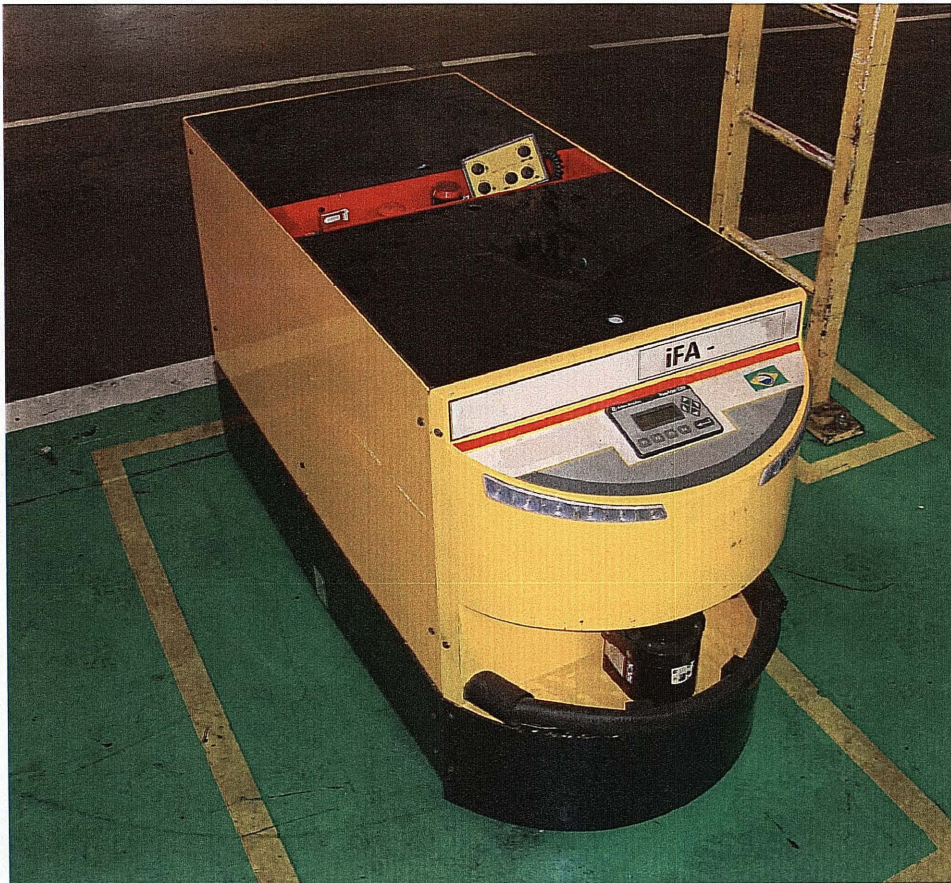


Foto 03 – AGV



Foto 04 – AGV

Em parceria com fornecedor local conseguimos desenvolver e operacionalizar o AGV, atendendo as normas na Engenharia Central e com custo inferior ao previsto inicialmente.

### **3.9 - Poka-Yoke**

A fim de assegurarmos a confiabilidade do processo de preparação dos carrinhos kits, foi instalado nas áreas kittings um sistema óptico de poka-yoke.

Sistema este desenvolvido pela Engenharia Central e que consiste de uma indicação visual luminosa, onde indica para o operador quais peças deverão ser coletadas e depositadas no carrinho kit. Este após pega da peça desativa o sistema movimentando haste sob a indicação luminosa.

Nas fotos 05 e 06 podemos visualizar a área de preparação dos carrinhos kits e seu sistema poka-yoke instalado.



Foto 05 – Área Preparação Kit



Foto 06 – Poka-Yoke

### 3.10 - Estudo de viabilidade econômica

Dentro de qualquer empresa, desde a menor até a gigante multinacional um projeto para sair do papel precisa provar que é rentável. Para isto nos utilizamos das ferramentas financeiras para análise de viabilidade econômico-financeira do projeto.

Com a finalidade de sustentar a aprovação do projeto foram feitos estudos de viabilidade econômica através do TIR, VPL e Payback, onde os quais demonstraram que o projeto de Lean Manufacturing (iFA) nas linhas de motores e mais a aquisição de um veículo guiado automaticamente (AGV) é economicamente viável.

Como podemos observar na tabela abaixo obtemos um VPL positivo, indicando a viabilidade econômica do projeto. Ainda para concretizar a viabilidade do projeto obtivemos um valor de payback de 0,6 anos, valor este bem abaixo do mínimo exigido pela empresa em questão.

<b>Análise de Rentabilidade Projeto iFA</b> Grupo iFA - Departamento de Montagem Unidade Linha de Motores I e II													Indicadores Financeiros							
													tx. de mercado livre de risco	11,3% a.a.			0,9% a.m.			
tx. interna de retorno	173,5% a.a.			8,7% a.m.																
valor presente líquido (kR\$)	104,9																			
pay-back	0,6 ano(s)																			
período	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	18	19	20	21	22	23	24
<b>investimentos total</b>	<b>(167,2)</b>																			
mão-de-obra	(14,0)																			
agv	(80,0)																			
infra-estrutura	(8,0)																			
recursos logísticos	(21,6)																			
tecnologia de informação	(43,6)																			
outros																				
<b>ganhos financeiros</b>		26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4
mão-de-obra		26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4
infra-estrutura																				
ferramental																				
depreciação																				
retrabalhos																				
outros																				
<b>fluxo de caixa</b>	<b>(167,2)</b>	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4

Tabela 05 – Análise Viabilidade Econômica

## 4.0 CONCLUSÃO

Comprovamos neste estudo de caso que por mais que uma empresa julgue que o seu processo é enxuto sempre há desperdícios nas etapas principais de produção, e que se conhecidos e eliminados podem reverter em ganhos no valor do produto final.

Se compararmos desde a evolução da produção em massa da era Ford até os dias de hoje com o conceito difundido por Ohno da Produção Enxuta, é visivelmente claro as percepções e necessidades do cliente do passado para os do cenário atual. Na era Ford a indústria ditava as regras de mercado e o cliente era deixado em segundo plano, tendo que se adequar ao produto oferecido. Já a filosofia de Ohno aplica que a indústria precisa se adaptar às exigências do mercado e do cliente, sendo cada vez mais flexíveis e competitivos.

Podemos dizer que atualmente estamos vivenciando dentro da filosofia da produção enxuta a era da tecnologia, onde a aplicação do conceito Low Cost Automation (LCA) esta mudando a visão da indústria. Situação esta que foi aplicado neste estudo de caso, através dos sistemas lógicos de poka-yoke e fluxos logísticos com veículos guiados automaticamente (AGV).

Com relação ao AGV contemplado neste projeto destacamos a competência de nosso fornecedor local, onde este conseguiu idealizar as exigência do cliente (projeto iFA) e com um custo 65% mais barato do previsto inicialmente pelo projeto. Podemos salientar ainda a experiência do grupo adquirida no desenvolvimento desta tecnologia, que será muito útil na continuidade do projeto.

Analisando ainda os resultados finais do projeto de Lean Manufacturing para a linha de motores podemos destacar os ótimos resultados conseguidos, no que se diz respeito a melhora nos fluxos logísticos, redução de mão de obra e aplicação de tecnologia de ponta a baixo custo (Poka-Yokes e AGV).

Podemos citar também um ganho não mensurável, porém não menos importante, a qualidade do ambiente de trabalho para os operadores de linha. Pois com a implantação dos carrinhos kits, o deslocamento dos operadores quase reduziu-se a zero, gerando menos fadiga, menos desconforto no final da jornada de trabalho e conseqüentemente uma melhora qualidade de vida.

Destacamos também os ótimos resultados conseguidos para a VPL e payback, valores este bem superiores ao definidos e exigidos pela direção da empresa.

A proposta de metodologia aplicada pelo projeto iFA obteve os resultados esperados pela direção da empresa e recebeu seu parecer positivo para continuidade no próximo ano. Dentro de todos os ganhos necessário citados acima que deverão se repetir para as próxima linhas, definiu-se ainda como objetivos para 2011, a aplicação em 100% da filosofia para o restante da linha de montagem e uma de redução de 10% da mão de obra fabril existente.



## 5.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2ed., São Paulo: Atlas, 2002.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**. 5 ed., São Paulo: Atlas, 1992.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

MARCHWINSKI, C.; SHOOK, J. **Léxico Lean**. Glossário ilustrado para praticantes do Pensamento Lean. Editado por Chet Marchwinski e John Shook. 2 Ed., São Paulo: Compilação Lean Institute Brasil, 2007.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. ; ROOS, D. **A Máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A Mentalidade Enxuta na Empresas Lean Thinking**. Elimine o Desperdício e Crie Riqueza. São Paulo: Campus, 2004

DENNIS, P. **Produção Lean Simplificada**. 2 ed., São Paulo: Artmed, 2008.

BOWERSOX, D. J., CLOSS, D. J. **Logística Empresarial**. São Paulo: Atlas, 2001.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de Produção**. São Paulo: IMAM, 1984.

CHOPRA, S., MEINDL, P. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos, Estratégia, Planejamento e Operação**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

WIKIPÉDIA. Lean\_manufacturing. Wikipédia, a enciclopédia livre. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org.br>, acesso em 02.nov.2010.

Administradores. O portal da administração. Lean Manufacturing: Um novo conceito em manufatura. Disponível em: <http://www.administradores.com.br>, acesso em 29.out.2010.