

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Nilton Masashique Yamaute

**DIFICULDADES E BENEFÍCIOS DA
APLICAÇÃO DA MANUFATURA
ENXUTA EM CÉLULA DE MONTAGEM
E INJEÇÃO PLÁSTICA DE
AUTOPEÇAS**

Taubaté – SP
2010

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Nilton Masashique Yamaute

**DIFICULDADES E BENEFÍCIOS DA
APLICAÇÃO DA MANUFATURA
ENXUTA EM CÉLULA DE MONTAGEM
E INJEÇÃO PLÁSTICA DE
AUTOPEÇAS**

Dissertação apresentada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica pelo Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Produção Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Walter Arenas Miranda.

Taubaté – SP
2010

**Ficha catalográfica elaborada pelo
SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU**

Yamaute, Nilton Masashique

Dificuldades e benefícios da aplicação da manufatura enxuta em célula de montagem e injeção plástica de autopeças / Nilton Masashique Yamaute. Taubaté/SP – 2010.

184 f. :il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia Mecânica, 2010.

Orientação: Prof. Dr. Gilberto Walter Arenas Miranda.

1. Sistema Toyota de Produção. 2. Desperdícios. 3. Manufatura Enxuta. I. Título.

NILTON MASASHIQUE YAMAUTE
DIFICULDADES E BENEFÍCIOS DA APLICAÇÃO DA
MANUFATURA ENXUTA EM CÉLULA DE MONTAGEM E
INJEÇÃO PLÁSTICA DE AUTOPEÇAS

Dissertação apresentada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica pelo Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Produção Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Walter Arenas Miranda.

Data: 15/01/2010

Resultado: APROVADO

BANCA EXAMINADORA

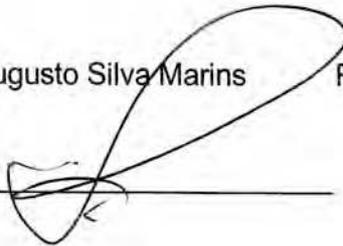
Prof. Dr. Gilberto Walter Arenas Miranda Universidade de Taubaté.

Assinatura: 

Prof. Dr. Carlos Alberto Chaves Universidade de Taubaté.

Assinatura: 

Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins FEG/UNESP Guaratinguetá.

Assinatura: 

Dedico este trabalho à Deus por estar me proporcionando uma vida abençoada e de várias realizações.

Aos meus pais Massao Yamaute (in memorian) e Hatsu Yamaute (in memorian) que me deram muito amor e educação.

À minha esposa Cláudia pela paciência, compreensão e força para eu poder me dedicar na conclusão desta dissertação.

À minha querida filha Luísa Carolina que veio ao mundo durante a elaboração da dissertação.

Aos meus irmãos Nilson Massaharu e Aparecida Ayako, aos meus familiares e de minha esposa, aos meus amigos e em especial ao Edgar Leandro, Marco Antônio Simon e Mauro Misaca, que souberam entender e apoiar quando, por diversas vezes, estive ausente por estar em aula ou fazendo algum trabalho para o Mestrado.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Gilberto Walter Arenas Miranda por ter me aceitado como orientando, pela paciência e pela educação com que sempre me atendeu e à qualidade da sua orientação.

Ao Prof. Dr. Giorgio Eugenio Oscare Giacaglia, coordenador do curso, que me apoiou e ajudou de inteira boa vontade a resolver um problema de ordem administrativa.

Aos demais professores, funcionários e colegas de classe da turma 16 do Mestrado em Engenharia Mecânica da UNITAU, pela amizade, convivência, troca de experiências e ensinamentos vividos durante o curso.

Sucesso

“Rir muito e com freqüência; ganhar o respeito de pessoas inteligentes e o afeto das crianças; merecer a consideração de críticos honestos e suportar a traição de falsos amigos; apreciar a beleza, encontrar o melhor nos outros; deixar o mundo um pouco melhor, seja por uma saudável criança, um canteiro de jardim ou uma redimida condição social; saber que aos menos uma vida respirou mais fácil porque você viveu. Isso é ter tido sucesso”.

Ralph Waldo Emerson

RESUMO

O Sistema Toyota de Produção (STP) está sendo amplamente implementado em várias empresas ao redor do mundo, para se atingir um alto grau de desempenho, competitividade, acelerar processos, reduzir perdas e melhorar a qualidade. Devido à concorrência de mercado, pressões por baixo preços e por influência das montadoras, este processo se tornou importante na indústria de autopeças. Este trabalho apresenta uma pesquisa-ação, cujo objetivo é analisar as dificuldades e benefícios da aplicação das principais técnicas e ferramentas da produção enxuta em uma célula de montagem manual e no processo de injeção plástica em indústria de autopeças. O estudo também analisa a atuação do coordenador do projeto na Empresa. O procedimento utilizado foi a pesquisa bibliográfica, levantamento dos dados operacionais e questionários de pesquisa. Os resultados obtidos foram: a) a identificação das principais dificuldades na implementação, b) a identificação dos principais benefícios, c) a avaliação do atendimento das expectativas de cada projeto, d) avaliação desempenho do coordenador do projeto, e) melhoria nos resultados operacionais. Os resultados obtidos neste trabalho podem servir como base para futuros trabalhos, pesquisas e aplicações.

Palavras Chaves: Sistema Toyota de Produção. Manufatura Enxuta. Desperdícios. Modelo Toyota. Produção Mecânica.

ABSTRACT

The Toyota Production System (TPS) is being widely implemented in various companies around the world to attain a high degree of performance, competitiveness, speed up processes, reduce waste and improve quality. Due to market competition, low price pressures and the influence of the automakers, this process has become critical in the auto parts industry. This study presents an action research aiming to examine the difficulties in implementing the key techniques and tools of lean production in a cell assembly manual and the injection molding process in the auto industry. The study also analyzes the performance of project coordinator at the company. The procedure used was a literature search, survey of operational data and survey questionnaires. The results were: a) identifying the major difficulties in implementation, b) identification of the main benefits, c) the assessment of meeting the expectations of each project, d) performance evaluation of the project coordinator, e) improvement in operating results. The results of this work can serve as a basis for future work, research and applications

Keywords: Toyota Production System. Lean Manufacturing. Waste. Toyota Way. Mechanical Production.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Planilha de equilibragem dos postos de trabalho	132
--	-----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	As quatro categorias do Modelo Toyota	36
Figura 2 -	Desenho esquemático do MRP I	50
Figura 3 -	Reação em cadeia de Deming	65
Figura 4 -	Entrada de material para célula de montagem	74
Figura 5 -	Hierarquia das necessidades humanas	76
Figura 6 -	Ícones utilizados no mapa de fluxo de valor	83
Figura 7 -	Exemplo de mapeamento do estado atual	84
Figura 8 -	Metodologia científica	86
Figura 9 -	Classificação do método de pesquisa	89
Figura 10 -	Condução do trabalho	90
Figura 11 -	Cabeçalho do questionário	93
Figura 12 -	Implementação das ferramentas de manufatura enxuta	95
Figura 13 -	Configuração das versões dos veículos a serem montados	100
Figura 14 -	Definição do leiaute e fluxo iniciais	100
Figura 15 -	Definição dos postos de trabalho e componentes	101
Figura 16 -	Indicadores operacionais por fase	102
Figura 17 -	Quadro de capacitação do pessoal	104
Figura 18 -	Quadro de programação de treinamento	104
Figura 19 -	Quadro de troca de moldes	112
Figura 20 -	Acionamento com chave no engate da mangueira de óleo hidráulico para se eliminar a pressão interna (antes da melhoria)	114

Figura 21 - Vazamento de óleo (antes da melhoria)	114
Figura 22 - Válvula de esfera (após melhoria)	115
Figura 23 - Local para acondicionamento das mangueiras (antes da melhoria)	115
Figura 24 - Engate com contaminantes sólidos (antes da melhoria)	116
Figura 25 - Mangueiras hidráulicas (após melhoria)	116
Figura 26 - Suporte dos engates das mangueiras hidráulicas (após melhoria)	117
Figura 27 - Trocador manuseando mangueira hidráulica (após melhoria)	117
Figura 28 - Válvula pneumática (após melhoria)	118
Figura 29 - Painel de controle de temperatura de câmara-quente (antes melhoria)	118
Figura 30 - Painel de controle de temperatura de câmara-quente (após melhoria)	119
Figura 31 - Cabos elétricos da câmara-quente (após melhoria)	120
Figura 32 - Moldes com alturas padronizadas	121
Figura 33 - Sistema de refrigeração padronizado com manifolde	122
Figura 34 - Esquema de refrigeração padronizado com manifolde	122
Figura 35 - Implementação de olhal fixo para suspensão do molde	123
Figura 36 - Alteração da posição das tomadas elétricas do molde	124
Figura 37 - Alteração da posição das abas de fixação do molde	125
Figura 38 - Aumento da altura do anel de centralização do molde	126
Figura 39 - Gráfico de Espaguete do trocador de moldes	127
Figura 40 - Locais de armazenamento do molde	127
Figura 41 - Suporte para ferramentas	128
Figura 42 - Operação de fixação do molde na injetora	129

Figura 43 - Desenho esquemático da disposição da linha de montagem antes da modificação.....	129
Figura 44 - Desenho esquemático da célula de montagem	131
Figura 45 - Desenho esquemático do provisionador frontal	133
Figura 46 - Desenho esquemático do pequeno trem	133
Figura 47 - Desenho esquemático do percurso do pequeno trem	134
Figura 48 - Fluxo da programação da produção.....	135
Figura 49 - Desenho esquemático de captação de informações de demanda do MRP.....	136
Figura 50 - Características da célula de montagem	141
Figura 51 - Seqüenciador da célula	142
Figura 52 - Caixa de formação de lote	142
Figura 53 - Fila de espera	143
Figura 54 - Esquema de funcionamento da célula	145
Figura 55 - Horas paradas em manutenção corretiva da injetora	146
Figura 56 - Dificuldades do Projeto de manutenção produtiva	147
Figura 57 - Benefícios do Projeto de manutenção produtiva	148
Figura 58 - Atendimento das expectativas do Projeto de manutenção produtiva	149
Figura 59 - Índices de refugo na injetora e na célula	150
Figura 60 - Dificuldades do Projeto de qualidade	151
Figura 61 - Benefícios do Projeto de qualidade	152
Figura 62 - Atendimento das expectativas do Projeto de qualidade	153

Figura 63 - Tempo médio de cada <i>setup</i> na injetora	153
Figura 64 - Dificuldades do Projeto de redução do tempo de <i>setup</i> da injetora	154
Figura 65 - Benefícios do Projeto de redução do tempo de <i>setup</i> da injetora	155
Figura 66 - Atendimento das expectativas do Projeto de redução do tempo de <i>setup</i> da injetora	156
Figura 67 - Produtividade e Produção diária na montagem	157
Figura 68 - <i>Lead-time</i> do produto	157
Figura 69 - Estoque de peças em processo	158
Figura 70 - Dificuldades do Projeto de alteração de leiaute da montagem	159
Figura 71 - Benefícios do Projeto de alteração de leiaute da montagem	160
Figura 72 - Atendimento das expectativas do Projeto de alteração de leiaute da montagem	161
Figura 73 - Percurso para abastecimento de materiais	161
Figura 74 - Dificuldades do Projeto de sistema de abastecimento da montagem	162
Figura 75 - Benefícios do Projeto de sistema de abastecimento da montagem	163
Figura 76 - Atendimento das expectativas do Projeto de sistema de abastecimento da montagem	164
Figura 77 - Estoque de produtos acabados	165
Figura 78 - Dificuldades do Projeto de sistema de programação e controle da montagem	166
Figura 79 - Benefícios do Projeto de sistema de programação e controle da montagem	167
Figura 80 - Atendimento das expectativas do Projeto de sistema de programação e controle da montagem	168
Figura 81 - Desempenho do coordenador do programa	169

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - <i>Takt-time</i>	52
------------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCQ	Círculos de Controle de Qualidade;
CQ	Controle de Qualidade;
ERP	<i>Enterprise Resources Planning</i> (Planejamento dos Recursos da Empresa);
FIFO	<i>First In First Out</i> (Primeiro a entrar, primeiro a sair);
GSA	Grupos de trabalho Semi-Autônomos;
IMVP	<i>International Motor Vehicle Program</i> (Programa Internacional de Veículos Automotores);
JIT	<i>Just in Time</i> (No tempo necessário);
MOD	Mão-de-Obra Direta;
MPS	<i>Master Production Schedule</i> (Programa Mestre de Produção);
MRP	<i>Material Required Planning</i> (Planejamento das Necessidades de Materiais);
MRP II	<i>Manufacturing Resources Planning</i> (Planejamento dos Recursos de Manufatura);
PC	<i>Personal Computer</i> (Computador Pessoal);
PDP	Programa Diretor de Produção;
PIC	Plano Industrial e Comercial;
P&L	Panhard and Levassor;
PM	Prevenção de Manutenção;
PPCP	Planejamento, Programação e Controle da Produção;
SAP	Sistemas de Administração da Produção;
SMED	<i>Single Minute Exchange Die</i> (Troca de Ferramenta em Minuto Singular);
STP	Sistema Toyota de Produção;
TKT	<i>Takt-time</i> ;

TPI	Tempo de Preparação Interno;
TPE	Tempo de Preparação Externo;
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i> (Manutenção Produtiva Total);
TQC	<i>Total Quality Control</i> (Controle da Qualidade Total);
TRF	Troca Rápida de Ferramenta;
UAP	Unidade Autônoma de Produção;
VSM	<i>Value Stream Mapping</i> (Mapeamento do Fluxo de Valor).

SUMÁRIO

1.	Introdução	22
1.1	Contextualização do problema	22
1.2	Delimitação do estudo	23
1.3	Objetivos	23
1.4	Relevância do estudo	23
1.5	Tipo de pesquisa	24
1.6	Estrutura do trabalho	24
2.	Revisão da Literatura	26
2.1	A produção artesanal na indústria automobilística	26
2.2	A organização científica do trabalho de Taylor	28
2.3	A produção em massa na indústria automobilística	30
2.4	Histórico da produção enxuta	31
2.5	Produção em Massa <i>versus</i> Produção Enxuta	35
2.6	Os princípios do Modelo Toyota	36
2.7	Princípios básicos do Sistema Toyota de Produção	39
2.8	Os tipos de perdas	42
2.9	<i>Just-in-time</i> e Automação	44
2.10	Planejamento e Controle	46
2.11	<i>Material Required Planning, Manufacturing Required Planning, Enterprise Required Planning</i> e a relação com o <i>Just-in-time</i>	49
2.12	Produção Sincronizada	52
2.13	Método “5S”	53
2.14	Troca rápida de ferramenta	56
2.15	Zero defeito, controle autônomo de defeitos, dispositivos <i>poka-yoke</i> , controle de qualidade por toda a empresa e Círculos de Controle de Qualidade	60
2.16	Manutenção Produtiva Total	66

2.17	Sistema <i>Kanban</i>	68
2.17.1	Funções do <i>Kanban</i>	69
2.17.2	Funcionamento do <i>Kanban</i>	70
2.18	Projeto da célula de montagem	71
2.19	O desenvolvimento e a preparação das pessoas para o Sistema Toyota de Produção	74
2.20	Mapeamento do fluxo de valor	82
3.	Método de Pesquisa	85
3.1	Classificação da pesquisa	86
3.2	Procedimento utilizado	89
3.2.1	Pesquisa bibliográfica	90
3.2.2	Definição dos locais de aplicação da pesquisa e definição das ferramentas de manufatura enxuta a aplicar	91
3.2.3	Levantamento dos dados operacionais iniciais	92
3.2.4	Elaboração dos questionários de pesquisa	92
3.2.5	Implementação das ferramentas de manufatura enxuta	94
3.2.6	Levantamento dos dados operacionais finais	95
3.2.7	Envio dos questionários	95
3.2.8	Recebimento dos questionários	96
3.2.9	Tabulação dos dados	96
3.2.10	Análise dos dados	96
3.2.11	Conclusões	96
3.3	Apresentação da Empresa estudada, ambiente encontrado e introdução aos trabalhos	97
3.4	Formação do time de trabalho	98
3.5	Treinamento prático de <i>Just-in-time</i>	98
3.6	Treinamento do pessoal	103
3.7	Implementação do “5S”	105
3.8	Projeto de manutenção produtiva	107

3.9	Projeto de qualidade	109
3.10	Projeto de redução do tempo de <i>setup</i> da injetora	110
3.10.1	Ações de primeira fase	112
3.10.2	Ações de segunda fase	113
3.11	Projeto de alteração do leiaute da montagem	129
3.12	Projeto do sistema de abastecimento da célula	132
3.13	Projeto do sistema de programação e controle da produção	134
3.13.1	Previsão de demanda	135
3.13.2	Reunião mensal de Plano Industrial e Comercial	136
3.13.3	Processamento dos dados de demanda	136
3.13.4	Planejamento da produção	137
3.13.5	Programa Diretor de Produção	137
3.13.6	<i>Material Required Planning</i>	138
3.13.7	Dimensionamento de mão-de-obra direta	138
3.13.8	Dimensionamento dos lotes fixos de fabricação das referências produzidas internamente	139
3.13.9	Dimensionamento do estoque mínimo de segurança das referências produzidas internamente	140
3.13.10	Controle no chão de fábrica	141
3.13.11	Funcionamento	143
4.	Resultados e Discussões	146
4.1	Projeto de manutenção preventiva	146
4.1.1	Resultado operacional: Redução das horas paradas em manutenção corretiva da injetora	146
4.1.2	Dificuldades de implementação	147
4.1.3	Benefícios da implementação	148
4.1.4	Atendimento das expectativas do projeto	149
4.2	Projeto de qualidade	150
4.2.1	Resultado operacional: Redução dos índices de refugo	150

4.2.2	Dificuldades de implementação	151
4.2.3	Benefícios da implementação	152
4.2.4	Atendimento das expectativas do projeto	153
4.3	Projeto de redução do tempo de <i>setup</i> da injetora	153
4.3.1	Resultado operacional: Redução do tempo médio de <i>setup</i> da injetora	153
4.3.2	Dificuldades de implementação	154
4.3.3	Benefícios da implementação	155
4.3.4	Atendimento das expectativas do projeto	156
4.4	Projeto de alteração do leiaute de montagem	157
4.4.1	Resultado operacional: Aumento de produtividade na célula	157
4.4.2	Resultado operacional: Redução do <i>lead-time</i> de fabricação do produto na montagem	157
4.4.3	Resultado operacional: Redução do estoque de peças em processo	158
4.4.4	Dificuldades de implementação	159
4.4.5	Benefícios da implementação	160
4.4.6	Atendimento das expectativas do projeto	161
4.5	Projeto de sistema de abastecimento da montagem	161
4.5.1	Resultado operacional: Redução do percurso de abastecimento de materiais na célula	161
4.5.2	Dificuldades de implementação	162
4.5.3	Benefícios da implementação	163
4.5.4	Atendimento das expectativas do projeto	164
4.6	Projeto de sistema de programação e controle da montagem	165
4.6.1	Resultado operacional: Redução do estoque de produto acabado	165
4.6.2	Dificuldades de implementação	166
4.6.3	Benefícios da implementação	167
4.6.4	Atendimento das expectativas do projeto	168
4.7	Desempenho do coordenador do programa	168
5.	Conclusões	170

5.1	Verificação dos objetivos	170
5.1.1	Objetivos operacionais	170
5.1.2	Resultados das pesquisas	172
5.2	Sugestão para trabalhos futuros	173
	Referências	174
	Anexos	179
	Apêndices	181

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do problema

A competitividade tem levado as empresas a reverem suas formas de organização em busca do grau máximo de eficiência operacional analisando-se o desempenho das unidades fabris.

O Sistema Toyota de Produção (STP) também conhecido como Manufatura Enxuta ou seu termo em inglês *Lean Manufacturing*, teve sua origem no Japão na década de 50, desenvolvido na Toyota por Taiichi Ohno e sua principal característica é a eliminação de todo tipo de perda ou desperdício na empresa.

Muitas empresas estão adotando o STP através de diferentes métodos e modelos de implementação, porém, mesmo as japonesas, que tentam aplicar as técnicas como *Just-in-time*, *Kanban*, Troca Rápida de Ferramentas, Manutenção Produtiva Total, entre outras, não têm conseguido alcançar os resultados esperados.

Muitas literaturas explicam como aplicar as técnicas do STP, porém, pouco falam sobre as dificuldades de implementação e os tipos de benefícios obtidos na visão dos usuários e implementadores do sistema.

O conhecimento das dificuldades pode determinar um melhor planejamento de implementação e pode ser fator de sucesso ou fracasso e também de resultados temporários ou consistentes.

Desta forma, este estudo busca identificar estas dificuldades para a melhor compreensão e planejamento de futuros trabalhos.

1.1 Delimitação do estudo

Este estudo delimitou-se a uma célula de montagem que produz uma família de produtos para a indústria automotiva e também a uma injetora de termoplástico que produz parte dos componentes a serem montados na célula estudada.

1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho é analisar a implementação de algumas ferramentas de manufatura enxuta para melhorar o desempenho de fabricação através dos seguintes objetivos específicos:

- a) Identificação das principais dificuldades na implementação,
- b) Identificação dos principais benefícios,
- c) Avaliação do atendimento das expectativas dos projetos,
- d) Avaliação desempenho do coordenador do projeto,
- e) Melhoria nos resultados operacionais.

1.3 Relevância do estudo

Atualmente a indústria automotiva tem um papel fundamental na economia de vários países industrializados e este trabalho trata de uma parte bastante importante da cadeia produtiva que são os fornecedores das montadoras que por estarem em um mercado extremamente acirrado, exigem o mesmo de seus fornecedores como parte da estratégia de redução de custos para manter e ampliar sua participação.

Existe farta literatura e artigos sobre as formas de implantação do STP e os casos de sucesso como exemplos. Porém, todo processo tem as suas dificuldades, e conhecê-las aumenta a probabilidade de sucesso.

1.4 Tipo de pesquisa

Conforme classificação de Martins (1998), segundo o método de pesquisa amplo este trabalho se enquadra no método indutivo.

Quanto aos objetivos gerais, esta pesquisa se caracteriza como exploratória.

Quanto ao método de procedimento, este trabalho se caracteriza como pesquisa-ação, devido à necessidade de interação entre o pesquisador e os colaboradores da empresa de autopeças.

A pesquisa-ação relaciona dois tipos de objetivo, um prático e um de pesquisa. O objetivo prático é contribuir para o melhor equacionamento possível do problema considerado na pesquisa, com levantamento de soluções e proposta de ações. O objetivo de conhecimento é obter informações que seriam de difícil acesso por meio de outros procedimentos (THIOLLENT, 2003).

Segundo a abordagem, a pesquisa pode ser classificada como quantitativa e qualitativa ou mesmo um misto de ambas.

A coleta de dados foi realizada por meio de questionários e por meio de observações.

Maiores detalhes poderão ser encontrados no Capítulo 3.

1.5 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está organizado em cinco capítulos principais.

No primeiro capítulo é apresentada a introdução, explicada a delimitação do estudo, objetivos, relevância do estudo, método de pesquisa e estrutura do trabalho.

No segundo capítulo deste trabalho é apresentada uma revisão da literatura e explana-se sobre os aspectos históricos da manufatura da indústria automobilística desde

a época artesanal, produção em massa de Ford, nascimento do STP e depois passando pelos conceitos até as técnicas mais usadas da Manufatura Enxuta.

No terceiro capítulo é realizada a classificação desta pesquisa e a explicação do procedimento utilizado na implementação das principais ferramentas de Manufatura Enxuta, de acordo com a delimitação deste trabalho. Nesta parte são descritas de que maneira os trabalhos foram conduzidos para a obtenção dos resultados.

No quarto capítulo são encontrados os Resultados e Discussões.

No quinto capítulo são apresentadas as Conclusões, que analisam se os resultados obtidos alcançaram os objetivos propostos inicialmente.

E por fim, as referências bibliográficas, anexos e apêndices.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo será definido um referencial conceitual-teórico para o trabalho, de forma a resultar em um mapeamento da literatura sobre a manufatura enxuta.

2.1 A produção artesanal na indústria automobilística

Segundo Womack, Jones e Roos (1992), durante o princípio da década de 1890 a Panhard e Levassor (P&L) era a principal companhia automobilística do mundo e construía centenas de automóveis por ano. A P&L era uma empresa artesanal e não conseguia fazer carros idênticos devido possuir diferentes fornecedores e que não utilizavam uma única norma de medição dimensional utilizando medições distintas, produziam as peças e quando essas peças finalmente chegavam à montagem final, suas medidas eram, na melhor das hipóteses, aproximadas. A primeira tarefa dos habilidosos montadores consistia em ajustar as primeiras duas peças até atingir a perfeição.

A seguir, os montadores encaixavam a terceira peça até ajustar-se às duas primeiras, e assim sucessivamente até todo veículo, com suas centenas de peças, estar completo. A empresa, então, concentrava-se em ajustar cada produto ao exato desejo do comprador individual.

Para os consumidores que Panhard tentava agradar, isso fazia sentido. Tais clientes abastados costumavam contratar motoristas e mecânicos particulares. Custo, facilidade de dirigir e manutenção simples não se incluíam entre as principais preocupações. A velocidade e a personalização de cada carro sim.

Em suma, a produção artesanal possuía as seguintes características:

- Uma força de trabalho altamente qualificada em projeto, operação de máquinas, ajuste e acabamento. Muitos trabalhadores progrediram através de um aprendizado abrangendo todo um conjunto de habilidades artesanais. Muitos podiam administrar suas próprias oficinas, tornando-se empreendedores autônomos trabalhando para firmas de montagem.
- Organizações extremamente descentralizadas, ainda que concentradas numa sociedade. A maioria das peças e grande parte do projeto do automóvel provinham de pequenas oficinas. O sistema era coordenado por um proprietário/empresário, em contato direto com todos envolvidos: consumidores, empregados e fornecedores.
- O emprego de máquinas de uso geral para realizar a furação, corte e demais operações de metal ou madeira.
- Um volume de produção baixíssimo, de 1000 ou menos automóveis por ano, poucos dos quais (50 ou menos) conforme o mesmo projeto. E, mesmo entre estes 50, não havia dois que fossem idênticos, pois as técnicas artesanais produziam, por sua própria natureza, variações.

Os custos de produção eram elevados e não diminuían com o volume, significando que apenas os muito ricos podiam se dar ao luxo de adquirir carros. Além disso, cada carro era produzido, na verdade, como um protótipo, a consistência e confiabilidade eram ilusórias.

Também fatal para época foi a incapacidade de as pequenas oficinas independentes – onde se dava a maior parte do trabalho de produção – desenvolverem novas tecnologias. Os artesãos individuais simplesmente careciam dos recursos para

perseguirem inovações fundamentais: avanços tecnológicos genuínos necessitariam de pesquisa sistemática, e não apenas de tentativas isoladas. Foi aí que Henry Ford descobriu a maneira de superar os problemas inerentes à produção artesanal. As novas técnicas de Ford reduziram drasticamente os custos, aumentando ao mesmo tempo a qualidade do produto. Ford denominou sistema inovador de *produção em massa*.

2.2 A organização científica do trabalho de Taylor

Segundo Lodi (1987), Taylor em 1878 entrou como um simples operário para a Midvale Steel Company, onde fez carreira de trabalhador a engenheiro-chefe. Quando foi elevado à categoria de chefe de turma, passou a ter freqüentes desentendimentos com os subordinados sobre o que deveria representar um dia de trabalho padrão. Motivado por estas questões, Taylor pôs-se em campo para determinar de maneira aceitável, em que deveria consistir, em termos de rendimento, um dia de trabalho padrão.

Eis aí a origem remota do que, passando por sucessivas fases de evolução e mudando de nome freqüentemente, veio a chamar-se administração científica.

Foi a partir de 1898 que Taylor propagou mais ativamente os seus princípios, baseando-se no pressuposto de que por meio do estudo científico de cada movimento, de cada operação, pode-se colher dados conducentes à determinação da capacidade de produção razoável do homem e da máquina, e ainda a abolição ou a apaziguamento do antagonismo entre empregado e empregador, entre capital e trabalho, trazendo, como conseqüência, aumento de eficiência em todos os sentidos.

Em 1911, Taylor custeou e distribuiu gratuitamente aos membros da sociedade Americana de engenheiros mecânicos, a primeira edição do seu livro *Princípios de Administração Científica*.

O sistema Taylorista de administração desdobra-se em duas práticas complementares, a saber:

Em primeiro lugar, a descoberta experimental do melhor meio, levando-se em conta o material mais indicado, os melhores instrumentos de trabalho, ferramentas e máquinas, a melhor manipulação dos instrumentos, o melhor fluxo de trabalho, a mais lógica seqüência de movimentos. Os dados sobre esses elementos são classificados e arquivados para a utilização oportuna.

Em segundo lugar, uma nova divisão de trabalho entre a administração e os trabalhadores, cabendo àquela a responsabilidade de descobrir os melhores meios de realizar as diferentes operações ou movimentos, de planejar as operações, de colocar à disposição dos trabalhadores, no momento exato e no local próprio, em quantidades adequadas, os materiais, equipamentos e instruções, e outros fatores necessários de trabalho.

Taylor desenvolveu o conceito da divisão da operação em tarefas específicas realizadas por operários especializados na aquela função. E também que o inspetor é responsável pela qualidade do trabalho. Tanto os trabalhadores como os encarregados têm de apresentar trabalho que satisfaça o inspetor. O operário decerto cumprirá tanto melhor sua função, quanto mais capaz for de executar o trabalho e igualmente bem e depressa.

Segundo Taylor (1990), a administração científica não constitui elemento simples, mas uma combinação global que pode ser assim sumarizada:

- 1º- Ciência, em lugar do empirismo,
- 2º- Harmonia, em vez de discórdia,
- 3º- Cooperação, não individualismo,

4º- Rendimento máximo, em lugar de produção reduzida,

5º- Desenvolvimento de cada homem, no sentido de alcançar maior eficiência e prosperidade.

2.3 A produção em massa na indústria automobilística

Segundo Womack, Jones e Roos (1992), a chave para a produção em massa não residia – conforme muitas pessoas acreditavam ou acreditam – na linha de montagem em movimento contínuo. Pelo contrário, consistia na completa e consistente intercambiabilidade das peças e na facilidade de ajustá-las entre si. Essas foram as inovações na fabricação que tornaram a linha de montagem possível.

Os primeiros esforços de Ford na montagem de seus carros, começando em 1903, constituíram na introdução de plataformas de montagem, sobre os quais um carro era inteiramente construído, geralmente por um só ajustador.

O primeiro passo dado por Ford para tornar o processo mais eficiente consistiu em levar as peças a cada estação de trabalho, permitindo aos montadores ficarem no mesmo local o dia todo.

Em 1908, tendo Ford conseguido a perfeita intercambiabilidade das peças, decidiu que o montador iria executar uma única tarefa, movimentando-se de veículo para veículo através a área de montagem. Por volta de agosto de 1913, às vésperas da introdução da linha de montagem móvel, o ciclo de tarefa médio do montador da Ford havia caído de 514 para 2,3 minutos devido à divisão da operação de montagem do veículo em sub-tarefas realizados por operadores especializados.

Naturalmente, essa redução desencadeou tremendo aumento na produtividade, não só por que a completa familiaridade com uma só tarefa permitia ao trabalhador executá-la

mais rapidamente e também porque todo ajuste de peças havia, então, sido eliminado. Os trabalhadores simplesmente posicionavam as partes que automaticamente ajustavam sempre.

A grande façanha de Ford em 1913 foi a introdução da linha de montagem móvel, em que o carro era movimentado na direção dos trabalhadores estacionários. Tal inovação diminuiu o ciclo de trabalho de 2,3 para 1,19 minutos; a diferença resultava do tempo economizado pelo trabalhador por ficar parado em vez de caminhar, e pelo ritmo mais acelerado de trabalho, que a linha móvel podia propiciar.

Melhorias de produtividade de tal magnitude chamaram a atenção e despertaram a imaginação dos demais montadores de automóveis. A nova tecnologia de Ford reduziu as necessidades de capital e reduziu o mesmo tempo o esforço humano necessário para montar um automóvel. Além disso, quanto mais veículos Ford produzia, mais o custo por veículo caía.

A produção em massa de Henry Ford orientou a indústria automobilística por mais de meio século, e acabou sendo adotada em quase toda atividade industrial na Europa e América do norte. Atualmente, porém, essas mesmas técnicas, tão arraigadas na filosofia de fabricação, estão frustrando os esforços de muitas companhias ocidentais no salto para a produção enxuta.

2.4 Histórico da produção enxuta

A produção enxuta, essa expressão foi definida pelo pesquisador John Krafcik do *International Motor Vehicle Program* – IMVP (Programa Internacional de Veículos Automotores), é enxuta por utilizar menores quantidades de tudo em comparação com a produção em massa: metade do esforço dos operários da fábrica, metade do espaço para

a fabricação, metade do investimento em ferramentas, metade das horas de planejamento para desenvolver novos produtos na metade do tempo. Requer também ter menos da metade dos estoques atuais no local de fabricação, além de resultar em bem menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos (WOMACK, JONES e ROOS, 1992).

Cusumano (1994, apud LOURENÇO, 2002) lembra que a Produção Enxuta é um sistema para permitir a produção de pequenos lotes combinado com rápidas trocas nos equipamentos (*setup*), a sincronização da fabricação dos componentes com as entregas nos pontos de consumo e ainda trabalhadores versáteis capazes de solucionar problemas e atenderem as necessidades específicas na alteração de produtos numa linha de montagem ou de fabricação de peças.

No ano de 1926, Toyoda S. (1867-1930) funda a Toyoda Spinning & Weaving e a Toyoda Automatic Loom Works Limitada.

Toyoda S. foi para os EUA pela primeira vez em 1910, quando a indústria automobilística estava começando (o modelo T de Ford estava no mercado há dois anos). A popularidade dos carros estava em alta e muitas empresas queriam produzi-los. Ele permaneceu na América por quatro meses e, em seu retorno ao Japão, dizia estarem, então, na era dos automóveis (OHNO, 1997).

Em concordância com o desejo de Toyoda S., seu filho Toyoda K., entrou no ramo de automóveis e, em 1933, anunciou o objetivo de desenvolver internamente os carros de passeio e em 1937 funda a Toyota Motor Company.

Em 1942, a Toyoda Spinning & Weaving, empresa do ramo têxtil, fundada por Toyoda S., foi dissolvida e, um ano depois, em 1943, Ohno foi transferido para a Toyota Motor Company.

O Sistema Toyota de Produção nasceu da necessidade. Restrições de mercado requereram uma produção de pequenas quantidades e de muitas variedades de itens, sob condições de baixa demanda. Sua implementação começou logo após a segunda guerra mundial, mas despertou a atenção da indústria japonesa e depois da crise do petróleo no final de 1973.

Em 1937, um trabalhador alemão produzia três vezes o que fazia um japonês. A razão entre americanos e alemães era a mesma. Isto fazia com que a razão entre a força de trabalho japonesa e americana ficasse em um para nove. Ou seja, o povo japonês estava perdendo algo. O pensamento que vingou no país era de que, se pudesse eliminar a perda, a produtividade poderia se multiplicar por dez. Esta idéia marcou o início do Sistema Toyota de Produção (OHNO, 1997).

O dia 15 de agosto de 1945, dia em que o Japão perdeu a guerra, marcou também um novo começo para a Toyota. Seu presidente à época, Toyoda K. lançou o seguinte desafio: “Alcançar a América em três anos”. De outra maneira, a indústria automobilística japonesa não sobreviveria (OHNO, 1997).

Essa meta não foi atingida em três anos. Toyoda e Ohno levaram mais de vinte anos para implementar completamente essas idéias, mas o impacto foi enorme, com conseqüências positivas para a produtividade, qualidade e velocidade de resposta às demandas de mercado. E em 1980 já era hegemônico o modelo japonês.

Após a segunda guerra, pressionada pela depressão, a Toyota demitiu um quarto de sua força de trabalho, gerando uma enorme crise. Esta atitude teve duas conseqüências: o afastamento do presidente da empresa (pedido de demissão de Toyoda K.) e a com a instrução de um novo modelo de relação capital-trabalho que acabou se tornando a fórmula japonesa, com seus elementos característicos como o emprego

vitalício, promoções por critérios de antiguidade e participação dos lucros (MONDEN, 1984).

Em 1950, o jovem engenheiro Eiji Toyoda empreendeu uma visita de três meses as instalações da Ford em Detroit. De volta ao seu país, Toyoda e o seu especialista em produção, Ohno, refletiram sobre o observado na Ford e concluíram que a produção em massa não poderia funcionar bem no Japão. Desta reflexão nasceu o que ficou conhecido por Sistema Toyota de Produção (BECKER, 2005).

Por décadas, após a Segunda Grande Guerra, os ocidentais cortaram custos pela produção em massa de pouca variedade de carros. Isto era um estilo americano de trabalho, não japonês. O problema do Japão era como cortar custos, produzindo um pequeno número de muitos tipos de carros.

Os problemas para a produção em larga escala no Japão seriam:

- O mercado doméstico era pequeno e exigia a uma gama muito grande de tipos de produtos;
- A compra de tecnologia no exterior era economicamente impraticável;
- A possibilidade de exportação era remota.

Em 1956, Ohno visitou nos EUA as plantas da GM, Ford e outras empresas. Sua maior impressão, porém, foi com o sistema de supermercados existente na América, que tinha chegado ao Japão por volta de 1950 e já fora pesquisado no país anteriormente. Fez, então, uma conexão entre supermercado e *Just-in-time* (JIT), surgindo a idéia do sistema kanban, que levou dez anos para se estabelecer por completo na Toyota Motor Company. Em 1963, configurou-se o início do *Kanban* externo, ou seja, com partes entregues pelos fornecedores.

A crise de 1973, seguida por uma recessão, afetou toda a economia japonesa, que experimentou um crescimento zero, a partir de 1974. Porém, na Toyota Motor Company, houve crescimento nos anos de 1975, 1976 e 1977, e isso levou as pessoas a quererem saber o que acontecia na Toyota. Quando o crescimento rápido parou, tornou-se óbvio que a imitação do sistema tradicional de produção em massa americano poderia tornar-se um pouco perigosa.

Segundo Monden (1984) a idéia básica do Sistema Toyota de Produção (STP) é a de manter um fluxo contínuo dos produtos que estão sendo manufaturados, a fim de se obter flexibilidade às alterações de demanda. A realização de tal fluxo de produção é denominado de produção no momento exato, e significa produzir somente os itens necessários na quantidade necessária e no tempo necessário. Como resultado, o excesso de inventário e o da força de trabalho é reduzido naturalmente, obtendo o propósito de aumentar a produtividade e reduzir o custo. Um fluxo contínuo da produção ou adaptação às mudanças da demanda em quantidades e de variedades é criado pela obtenção de dois conceitos: *Just-in-time* (JIT) e Automação. Estes dois conceitos são os suportes do Sistema Toyota de Produção.

2.5 Produção em Massa *versus* Produção Enxuta

Segundo Ohno (1997), fazer grandes lotes de uma única peça – isto é, produzir uma grande quantidade de peças sem uma única troca de matriz – ainda é hoje uma regra de consenso de produção. Esta é a chave do sistema de produção em massa de Ford. A indústria automotiva Americana tem mostrado continuamente que a produção em massa planejada tem o maior efeito na redução de custos.

O Sistema Toyota de Produção toma o curso inverso. O *slogan* de produção é; “produção em pequenos lotes e troca rápida de ferramentas”.

O Sistema Ford preconiza os grandes lotes, lidam com grandes quantidades, e produz muito inventário. Por contraste, o STP trabalha com a premissa de eliminar totalmente a superprodução gerada pelo inventário e custos relacionados a operários, propriedade e instalações necessárias à gestão do inventário. Para se atingir isso, a Toyota pratica o Sistema *Kanban*, segundo o qual um processo posterior vai até um processo anterior para retirar peças necessárias apenas-a-tempo (*Just-in-time*).

2.6 Os princípios do Modelo Toyota

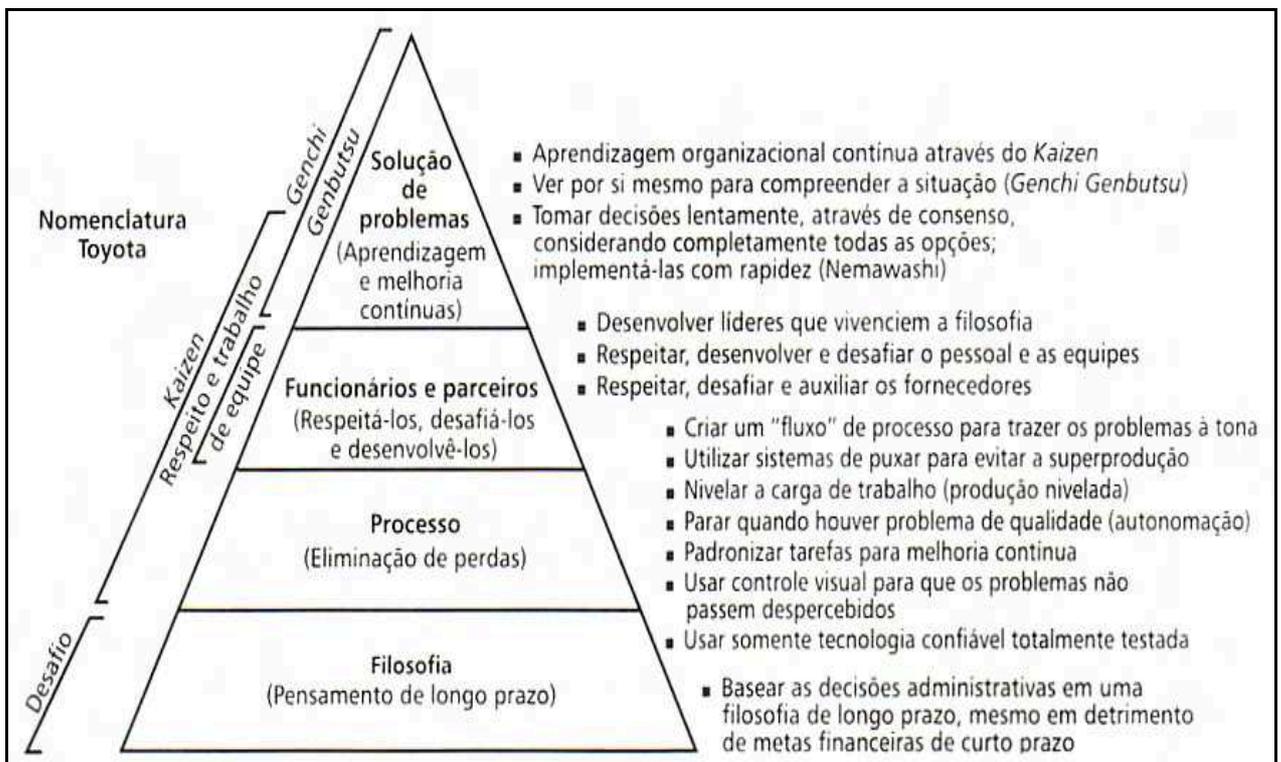


Figura 1 - As quatro categorias do Modelo Toyota. Fonte: Liker (2005).

Segundo Liker (2005), são 14 os princípios do modelo Toyota e foram divididos em quatro categorias, conforme a Figura 1, para facilitar a compreensão:

1. Basear as decisões administrativas e em uma filosofia de longo prazo, mesmo em detrimento de metas financeiras de curto prazo,
2. Criar o fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona,
3. Usar sistemas puxados para evitar a superprodução,
4. Nivelar a carga de trabalho (*heijunka*). Trabalhar como tartaruga, não como lebre,
5. Construir uma cultura de parar e resolver os problemas, obtendo a qualidade logo na primeira tentativa,
6. Tarefas padronizadas são a base para a melhoria contínua e a capacitação dos funcionários,
7. Usar controle visual para que nenhum problema fique oculto,
8. Usar somente tecnologia confiável e completamente testada que atenda aos funcionários e processos,
9. Desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, que vivam a filosofia e a ensinem aos outros,
10. Desenvolver pessoas e equipes excepcionais e que sigam a filosofia da empresa,
11. Respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores desafiando-os e ajudando-os a melhorar,
12. Ver por si mesmo para compreender completamente a situação (*Gemba*),
13. Tomar decisões lentamente por consenso, considerando completamente todas as ações; implementá-las com rapidez,

14. Tornar-se de uma organização de aprendizagem através da reflexão incansável (*hansei*) e da melhoria contínua (*kaizen*).

Liker (2005) obteve a resposta de Fujio Cho, então presidente da Toyota Motor Company, que aprendeu o Modelo Toyota com um dos seus criadores, Taiichi Ohno para o notável sucesso da Toyota:

“A chave para o modelo Toyota e o que a faz sobressair ser não é nenhum dos elementos individuais... Mas o importante é ter todos os elementos de unidos como um sistema. Eles devem ser postos em prática como todos os dias de uma maneira muito sistemática não isoladamente”.

Para Liker (2005), a filosofia dos Três *Guens* visa salientar a importância do espírito de objetividade e pragmatismo requerido nas situações que implicam em ter de resolver algum problema na produção. O termo *Guen* no idioma japonês transmite a idéia do “real”:

Guemba, de o “próprio local”, que representa a importância fundamental de investigar o local onde o problema ocorreu ou ocorre;

Guembutsu, de o “próprio objeto”, que sugere a obrigação de verificar o objeto do problema, como a peça ou produto defeituoso, ou o mecanismo ou equipamento com falha;

Guenjitsu, de “a realidade”, que remete à observação atenta do real contexto em que ocorreu o fenômeno ou o evento que causou a falha ou acidente sob investigação.

Para Jimmerson, Weber e Sobek (2004), três fatores contribuem para o sucesso da implementação do STP. Primeiro, os funcionários devem aprender a olhar seu local trabalho e ver desperdícios como uma atividade diária. Segundo, a chefia direta deve estar entusiasmada em fazer melhorias e terceiro, deve haver uma comunicação objetiva entre os departamentos para facilitar a resolução de problemas.

Bhasin e Burcher (2006) explicam que as maiores dificuldades das empresas na tentativa de aplicar a Manufatura Enxuta são a falta de direção, a falta de planejamento e a falta de seqüência adequada do projeto.

Uma das dificuldades para se implementar o STP é que vários comportamentos que pertencem à cultura da Toyota e do Japão e que são responsáveis pelo sucesso do mesmo, não podem ser “transplantados” para empresas ocidentais (CORDEIRO, 2007).

2.7 Princípios básicos do Sistema Toyota de Produção

Segundo Shingo (2005), alguns princípios básicos sobre os quais o Sistema Toyota de Produção foi erigido e apresentam a filosofia, metodologia e sua perspectiva:

O Princípio do Não-Custo: O primeiro conceito desenvolvido como base para o gerenciamento da produção é o princípio da minimização dos custos. Ele vê a origem dos lucros de uma perspectiva totalmente diferente: ao invés de aderir a fórmula fácil: $Custo + Lucro = Preço de Venda$. Os produtores devem deixar que o Mercado determine o preço, empregando a fórmula: $Preço - Custo = Lucro$. Com esta abordagem, a única maneira de aumentar os lucros dá-se através da redução dos custos. Para reduzir os custos, o único método é a eliminação total das perdas.

Estoque Zero: a Pedra Fundamental da Eliminação da Perda. Por muito tempo, o estoque foi considerado um mal necessário, não tendo sido dada a ele a necessária atenção por parte da gerência de produção. O questionamento do por que ele era necessário revelou que manter estoque era, na verdade, um tremendo desperdício.

O Pensamento Enxuto: Antídoto ao Desperdício. O pensamento enxuto é uma forma de especificar valor, alinhar a melhor seqüência das ações que criam valor, realizar

estas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz.

Redução dos Tempos de Troca de Ferramentas e Matrizes. A alta diversidade e o baixo volume (lotes pequenos) são inerentes à produção contrapedido. Tempo de troca reduzido é um pré-requisito indispensável para este tipo de produção. Essa necessidade fez-se sentir de forma intensa, e, como resposta, Shingo (2000) propôs o sistema TRF (troca rápida de ferramenta).

A Eliminação das Quebras e Defeitos. A instabilidade da produção (criada por quebras e defeitos) gera a necessidade de estoque. Em um sistema de estoque zero, portanto, é de absoluta prioridade a eliminação desses fatores. Uma política firme de interromper uma linha com máquina, sempre que surja uma situação anormal deve ser adotada.

Womack e Jones (1998) definem a produção enxuta como um processo de cinco passos: definir o valor do cliente, definir o fluxo de valor, fazê-lo “Fluir”, e “Puxar” a partir do cliente e lutar pela excelência.

O fundador da Toyota, Sakichi Toyoda é um dos grandes inovadores contemporâneos e a fez diferente das outras empresas devido aos tópicos abaixo:

- 1 *Produção enxuta.* O Sistema Toyota de Produção consiste numa cadeia de suprimentos enxuta e altamente terceirizada, que prevê a eliminação de estoques e a busca permanente pela agilização do processo produtivo.
- 2 *Eficiência logística.* A Toyota leva ao extremo o conceito de *Just-in-time* (a peça necessária, na quantidade necessária, no momento necessário). Os fornecedores são monitorados em tempo real.

- 3 *Redes de conhecimento.* A empresa promove a transferência de seu *know-how* para os parceiros, treinados para atuar de acordo com a cultura Toyota. O compartilhamento do conhecimento cria redes que facilitam a troca de informações.
- 4 *Flexibilidade no chão de fábrica.* Os operários da empresa têm autonomia para interromper a produção, caso detectem algum problema em peças ou equipamentos, evitando que os defeitos apareçam apenas no final do processo.
- 5 *Agilidade para incorporar tecnologias.* A Toyota foi a primeira empresa a fabricar em grande escala um carro híbrido. A GM tinha um projeto parecido, mas não quis correr o risco.
- 6 *Conhecimento do consumidor.* Enquanto os outros fabricantes faziam carros a partir de concepções de seus engenheiros, a Toyota inovou ao mapear as expectativas dos clientes. O Lexus foi desenhado com base nas sugestões dos consumidores.

Spear e Bowen (1999) explicam que o conhecimento tácito que norteia o STP pode ser condensado em quatro regras básicas. Estas regras guiam o projeto, operações e melhorias para cada produto e serviço. As regras são:

Regra 1: Todo trabalho deve estar altamente especificado no seu conteúdo, seqüência, tempo e resultado.

Regra 2: Cada conexão cliente-fornecedor deve ser direta e deve haver uma forma sim-ou-não clara para enviar solicitações e receber respostas.

Regra 3: O caminho para cada produto e serviço deve ser simples e direto.

Regra 4: Toda melhoria deve ser feita de acordo com um método científico, sob orientação de um professor, no nível mais baixo da organização

2.8 Os tipos de perdas

Segundo Shingo (2000), o Sistema Toyota de Produção (STP) “é um sistema que visa a eliminação total de perdas”. Por muito tempo o STP foi confundido com o Sistema *Kanban* que é um meio para se chegar ao *Just-in-time* (JIT) um dos pilares do STP.

A Toyota identificou sete grandes tipos de perdas sem agregação de valor em processos administrativos ou de produção. Há um oitavo tipo de perda, incluído por Liker (2005):

Superprodução. Produção de itens para os quais não há demanda, o que gera perda com excesso de pessoal e de estoque e com custos de transporte devido ao estoque excessivo.

Superprocessamento ou processamento incorreto. Passos desnecessários para processar as peças. Geram-se perdas quando se oferecem produtos com qualidade superior à que é necessária.

Movimento desnecessário. Qualquer movimento inútil que os funcionários têm de fazer durante o trabalho, tais como procurar, pegar ou empilhar peças, ferramentas, etc.

Transporte ou movimentação desnecessários. Movimento de estoque em processo por longas distâncias, criação de transporte ineficiente ou movimentação de materiais, peças ou produtos acabados para dentro ou fora do estoque ou entre processos.

Excesso de estoque. Excesso de matéria-prima, de estoque em processo ou de

produtos acabados, causando *lead-time* mais longos, obsolescência, produtos danificados, custos de transporte e de armazenagem e atrasos.

Defeitos. Produção de peças defeituosas ou correção. Consertar ou retrabalhar, descartar ou substituir a produção e inspecionar significam perdas de manuseio, tempo e esforço.

Espera (tempo sem trabalho). Funcionários que servem apenas para vigiar uma máquina automática ou que ficam esperando pelo próximo passo no processamento.

Desperdício da criatividade dos funcionários. Perda de tempo, idéias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem por não envolver ou ouvir seus funcionários.

Uma forma de se medir o desempenho de uma fábrica e assim realizar um melhor controle das perdas de produtividade, qualidade e quebras é utilizar o *Overall equipment effectiveness* (OEE).

Segundo Ahmad e Dhafr (2002), o OEE é uma medida designada para determinar o quão confiável os custos estão e sua capacidade de alcançar um alto desempenho esperado de uma operação de classe mundial.

$$\text{OEE} = \text{Product rate} \times \text{Quality rate} \times \text{Availability}$$

O OEE trabalha com o princípio que o melhor desempenho de manufatura é quando a planta opera na capacidade máxima sempre produzindo perfeitos e sem quebras de equipamentos (AHMAD e DHAFR, 2002).

2.9 *Just-in-time* e Automação

Reafirmando, a base do STP é a eliminação total do desperdício. Para atingir este objetivo, surgiram os pilares deste sistema, o *Just-in-time* (JIT) e a Automação (automação agregada à autonomia).

JIT significa produzir o produto necessário na quantidade necessária no momento necessário. A relação entre clientes e fornecedores internos e externos é alterada, pois o fornecedor deverá proteger seu cliente de produtos somente na quantidade e no momento que esses forem utilizados pelo processo do cliente, o que implica entregas freqüentes em quantidades pequenas, para que não haja a formação de estoques de matéria-prima e de produtos em processo.

A propagação dessa atitude por toda empresa implicará em uma significativa redução de custo, como afirma Monden (1984): “Se o JIT é realizado em toda empresa, inventários desnecessários na fábrica são completamente eliminados, tornando almoxarifados e depósitos desnecessários. O custo de manter estoque é reduzido e a rotatividade do capital de giro aumentada”.

Segundo Martins e Laugeni (2001), o JIT usa o Sistema *Kanban* para retirar as peças em processamento de uma estação de trabalho e levá-las para a próxima estação do processo produtivo. As partes fabricadas ou processadas são mantidas em contêineres e somente alguns desses são fornecidos à estação subsequente. Quando todos os contenedores estão cheios a máquina pára de produzir, até que retorne outro contêiner vazio, que funciona como uma “ordem de produção”. Assim, estoques de produto em processo são limitados aos disponíveis nos contêineres e só são fornecidos quando necessário. O programa de montagem final puxa as partes dos postos anteriores

e estes, por sua vez, também puxam as partes de seus postos anteriores e assim sucessivamente até chegar aos fornecedores externos.

Slack (1993) explica que a Manufatura precisa ser flexível porque ela tem de administrar a operação sob condições de variedade, incertezas de longo e curto prazo e ignorância. O nível certo de flexibilidade permite que a operação continue o seu trabalho apesar dessas condições. Deve-se pensar a flexibilidade como amortecedores das operações e que mantém e melhora seu desempenho apesar do impacto e das turbulências de um ambiente incerto e de uma variedade de condições sob as quais ela tem de operar.

A automação pode ser interpretada como um controle autônomo de defeitos. Ainda de acordo com Monden (1984), apesar de a automação envolver algum tipo de automação, ela não é limitada processo da máquina, e é utilizada em conjunto com a operação manual. É predominantemente uma técnica para detectar e corrigir defeitos de produção e através de um dispositivo para detectar anormalidades ou defeitos (*poka-yoke*), aliados a uma maior autonomia dada aos trabalhadores de chão de fábrica, que têm liberdade para buscar soluções para problemas de produção e até mesmo a possibilidade de parar linha ou a máquina quando a normalidade dos defeitos ocorre. Desta forma, a automação apóia o JIT, pois impede fabricação de produtos defeituosos, elimina a superprodução e pára automaticamente no caso de anormalidades da linha, permitindo que a situação seja investigada. Outra vantagem da automação é a possibilidade de se valer do sistema não só para se evitar a produção defeituosa, e, portanto, o desperdício, mas também para evitar que os problemas se repitam.

2.10 Planejamento e Controle

Segundo Slack *et al.* (2002), o Planejamento e Controle são atividades que conciliam fornecimento e demanda, gerenciando a operação produtiva para satisfazer as demandas dos clientes. Estas atividades proporcionam os sistemas, procedimentos e decisões que conciliam estas duas entidades. Conectam recursos capazes de fornecer bens e serviços para a demanda que foram projetados para satisfazer. Isto requer que os recursos produtivos estejam disponíveis:

- Na quantidade adequada;
- No momento adequado e
- No nível de qualidade adequado.

Todas as situações de planejamento e de controle acontecem sob limitações de recursos que são usualmente:

- Limitações de custo;
- Limitações de capacidade;
- Limitações de tempo;
- Limitações de qualidade.

As incertezas, tanto de fornecimento como de demanda, afetarão a complexidade das tarefas de planejamento e controle. A demanda pode ser tratada tanto como dependente quanto como independente. A demanda independente é menos previsível porque depende das casualidades do mercado.

Segundo Contador (1996), a logística é a gestão integrada de um conjunto de recursos (pessoal, máquinas, veículos, meios de movimentação e armazenagem) empregado para executar todas as operações de fabricação, armazenagem e

movimentação com as quais se assegura o fluxo de materiais desde os fornecedores até os clientes. Esse fluxo pode ser entendido como formado por três subsistemas: um, de matéria-prima, abrange a aquisição do material, seu transporte, inspeção e estocagem; o segundo, de material em processo, envolve toda a movimentação e armazenamento do material em processo entre as unidades de fabricação; o terceiro, de produto acabado, refere-se a toda movimentação necessária à distribuição física do produto, até a sua entrega ao cliente.

Corrêa e Giansesi (1993) explicam que os Sistemas de Administração da Produção (SAP) são sistemas que provêm informações que suportam o gerenciamento eficaz do fluxo de materiais, da utilização de mão-de-obra e dos equipamentos, a coordenação das atividades internas com as atividades dos fornecedores e distribuidores e a comunicação/interface com os clientes no que se refere às suas necessidades operacionais.

Algumas atividades gerenciais típicas que devem ser suportadas pelos SAP são:

- Planejar as necessidades futuras de capacidade (qualitativa e quantitativamente) do processo produtivo, de forma que haja disponibilidade para atender ao mercado com os níveis de serviço compatíveis com as necessidades competitivas da organização.
- Planejar os materiais comprados, de modo que eles cheguem no momento e na quantidade certa, necessárias a manter o processo produtivo funcionando sem rupturas prejudiciais aos níveis pretendidos de utilização de seus recursos.

- Planejar os níveis apropriados de estoques de matérias-primas, semi-acabados e produtos finais nos pontos corretos, de forma a garantir que as incertezas do processo afetem o menos possível o nível de serviços aos clientes e o funcionamento suave da fábrica.
- Programar atividades de produção, de forma que as pessoas e os equipamentos envolvidos no processo estejam, em cada momento, trabalhando nas coisas certas e prioritárias, evitando, assim, dispersão desnecessária de esforços.
- Ser capaz de saber da situação corrente das pessoas, dos equipamentos, dos materiais, das ordens e de outros recursos produtivos da fábrica, de modo a poder informar e, de modo geral, comunicar-se de forma adequada com clientes e fornecedores.
- Ser capaz de reagir eficazmente, reprogramando atividades bem e rápido, quando ocorrer mal no processo ou quando situações ambientais inesperadas ocorrerem.
- Prover informações a outras funções a respeito das implicações físicas e financeiras das atividades, presentes e prospectivas, da manufatura, contribuindo para que os esforços de todas as funções possam ser integrados e coerentes.
- Ser capaz de prometer prazos com precisão aos clientes e, depois, cumpri-los, mesmo em situações ambientais dinâmicas e, muitas vezes, difíceis de prever.

2.11 *Material Required Planning, Manufacturing Required Planning, Enterprise Required Planning e a relação com o Just-in-time*

Devido à crescente pressão por competitividade nas Empresas e do grande sucesso da Toyota através do seu famoso Sistema Toyota de Produção, a Logística e o Planejamento, Programação e Controle da Produção (PPCP) assumiram um importante papel na Estratégia de Manufatura. Atender as demandas dos clientes com o tratamento JIT passou a ser um fator de peso devido aos pilares Qualidade-Quantidade-Custo-Prazo. Há muito se sabe que a vantagem competitiva da Toyota é a excelência da Manufatura. Em paralelo se desenvolveram os Sistemas de Administração da Produção (SAP) com base na tecnologia da informática. No início nasceu o *Material Required Planning* (MRP) com os cálculos das necessidades de materiais. Foi um grande avanço, pois devido à complexidade e quantidade cada vez maiores dos materiais envolvidos na fabricação e montagem de vários tipos de produtos as empresas necessitaram de programas que as ajudassem a processar as informações de uma forma mais segura e rápida.

O MRP I é um sistema informatizado que permite que as empresas calculem quanto de material de determinado tipo é necessário e em que momento (SLACK *et al.*, 2002).

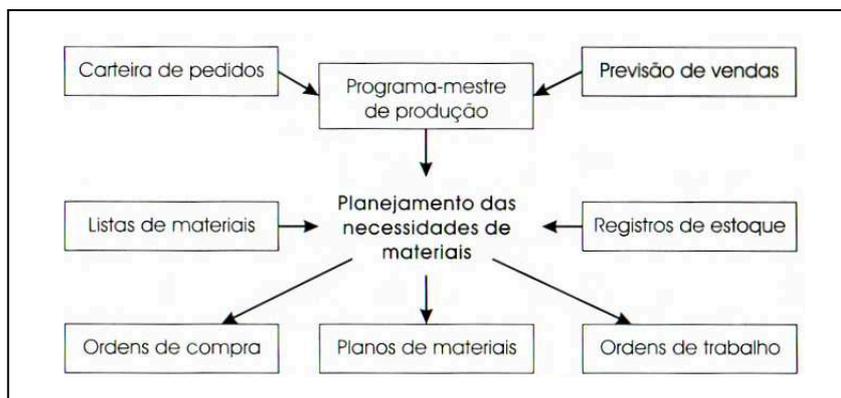


Figura 2 - Desenho esquemático do planejamento de necessidades de materiais (MRP I).
Fonte: Slack *et al.* (2002)

De acordo com a Figura 2, explicam Slack *et al.* (2002), começando na parte superior, as primeiras entradas para o planejamento das necessidades de materiais são os pedidos de clientes e a previsão de demanda. A primeira se refere a pedidos firmes programados para algum momento no futuro, enquanto a segunda consiste em estimativas realísticas da quantidade e momento de pedidos futuros. O Programa Mestre de Produção (*MPS – Master Production Schedule*) é a fase mais importante do planejamento e controle de uma empresa, constituindo-se na principal entrada para o planejamento das necessidades de materiais. O MPS contém uma declaração da quantidade e momento em que os produtos finais devem ser produzidos; esse programa direciona toda a operação em termos do que é montado, manufaturado e comprado. É a base do planejamento de utilização de mão-de-obra e equipamentos e determina o provisionamento de materiais e capital. Uma lista de materiais mostra quais e quantos itens são necessários para fabricar ou montar os produtos. O MRP reconhece que alguns dos itens necessários podem já estar em estoque. É então necessário verificar quanto estoque há desses itens, para que se possa calcular a necessidade “líquida” – quantidade extra necessária para, juntamente com o estoque, atender a demanda. O

MRP gera, então, as ordens trabalho para itens fabricados internamente e ordens de compra para itens fornecidos por terceiros. Finalmente, o MRP dispara a fabricação do produto final, sempre se levando em consideração o prazo estipulado pelo cliente, sendo então necessário fornecer os *lead-time* de fabricação e montagem internas e de entrega de componentes comprados.

Mais tarde surgiu o *Manufacturing Resources Planning* (MRP II) que além dos cálculos das necessidades de materiais, também calcula os recursos necessários para a fabricação e/ou montagem do produto final. De acordo com Martins e Laugeni (2001), com o desenvolvimento da capacidade de processamento dos computadores, aliado ao advento dos PC (*personal computers*), cada vez mais acessíveis, expandiu-se o conceito do MRP até então utilizado. Assim, além dos materiais que já eram tratados, passou-se a considerar também outros insumos, como mão-de-obra, equipamentos, espaços disponíveis para estocagem, instalações, etc. Os programas com tais capacidades de processamento passaram a ser denominados de *Manufacturing Resources Planning*, que pode ser traduzido por planejamento das necessidades de manufatura e convencionou-se chamar de MRP II. Hoje em dia é cada vez maior o número de autores que chamam o MRP II de ERP (*Enterprise Resource Planning*), ou seja, planejamento dos recursos da empresa.

Atualmente é prática de algumas Empresas a conciliação entre os Sistemas de Administração de Produção (SAP) para se gerenciar o macro e práticas de JIT (um dos pilares do Sistema de Produção Enxuta), controles visuais e *Kanban* para se gerenciar o chão de fábrica. Essa união traz várias vantagens como, por exemplo, poder planejar a capacidade interna e de fornecedores antecipadamente através do SAP e controlar o dia-dia do chão de fábrica com o JIT.

2.12 Produção Sincronizada

Goldratt e Fox (1989) explicam que a produção sincronizada é qualquer maneira sistemática que tenta movimentar o material rápida e uniformemente através dos vários recursos da fábrica, de acordo com a demanda do mercado. Os japoneses usaram o exemplo do sistema de um rio para caracterizar o fluxo uniforme que eles estão tentando seguir. O material deve fluir como riachos até regatos e regatos até rios e assim por diante, sem represas nem rompimentos que interrompam o fluxo.

Segundo Shingo (2005) a implementação de um fluxo contínuo de produção necessita de um perfeito balanceamento das operações ao longo da célula de fabricação e montagem. O balanceamento das operações no modo tradicional procura nivelar os tempos de ciclo de cada trabalhador, de forma a fazer com que os trabalhadores recebam cargas de trabalho semelhantes. Ferreira (2004), explica que na Manufatura Enxuta, o balanceamento das operações está fundamentalmente ligado ao conceito de *Takt-time*. O *Takt-time* (TKT) é o tempo necessário para produzir um componente ou um produto completo, com base na demanda do cliente. Em outras palavras, o *Takt-time* associa e condiciona o ritmo de produção ao ritmo das vendas. Na lógica da “produção puxada pelo cliente”, o fornecedor produzirá somente quando houver demanda do seu cliente. O *Takt-time* é dado pela equação (ROTHER e SHOOK, 1999):

$$\text{Tkt} = \frac{\text{TOL} / \text{P}}{\text{DC} / \text{P}} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: Tkt = *Takt-time* (minutos ou segundos)
 TOL = Tempo Operacional Líquido (minutos ou segundos)
 DC = Demanda do Cliente ou Necessidade do Cliente (unidades)
 P = Períodos ou Turnos

A uniformização da carga do sistema de produção foi criada para eliminar picos e vales na carga de trabalho e evitar excessiva produção. Seu objetivo foi balancear a carga de trabalho (JAPAN MANAGEMENT ASSOCIATION, 1989).

Ribeiro (1989), explica que o balanceamento das quantidades diárias nas linhas de montagem se constitui um pré-requisito da produção em pequenos lotes.

2.13 Método “5S”

O “5S” é também conhecido como *House-Keeping* e seu lema é: “Um lugar para cada coisa e cada coisa em seu lugar”. Para a implementação do STP é necessário que se “prepare o terreno” de forma que o ambiente esteja limpo e organizado para que as melhorias apareçam de forma rápida.

O objetivo do “5S” é tornar o local de trabalho evidente, limpo, claro e agradável, aplicando as regras e padronizações de trabalho e buscando a segurança e o aumento da produtividade.

Segundo Hirano (1994), um local de trabalho desorganizado é sinal de pensamento desorganizado.

O “5S” é conceituado pelos cinco sentidos e cada um representa uma fase:

O 1º S de SEIRI: senso de utilização. Manter no local de trabalho somente o que é utilizado e na quantidade certa. Nesta fase o colaborador em seu posto de trabalho separa o útil do inútil, descartando o desnecessário. Deve ser criada uma área, onde as coisas sem utilidade serão alocadas para posterior descarte. As vantagens do descarte são:

- Reduz as necessidades de espaço, estoques, gastos com o sistema de armazenamento, transporte e seguros;

- Facilita o transporte interno, o arranjo físico, o controle de produção, a execução do trabalho no tempo previsto;
- Evita compra de componentes em duplicidade;

Também nesta fase são verificados os itens do posto de trabalho que necessitam de manutenção por estarem quebrados ou em mau funcionamento. Estes itens são etiquetados e numerados através de uma lista com responsáveis e prazos estimados para o conserto.

O 2° S de SEITON: senso de ordenação. Um lugar para cada coisa e cada coisa em seu lugar, devidamente identificado. Após a segregação do que é o útil no local de trabalho, é necessário definir o local mais adequado para cada coisa. Essa fase implica em um estudo da frequência de utilização de cada coisa e a análise da velocidade e necessária para achá-las, usá-las e devolvê-las novamente em seus devidos lugares. Os itens devem ser organizados e alocados em áreas devidamente demarcadas, devendo estar identificados, para facilitar a sua localização, quando necessário. Devem ser tiradas fotos com a padronização da organização dos itens.

O 3° S de SEISO: senso de limpeza. Melhor que limpar é não sujar. Todos devem estar conscientes da importância de estarem no ambiente limpo e da necessidade de manter essa limpeza. Dentre as vantagens de se trabalharia ambientes de trabalho limpos são citadas:

- Boa imagem da empresa, aumentando a confiabilidade do cliente;
- Possibilidade de identificação de pontos causadores de contaminação;
- Maior satisfação do funcionário dentro do seu local de trabalho;
- Maior produtividade.

Na fase inicial de implementação, as pessoas da liderança devem participar da prática da limpeza, com a finalidade de estimular os funcionários. A atividade de limpeza colocará em evidência uma melhor aparência, que deve ser ressaltado como ponto positivo, para que se consiga sua manutenção.

Durante a limpeza serão identificadas as fontes geradoras de sujeira e contaminação, que devem ser devidamente avaliadas as suas causas raízes para que sejam eliminadas por definitivo. Estes itens são etiquetados e numerados através de uma lista com responsáveis e prazos estimados para o conserto.

O 4° S de SEIKETSU: senso de padronização. Padronizar a forma de agir, otimizando a administração dos itens necessários à produção e para os escritórios. Depois de cumpridas as fases anteriores, rotinas e práticas padrão devem ser estabelecidas para a repetição regular e sistemática dos “S” anteriores. Para isso, deverão ser criados procedimentos e formulários de avaliação regulares, em que a opinião de todos devem ser considerada para a elaboração dos padrões, o que ajudará a manutenção do sistema.

Alguns exemplos de padrões podem ser citados:

- Quadro de ferramentas devidamente sombreado;
- Área demarcada para a avaliação de produtos segregados;
- Marcações visuais para monitoramentos;
- Criação de planos de manutenção.

O 5° S de SHITSUKE: senso da autodisciplina. Autodisciplina e a melhoria contínua, aplicando sistematicamente os primeiros “S”. Esta fase está ligada à manutenção sistêmica e de forma que atividades anteriormente explicadas se tornem habituais, para que todos as executem diariamente e assim garantam que altos padrões sejam alcançados.

2.14 Troca rápida de ferramentas

A Troca Rápida de Ferramentas (TRF) é um dos preceitos básicos para que se consiga alcançar o JIT e o Sistema *Kanban* devido à necessidade de fabricação de pequenos lotes de produção que seria inviável se o tempo de troca de ferramenta, também chamado de *setup*, for muito alto. No sistema de produção em massa os lotes de produção eram de quantidades altíssimas, pois não se tinha a preocupação em produzir somente o necessário, então o tempo de troca de ferramenta também era alto (SHINGO, 2000).

A definição de *setup* é o período de tempo contado a partir da fabricação da última peça do lote anterior até a primeira peça boa do lote seguinte.

A TRF teve na pessoa de Shigeo Shingo o seu maior estudioso e conhecedor do assunto e que desenvolveu o sistema *Single Minute Exchange Die* (SMED) que significa troca de ferramenta em menos de dez minutos e seus estudos começaram a partir da década de 50.

Segundo Shingo (2000), as principais vantagens da TRF são:

- Possibilita a produção econômica de pequenos lotes. Sendo assim, torna-se possível que as fábricas respondam mais rapidamente as variações na demanda de mercado.
- Possibilita a redução dos estoques em processo e dos estoques de produtos acabados. Por sua vez, a redução global dos inventários (estoques em processo, de produtos acabados e matérias-primas) traz como consequência, vantagens financeiras.

Shingo (2000) percebeu que as operações de *setup* são de dois tipos e diferentes:

- *Setup* interno (Tempo de Preparação Interno - TPI), tais como a montagem ou remoção das matrizes, que podem ser realizadas somente quando a máquina estiver parada.
- *Setup* externo (Tempo de Preparação Externo - TPE), tais como o transporte das matrizes já utilizadas para o almoxarifado o transporte das novas para máquina, operações que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento.

Shingo (2000) estabeleceu uma política de separar o *setup* interno do externo e uma das práticas era transformar o *setup* interno em externo de modo que o equipamento ficasse o menor tempo possível parado.

Ainda segundo Shingo (2000), são oito as principais técnicas para se reduzir o tempo de troca de ferramenta e são descritas abaixo:

Técnica 1: Separação das operações de *setup* internas e externas.

Identifique claramente quais operações atuais devem ser executadas enquanto a máquina está parada, (*setup* interno) e quais podem ser realizadas com a máquina funcionando (*setup* externo).

Técnica 2: Converter *setup* interno em externo.

Este é o princípio mais poderoso do sistema TRF. Sem ele, não poderiam ser atingidos os tempos que *setup* inferiores há 10 minutos. Fazer esta conversão envolve o reexame das operações para verificar se qualquer uma das etapas foi equivocadamente tomada como *setup* interno e encontrar maneiras de converter esses *setup* internos em externos.

Técnica 3: Padronizar a função, não a forma.

A padronização da forma e do tamanho das matrizes pode reduzir os tempos de *setup* consideravelmente. A padronização da forma, porém, é uma perda, porque todas as matrizes teriam de adequar-se ao maior tamanho utilizado, o que aumentaria os custos desnecessariamente. A padronização da função, por outro lado, requer apenas que uniformidade nas peças necessárias à operação de *setup*.

Técnica 4: Utilizar grampos funcionais ou eliminar os grampos.

Um parafuso é o mecanismo de fixação mais comum, mas sua utilização pode consumir um tempo muito grande. Se a função do parafuso é simplesmente apertar ou soltar, o seu comprimento deve ser apenas o suficiente para que fixe com um movimento. Isso faria do parafuso um fixador funcional. Parafusos com rosca não são um, de maneira alguma, o único modo de fixar objetos. Tampouco devemos supor que fixadores sejam sempre necessários.

Técnica 5: Utilizar dispositivos intermediários

Algumas das esperas que ocorrem devido à ajustes durante o se tape interno podem ser eliminadas com o uso de dispositivos padronizados. Enquanto a peça presa a um dispositivo está sendo processada, a próxima é centrada empresa a um segundo. Quando a primeira estiver pronta, a peça preço segundo dispositivo é facilmente instalada na máquina para processamento.

Técnica 6: Adotar operações paralelas

Operações em injetoras de plástico ou de metais e prensas grandes envolvem, invariavelmente, trabalho de *setup* nas duas laterais ou nas partes frontal e posterior da máquina.

Se apenas um operário e executar essas operações, muito tempo e movimento são desperdiçados com seu deslocamento em torno da máquina. Mas quando duas pessoas

realizam as operações paralelas simultaneamente, o tempo de *setup* é geralmente reduzido em mais de 50%, devido à economia de movimentos. Uma operação, por exemplo, que leva trinta minutos para ser executada por um trabalhador pode levar apenas dez minutos com dois.

Técnica 7: Eliminar ajustes

Tipicamente, ajustes e testes piloto são responsáveis por 50 a 70% do tempo de *setup* interno. A eliminação desses tempos traz formidáveis economias de tempo.

A eliminação de ajustes inicia com o reconhecimento de que a preparação e o ajuste são duas funções distintas e separadas. Preparação ocorre na mudança de posição de um interruptor de fim de curso. O ajuste ocorre quando o interruptor de fim de curso é testado e repetidamente ajustado em uma nova posição.

Técnica 8: Mecanização

Embora a troca de lâminas, dispositivos, matrizes pequenas não seja um grande problema, a mecanização é geralmente fundamental para deslocamento de matrizes e moldes de injeção de plástico grandes. A mecanização deve ser considerada somente após ter sido feito todo o esforço possível para melhorar o *setup* utilizando as técnicas descritas.

Segundo Ribeiro (1989), durante longos anos, os setores de fabricação operaram segundo a premissa de que os altos custos de preparação de máquinas deveriam ser compensados por grandes lotes de produção. Os japoneses desafiaram esta teoria e adquiriram a condição de produzir em pequenos lotes através da troca rápida de ferramentas.

2.15 Zero defeito, controle autônomo de defeitos, dispositivos *poka-yoke*, controle de qualidade por toda empresa e Círculos de Controle de Qualidade

Outra premissa básica a se buscar antes de se implementar o JIT é a qualidade das peças produzidas. A produção de peças não-conformes é um dos piores tipos de perda, pois são desperdiçados materiais, mão-de-obra, controle de inventário, além de reclamações dos clientes, problemas de programação e de entregas. O STP e o JIT são incapazes de funcionar seu índice de refugo for muito alto e se as peças produzidas consideradas como boas, de repente, são tidas como não-conformes normalmente após a reclamação de um cliente interno ou externo. Os furos de inventário, operações de segregação, re-trabalho e re-inspeção do lote defeituoso e a reprogramação da produção para repor neste lote inviabilizam o sistema.

Os produtos japoneses no período pós-guerra eram considerados de qualidade inferior. Na década de 50 os americanos Deming e Juran foram os pioneiros em transmitir os conhecimentos e conceitos sobre qualidade à comunidade industrial japonesa através de várias visitas que eles empreenderam ao Japão. Deming visitou o Japão pela 1ª vez em 1950 e contribuiu principalmente com os ensinamentos sobre controle estatístico do processo e estudos de variabilidade. Juran, por sua vez, realizou sua viagem em 1954 e contribuiu através dos estudos administrativos para o planejamento e controle da qualidade e seminários para elementos da alta direção e para a média gerência. Nesta mesma época Kaoru Ishikawa desenvolvia no Japão as bases do *Total Quality Control* japonês (TQC) ou Controle da Qualidade Total e dos Círculos de Controle de Qualidade (CCQ).

Os japoneses lembram-se ainda hoje com respeito, do seminário de oito dias mantido por Deming, em julho de 1950, sobre controle de qualidade, uma experiência-chave, que teve dimensões históricas, como mais tarde foi evidenciado.

Goldratt e Fox (1989) descrevem que a enorme contribuição de Deming foi no seu enfoque que pode ser resumido bem na afirmação de que “o Controle de Qualidade deve ser usado para verificar o processo, não o produto”.

Segundo Ishikawa (1986), a palavra TQC ou Controle da Qualidade Total – foi inicialmente utilizada por Dr. Armand Feigenbaum, o responsável pela qualidade da GE americana. Posteriormente publicou um livro com mesmo título, em 1961. Feigenbaum define TQC como sendo um sistema voltado para propiciar satisfação ao consumidor, gerando os produtos, através de um sistema produtivo, de forma econômica e de assistência ao usuário, estruturando-se de tal modo que os diversos grupos integrantes da organização contribuam para o esforço de desenvolvimento, manutenção e melhoria da qualidade de forma global.

O TQC é um sistema administrativo aperfeiçoado no Japão, a partir de idéias americanas ali introduzidas logo após a Segunda Guerra Mundial (CAMPOS, 1992).

Ishikawa (1986) define CCQ como um pequeno grupo de pessoas que trabalham numa mesma área que, voluntariamente, desenvolvem atividades de controle de qualidade. Este pequeno grupo de pessoas, dentro do espírito que coordena as atividades de controle total da qualidade em toda a empresa, desenvolve atividades para melhoria e reformulação da própria área de trabalho, com auxílio de métodos de CQ, através do auto e mútuo desenvolvimentos de forma contínua e com participação de todos.

Segundo Campos (1994), os CCQ são constituídos por grupos de operadores que trabalham na mesma Unidade Gerencial Básica e começam resolvendo pequenos problemas da área de trabalho. Com o tempo, depois que as pessoas ganham experiência com o CCQ, os problemas resolvidos poderão ser aqueles advindos da alta direção ou da gerencia da Unidade Gerencial Básica.

Segundo Shingo (2000), o *Poka-Yoke* é um mecanismo de detecção de anormalidades que, acoplado a uma operação, impede a execução irregular de uma atividade. O *Poka-Yoke* é uma forma de bloquear as principais interferências na execução da operação, antecipando e detectando defeitos potenciais e evitando que cheguem ao cliente interno e externo.

Conforme explica Campos (1994), os operadores são treinados para garantir a qualidade cumprindo os procedimentos operacionais padrão. No entanto, os seres humanos podem errar por distração, esquecimento, cansaço, etc. e isto poderá se refletir em perdas da toda natureza. Dependendo da criticidade da operação e da qualidade do produto, para se evitar estas perdas deve-se desenvolver mecanismos à prova de erros, que podem ser mecânicos ou eletrônicos, que impeçam as conseqüências do erro humano.

Nas fábricas japonesas qualquer operador possui autoridade para interromper o processo de produção quando detectar a ocorrência de algum defeito. Imediatamente as pessoas, direta ou indiretamente envolvidas, são acionadas para identificar as causas do problema e empreender ações corretivas (RIBEIRO, 1989 e POPPENDIECK, 2002).

Na década de 80, os EUA sofreram uma grande invasão de diversos produtos japoneses em seu mercado devido ao baixo preço e maior qualidade em relação aos produtos americanos. Esta invasão mexeu de forma agressiva a economia americana de modo que até os empregos dos americanos ficaram em perigo. Neste contexto, Deming (1990) desenvolveu o que chamou de “Quatorze Princípios de Administração” que, segundo ele, constituem a base para a transformação da empresa para se manter em atividade através do gerenciamento com foco na qualidade:

1. Estabeleça constância de propósitos para a melhora do produto e do serviço, objetivando tornar-se competitivo e manter-se em atividade, bem como criar emprego.
2. Adote a nova filosofia. Estamos numa nova era econômica. A administração ocidental deve acordar para o desafio, conscientizar-se de duas responsabilidades e assumir a liderança no processo de transformação.
3. Deixar de depender da inspeção para atingir a qualidade. Elimine a necessidade de inspeção em massa, introduzindo a qualidade no produto desde o seu primeiro estágio.
4. Cesse a prática de aprovar orçamentos com base no preço. Ao invés disto, minimize o custo total. Desenvolva um único fornecedor para cada item, num relacionamento de longo prazo fundamentado na lealdade e na confiança.
5. Melhore constantemente o sistema de produção e de prestação de serviços, de modo a melhorar a qualidade e a produtividade e, conseqüentemente, reduzir de forma sistemática os custos.
6. Institua treinamento no local de trabalho.
7. Institua liderança. O objetivo da chefia deve ser o de ajudar as pessoas e as máquinas e dispositivos a executarem um trabalho melhor. A chefia administrativa está necessitando de uma revisão geral, tanto quanto a chefia dos trabalhadores de produção.
8. Elimine o medo, de tal forma que todos trabalhem de modo eficaz para a empresa.

9. Elimine as barreiras entre os departamentos. As pessoas engajadas em pesquisas, projetos, vendas e produção devem trabalhar em equipe, de modo a preverem problemas de produção e de utilização do produto ou serviço.
10. Elimine lemas, exortações e metas para a mão-de-obra que exijam nível zero de falhas e estabeleçam novos níveis de produtividade.
11. Elimine padrões de trabalho (quotas) na linha de produção. Substitua-os pela liderança. Elimine o processo de administração por objetivos. Elimine o processo de administração por cifras, por objetivos numéricos. Substitua-os pela administração por processos através do exemplo de líderes.
12. Remova as barreiras que privam o operário horista de seu direito de orgulhar-se de seu desempenho. A responsabilidade dos chefes deve ser mudada de números absolutos para a qualidade.
13. Institua um forte programa de educação e auto-aprimoramento.
14. Engaje todos da empresa no processo de realizar a transformação. A transformação é da competência de todo mundo.

Walton (1989) explica que Deming em uma de suas palestras explicou a “Reação em cadeia” (Figura 3) em que a melhoria da qualidade aumentaria a oferta de empregos.

Segundo Juran (1990), o planejamento da qualidade consiste no desenvolvimento dos produtos e processo exigidos para atender as necessidades dos clientes. Mais especificamente, planejamento da qualidade compreende as seguintes atividades básicas:

- Identificação dos clientes e suas necessidades.
- Desenvolvimento de um produto que responda a essas necessidades.
- Desenvolvimento de um processo capaz de fazer tal produto.

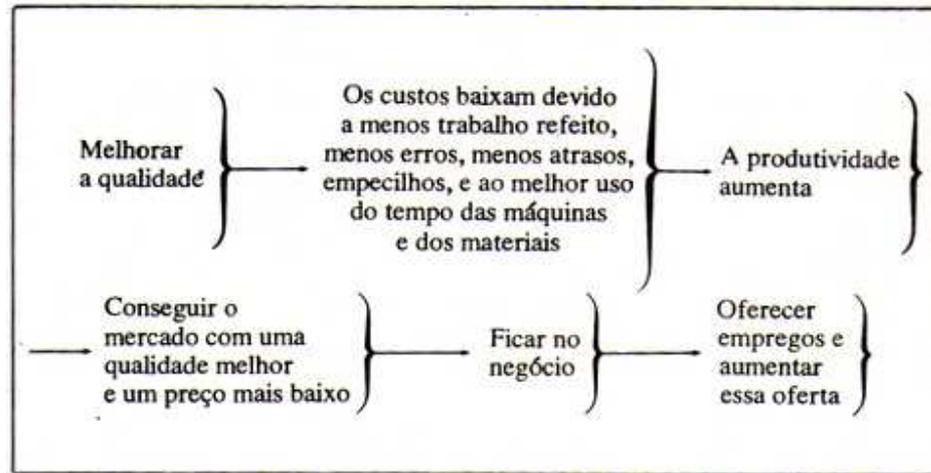


Figura 3 - Reação em cadeia de Deming. Fonte: Walton (1989).

Para Kume (1993), as ferramentas estatísticas como CEP, diagramas de Pareto, diagramas de causa-efeito, histogramas, conferem objetividade e exatidão à observação.

As máximas da forma estatística de pensar são:

- 1) Dar maior importância aos fatos do que aos conceitos abstratos.
- 2) Não expressar fatos em termos de intuição ou idéias. Usar evidências obtidas a partir de resultados específicos da observação.
- 3) Os resultados da observação, sujeitos como são a erros e variação, são parte de um todo obscuro. A principal meta da observação é descobrir este todo obscuro.
- 4) Aceitar o padrão regular que aparece em grande parte dos resultados observados como uma informação confiável.

Os custos da qualidade poderiam ser equiparados em importância a outras categorias de custos, como por exemplo, custos com mão-de-obra, custos de engenharia e custos de vendas. Os custos operacionais da qualidade são aqueles custos associados com a definição, criação e controle da qualidade, assim como com a determinação do valor

e retorno da conformidade com a qualidade, confiança e requisitos de segurança (ROBLES JR, 1994).

2.16 Manutenção Produtiva Total (Total Productive Maintenance - TPM)

Conforme Nakajima (1989), a TPM é definida como:

“A manutenção produtiva realizada por todos os empregados através de atividades de pequenos grupos, onde manutenção produtiva é a gestão de manutenção que reconhece a importância de confiabilidade, manutenção e eficiência econômica no projeto de fabricas”.

A TPM visa estabelecer boa prática de manutenção na produção através da perseguição de cinco metas:

1. *Melhorar a eficácia dos equipamentos:* Examina como as instalações estão contribuindo para a eficácia da produção através de análise de todas as perdas que ocorrem. Perda de eficácia pode ser o resultado de perdas por tempo parado, perdas de velocidade ou perdas por defeitos.
2. *Realizar manutenção autônoma:* Permitir ao pessoal que opera ou usa os equipamentos da produção assumir a responsabilidade por pelo menos algumas das tarefas de manutenção. Também se deve encorajar o pessoal de manutenção a assumir a responsabilidade pela melhoria do desempenho de manutenção. Harrison (1992), baseado em seu trabalho na empresa de baterias Yuasa, propõem três níveis nos quais o pessoal assume responsabilidade pela manutenção.
 - Nível de consertos. O pessoal executa instruções, mas não prevê o futuro, simplesmente reage a problemas.

- Nível de prevenção. O pessoal pode prever o futuro antecipando problemas e realizando ações preventivas.
 - Nível de melhoria. O pessoal pode prever o futuro antecipando problemas; não somente realizam ações corretivas, mas também propõem melhorias para prevenir recorrência.
3. *Planejar a manutenção.* Ter uma abordagem totalmente elaborada para todas as atividades de manutenção. Isto deveria incluir o nível de manutenção preventiva necessário para cada peça de equipamento, os padrões para manutenção preditiva e as respectivas responsabilidades do pessoal de operação e de manutenção.
 4. *Treinar todo o pessoal em habilidades de manutenção relevantes.* As responsabilidades exigem tanto o pessoal de manutenção como o de operação tenham todas as habilidades para desempenhar seus papéis. A TPM coloca uma forte ênfase no treinamento adequado e contínuo.
 5. *Conseguir gerir os equipamentos logo no início.* Esta meta é direcionada para uma forma de evitar totalmente a manutenção através de “Prevenção de Manutenção” (PM). A PM compreende considerar as causas de falhas e a manutenibilidade dos equipamentos durante sua etapa de projeto, sua manufatura, sua instalação. Em outras palavras, a PM tenta rastrear todos os problemas potenciais de manutenção até sua causa primeira e depois tenta eliminá-los deste ponto.

A TPM busca atingir a quebra zero ou falhas-zero, que é um dos principais fatores de prejuízo do rendimento operacional. A quebra-zero significa que a máquina não pode

parar durante o período em que foi programada para operar, diferentemente da condição que a máquina nunca pode parar (SILVA, 2006).

Schonberger (1988) explica que o conceito de Manutenção Preventiva Centrada no Operador faz com que o operador de máquinas tenha o senso de propriedade: eu possuo a máquina. Se qualquer coisa der errada, eu me sinto pessoalmente culpado por isso. Eu não culpo o departamento de manutenção. Eu não apenas devo lubrificá-la, mas também limpa-la várias vezes ao dia, para que, se houver vazamento em algum lugar, o excesso de fluido não desapareça na sujeira, mas fique realçado; então eu soluciono o problema antes que ele cause parada no trabalho.

2.17 Sistema *Kanban*

Segundo Monden (1984), muitas pessoas chamam o STP de um Sistema *Kanban*, o que é incorreto. O STP é um meio para fazer produtos, ao passo que o Sistema *Kanban* é um meio para administrar o método de produção JIT. O *Kanban* é um sistema de informação para controlar harmoniosamente as quantidades de produção em todos os processos. A menos que os vários pré-requisitos deste sistema sejam implantados perfeitamente, será difícil obter o JIT, ainda que o Sistema *Kanban* seja introduzido. São dois os tipos principais: o *Kanban* de Requisição e o *Kanban* de Ordem de Produção. Um *Kanban* de Requisição detalha a quantidade que o processo subsequente deve retirar, enquanto que o *Kanban* de Ordem de Produção determina a quantidade que o processo subsequente deve produzir. Estes cartões circulam dentro da fábrica da Toyota, entre a Toyota e as fábricas do grupo.

Conforme Moura (1994), *Kanban* é uma técnica de gestão de materiais e de produção no momento exato (*Just-in-time*), que é controlado através do movimento do

cartão (*Kanban*). O sistema *Kanban* é um método de “puxar” as necessidades de produtos acabados e, portanto, é oposto aos sistemas de produção tradicionais. O Sistema *Kanban* foi desenvolvido pelo ex-vice-presidente da Toyota Motor Company, Taiichi Ohno. As idéias de Ohno sobre o *Kanban* foram inspiradas no supermercado americano, onde as prateleiras eram reabastecidas quando esvaziadas. Como o espaço para cada item era limitado, somente se traziam mais itens quando havia necessidade.

Segundo Gross e McInnis (2003), os benefícios da programação *Kanban* são:

1. Redução de inventário;
2. Melhora do fluxo de materiais;
3. Evita superprodução;
4. Controle realizado pelo operador;
5. Cria controle visual para a programação e gerenciamento dos processos;
6. Melhora a compreensão de mudanças na demanda;
7. Minimiza o risco de estoque obsoleto;
8. Melhora a habilidade de gerenciar a cadeia de suprimentos.

2.17.1 Funções do *Kanban*

Segundo Moura (1994), pela sua característica de puxar a produção, o *Kanban* tem algumas funções especiais:

- Aciona o processo de fabricação, apenas quando necessário;
- Não permite a produção para estoque com previsões futuras;
- Paralisa a linha quando surgem problemas não solucionados;
- Permite o controle visual do andamento do processo;

- É acionado pelo próprio operador;
- É uma ferramenta para garantir a distribuição programada das ordens de serviço;
- É uma ferramenta para controlar o inventário;
- É uma ferramenta para descobrir e amplificar as fraquezas dos processos;
- Baseado na produção de peças em lotes pequenos;
- Entrega de peças de acordo com o consumo;
- Identificação de peças.

2.17.2 Funcionamento do *Kanban*

Moura (1994) explica que todo controle da produção está ligado à linha de montagem final:

1. O departamento de Planejamento e Controle da Produção fornece um programa de montagem à linha de montagem final;
2. A linha de montagem final requisita (puxa) a quantidade de peças necessárias, nos tempos necessários, das estações de trabalho ou das linhas que alimentam a montagem final. As peças são movidas e controladas em contenedores padronizados e de tamanho pequeno;
3. As estações de trabalho alimentam a linha de montagem final e, então, fabricam as peças necessárias para substituírem as requisitadas;
4. Para se fazer isso, estas estações de trabalho, por sua vez, requisitam as quantidades de peças necessárias para as estações de trabalho que as alimentam;

5. Continuando desta forma, cada estação de trabalho (ou linha de sub-montagem) repõe as peças no momento certo e em quantidades certas, conforme a necessidade das estações de trabalho que ela alimenta. Desta forma, o sistema *Kanban* é um sistema de “puxar”, o qual inicia com o consumo de peças na linha de montagem final.

Cada uma tem sua própria área de estocagem (supermercado) de matéria-prima e de produtos acabados. Podemos verificar que a mesma peça, quando passa de um estágio da produção para o seguinte, muda de “produtos acabado” em um determinado estágio para “matéria-prima” do estágio seguinte.

São usados cartões para controlar a movimentação dos materiais. No contenedor de produtos acabados, o cartão se chama *Kanban* de Produção (comparável a uma ordem de trabalho) e, no contenedor de matéria-prima, ele se chama *Kanban* de Movimentação (comparável com uma etiqueta de movimentação de materiais).

A montagem age como gatilho para as estações de trabalho, ao retirar um contenedor de produtos acabados de uma estação de trabalho. O *Kanban* de Produção (cartão) é deixado na estação de trabalho e se torna uma autorização para que ela faça um contenedor de peças. Para fazer isso, ela retira um contenedor de matéria-prima, processa as peças, coloca o *Kanban* de produção no contenedor e o envia para a sua área de produtos acabados, substituindo assim, o que foi retirado pela montagem.

2.18 Projeto da Célula de Montagem

Rother e Harris (2002) definem célula como sendo um arranjo de pessoas, máquinas, materiais e métodos em que as etapas do processo estão próximas e ocorrem

em ordem seqüencial, através do qual as partes são processadas em um fluxo contínuo. O leiaute físico celular em formato de “U” é conhecido e aplicável em indústrias e escritórios de serviços, mas existem vários leiautes celulares para se produzir pequenos lotes com processo seqüencial e fluxo contínuo sem interrupções.

Para Black (1998), a célula ideal faz peças, uma de cada vez, em um projeto flexível. A capacidade da célula (o tempo de ciclo) pode ser rapidamente alterada, para responder a mudanças de demanda do cliente. Famílias de peças com projetos similares, aparelhos flexíveis para suporte de peças, e mudanças de ferramenta permitem rápida troca de um componente para outro. A qualidade é controlada dentro da célula, e o equipamento sofre manutenção freqüente pelos trabalhadores. Os caminhos que os materiais tomam dentro da fábrica são definidos pelos elos de controle, de maneira que a função de controle da produção é integrada. Usar sistemas de manufatura celular, interligados a um sistema de controle de produção de puxar tem provado ser a maneira de alcançar os objetivos de atender com rapidez e flexibilidade as variações de demanda do cliente.

Nas células, explica Contador (1998), o agrupamento das máquinas (bancadas, equipamentos) diminui as filas intermediárias, e as peças processadas fluem continuamente – uma a uma ou em pequenos grupos – de uma operação para a seguinte. Assim sendo, o montante de tempo entre o início da primeira e o fim da última operação coincide aproximadamente com o total de processamento e manuseio de uma peça, eliminando ao máximo os componentes do tempo de ciclo que não agregam valor.

No Japão, os postos de trabalho ocupados são dispostos tão próximos entre si que permitem a transferência manual das peças entre um operário e outro, sem que eles precisem caminhar (SCHONBERGER, 1984).

Para Hall (1988), a flexibilidade é derivada dos atributos do equipamento, do ferramental e do pessoal, sendo promovida por pequenos investimentos, porém inteligentes, tentando continuar flexível para criar rapidamente um leiaute para produzir o necessário sem demora. Um bom exemplo é uma variedade de equipamentos simples que podem ser rapidamente rearranjados dentro de uma célula “U”.

Segundo Fumagali (2001), o objetivo da alimentação de materiais na célula deve ser o suprimento de modo que não interfira nos meios de produção. A alimentação de material para o operador deve ocorrer à sua frente (Figura 4), e desta forma não interferir no seu trabalho e na movimentação na área interna da célula. A entrada e saída de material ocorrem à frente do operador, sendo posicionada em local de fácil acesso e com boa ergonomia para o operador. A alimentação de material é realizada por um abastecedor de materiais, que tem uma rota de trabalho estabelecida e que periodicamente alimenta com os componentes necessários cada posto de produção, garantindo o suprimento de materiais.

Yamashita (1988) explica que a facilidade de alimentação dos componentes é essencial e para jamais empregar empilhadeiras. Elas devem ser executadas preferencialmente por pequenos trens com diversos vagões com rodas atrelados entre si, com o incremento da sua frequência.

Conforme Harmon e Peterson (1991), grande parte do trabalho nas operações de armazenagem pode ser atribuída ao tempo de deslocamento para se guardar as peças e ter acesso a elas quando necessárias e existem algumas oportunidades de redução de custos de armazenagem:

1. Descentralização da armazenagem para se reduzir as longas distâncias percorridas entre os depósitos centrais e os locais de uso.

2. Uso de zonas por freqüência de utilização. Itens usados com mais freqüência são armazenados mais próximos dos locais de recepção e expedição, e os utilizados com menos freqüência, nas áreas mais distantes.
3. Coleta dos componentes para vários pedidos de produção diferentes simultaneamente.
4. Eliminação da contagem de recebimentos e despachos, pela padronização da quantidade por embalagem, e recepção e despacho apenas de embalagens cheias.

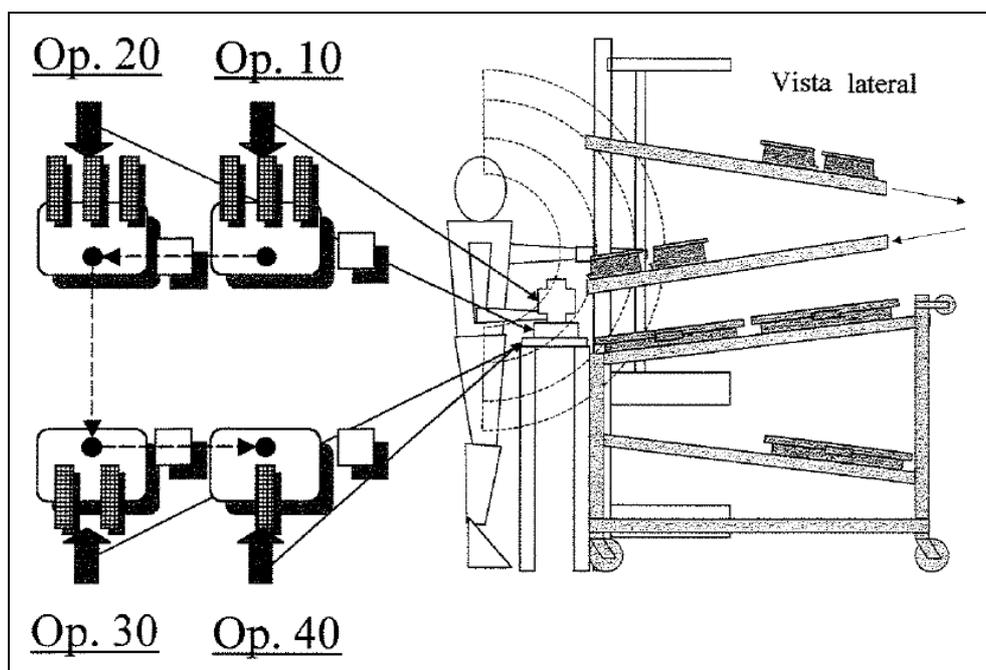


Figura 4 – Entrada de material para célula de montagem. Fonte: Fumagali (2001).

2.19 O desenvolvimento e a preparação das pessoas para o STP

A educação e o treinamento são um meio para o crescimento do ser humano e devem ser utilizados tendo como grande objetivo a sobrevivência da empresa, através do desenvolvimento das habilidades e desejo de trabalhar, diz Campos (1992).

A educação e treinamento têm, segundo Campos (1992), os seguintes objetivos imediatos:

- Desenvolver o raciocínio das pessoas. Este treinamento é baseado no desenvolvimento da “consciência pelos problemas” (resultados indesejáveis de um trabalho) e pela busca da causa dos mesmos, de tal forma que nunca voltem a ocorrer. É essencial a prática da separação dos fins de seus meios pela prática da pergunta: Por quê?
- Desenvolver a sensibilidade e a tenacidade para mudanças. Este treinamento visa levar ao empregado uma visão crítica do mundo e uma percepção de que nada é perfeito e tudo pode ser mudado para melhor. Estão incluídos neste programa o treinamento para o programa de sugestões e para o CCQ.
- Desenvolver a consciência de que a empresa é sua. Este treinamento visa mostrar que a empresa não é meramente um lugar para trabalhar e ser pago. A empresa deve ser vista como uma oportunidade de se realizar uma “visão do futuro”.

Conforme explicam Campos (1994) e Kondo (1994), uma das pré-condições para o aprendizado é a motivação com base na hierarquia das necessidades humanas proposta por Maslow em 1943 (Figura 5). Essas necessidades formam uma hierarquia que se estende das necessidades fisiológicas, na base, às necessidades de auto-realização, no topo. Partindo das necessidades fisiológicas, quando uma necessidade é satisfeita, a necessidade que fica no nível imediatamente superior se manifesta para suplantá-la. As necessidades humanas são apresentadas como se fossem manifestadas de maneira gradual seguindo tal hierarquia.

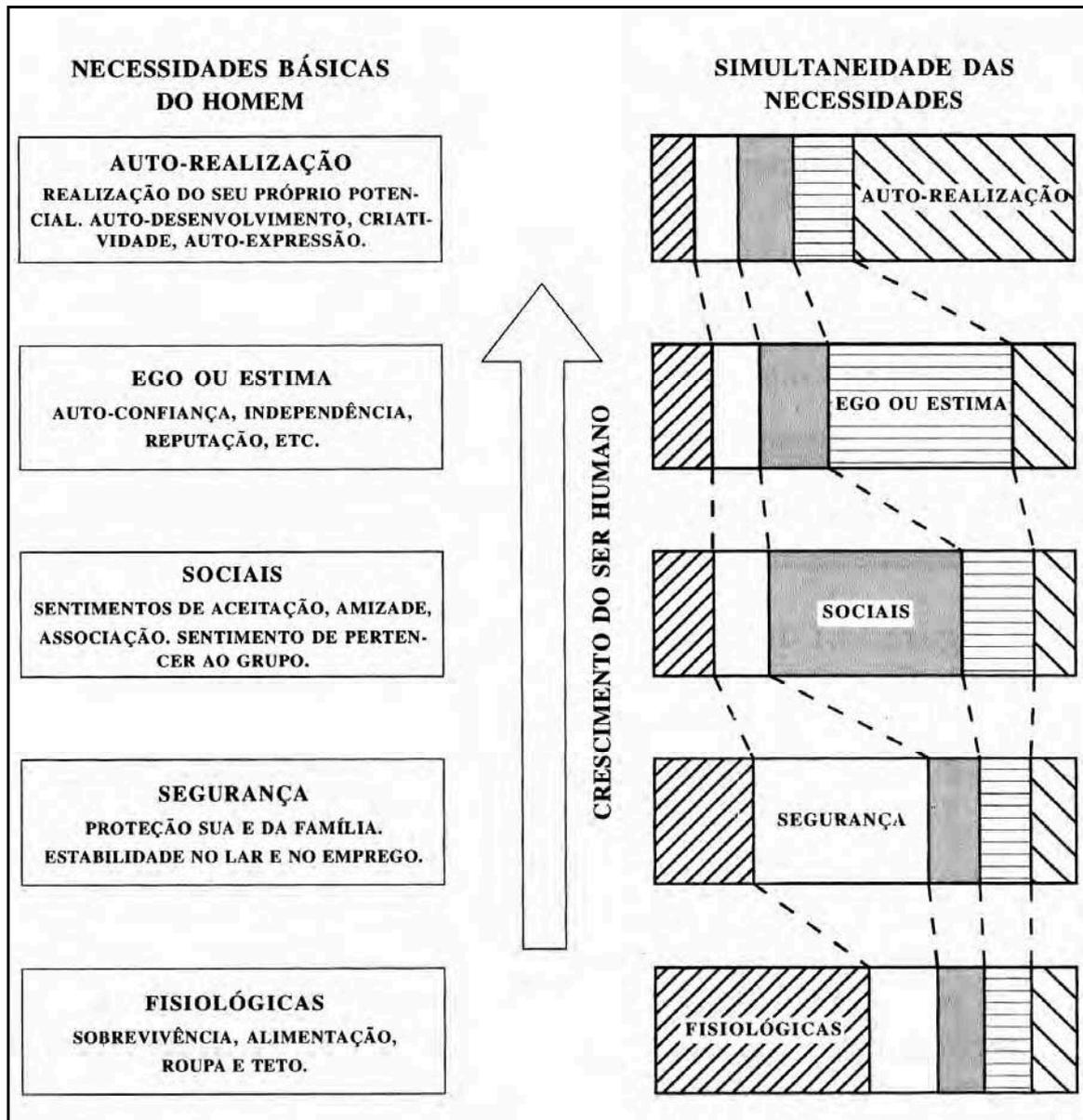


Figura 5 – Hierarquia das necessidades humanas de Maslow.
 Fonte: Campos (1994) e Kondo (1994).

A Toyota ensina habilidades para resolver problemas básicos para todos os funcionários, então todos se transformam em solucionadores de problemas (LIKER e MEIER, 2006).

Senge (1990) explica que é fundamental compreender a dinâmica do sistema.

Somente através dela pode-se escolher ações que têm o melhor rendimento. Ao fazê-lo, pode-se curar a causa e não somente melhorar sintomas.

Goleman (2007) explica que as teorias X e Y foram desenvolvidas por Douglas McGregor na década de 60. A Teoria X (abordagem tradicional à administração) é constituída a partir do pressuposto de que os trabalhadores são preguiçosos por natureza, precisam ser supervisionados e motivados e consideram o trabalho um mal necessário. Os pressupostos da Teoria X são:

- As pessoas por natureza, não gostam do trabalho e, se puderem, fugirão dele.
- As pessoas precisam ser coagidas, controladas e ameaçadas para que façam esforço em direção aos objetivos da empresa.
- As pessoas não têm ambição, e preferem ser orientadas e evitar a responsabilidade. Acima de tudo, elas querem segurança.

Na Teoria Y (abordagem humanista) baseia-se no princípio de que as pessoas querem e precisam trabalhar. Uma organização precisa criar o comprometimento de indivíduo com seus objetivos e, a seguir, liberar suas capacidades em nome destes objetivos. Os pressupostos da Teoria Y são:

- O trabalho é tão natural quanto se divertir ou descansar – o ser humano comum não detesta o trabalho de forma inerente.
- O controle externo e a ameaça de punição não são as únicas formas de fazer com que o indivíduo execute o esforço.
- O compromisso com os objetivos é uma função das recompensas associadas à conquista desses objetivos.
- A recompensa mais importante é a satisfação do ego, que pode ser o produto

direto do esforço.

- O ser humano comum aprende não só a aceitar, mas também a procurar pela responsabilidade.
- A capacidade de usar a imaginação, a engenhosidade e a criatividade para solucionar problemas da organização é amplamente distribuída entre a população.

Cohen e Mohrman (1995) explicam que um time de trabalho pode ser definido como “um grupo de indivíduos que trabalham em conjunto para produzir produtos ou fornecer serviços pelos quais eles são mutuamente responsáveis”. As dimensões básicas que definem o projeto e o gerenciamento de times de trabalho são sua missão, relação com a estrutura formal da organização e duração.

Segundo Moreira (2004), as equipes, times ou Grupos de trabalho Semi-Autônomos (GSA), são baseados na melhoria continua tanto das características técnicas do trabalho, quanto do seu aspecto social. Por isso, também são conhecidos como organizações sócio-técnicas. Autonomia é a “capacidade de um grupo ou individuo projetar, decidir e implementar alterações de ritmo, métodos, alocação interna e controle das atividades de produção, dado um determinado aparato técnico-organizacional onde este grupo ou individuo atua” (Marx, 1998 apud MOREIRA, 2004).

Do ponto de vista técnico, o grupo é auto-regulável, evitando a formalização excessiva de cargos, o que garante a flexibilidade dos funcionários. Sob o aspecto social, os suportes para o inter-relacionamento entre as pessoas são relações de trabalho, e não necessariamente relações espontâneas de amizade, o que aumenta o comprometimento.

Roy (2003) fornece o seguinte conceito para grupos semi-autônomos:

“Um modo de organização do trabalho no qual grupos de empregados são permanentemente e coletivamente responsáveis por uma seqüência completa de trabalho num processo de produção de um bem ou serviço destinado a clientes internos ou externos. As equipes são responsáveis por seus resultados e os membros assumem, dentro de seus limites, funções de gestão além das tarefas de produção”.

A denominação “Grupos Semi-Autônomos” passou por evoluções e adaptações ao longo do tempo, passando a ser chamado de time auto-dirigido (*self-directed work team*) ou auto-gerenciável (*self-managed work team*) a partir dos anos 80.

Uma das características importantes das plantas da Toyota, segundo Max (1997), é o programa de treinamento visando a polivalência. Há um programa detalhado, definido para cada trabalhador pelo chefe de cada equipe de trabalho. É montado um quadro onde se especifica, no âmbito das equipes, que postos o trabalhador deverá saber operar ao longo de um ano, em ordem cronológica.

DiBella e Nevis (1999) explicam que a organização aprendiz tem sido caracterizada como sendo aquela que possui a capacidade de adaptar-se às mudanças que ocorrem com seu ambiente e de reagir às lições trazidas pelas experiências por meio da alteração do seu comportamento organizacional.

May (2007) diz que a Toyota é uma organização de aprendizagem por excelência e que o conceito gira em torno de buscar as perguntas certas, em vez de assegurar as respostas certas. O que conduz o aprendizado na Toyota não é a necessidade de saber, mas a necessidade de indagar, de entender.

Segundo Spear (2004), existem quatro lições para qualquer empresa que deseja guiar seus gerentes para aplicarem o STP:

1. Ter aprendizes observando as falhas dos processos assim como eles ocorrem
2. Encorajá-los a propor mudanças estruturadas com experimentos simples
3. Lembra-los de testar (o experimento) quantas vezes for possível
4. Ensinar os gerentes a treinar, e não resolver problemas, para seus comandados diretos sem dizer a eles onde encontrar oportunidades de melhorias.

Segundo Hobbs (2004), a equipe de gerenciamento de projeto desempenha um papel ativo na implementação da manufatura enxuta. Esta equipe é o catalisador para a mudança na empresa e manter o projeto em avanço. Quando o projeto inicial estiver concluído, é imperativo que a organização tome posse do novo sistema. Como um sistema, a manufatura enxuta deve ser devidamente mantida e operada pela equipe de gestão após a implementação inicial.

Stier (2003) explica que para preparar pessoas para usar as técnicas de manufatura enxuta é indicado providenciar para elas uma oportunidade de experimentar essas técnicas através de uma atividade de simulação. A simulação pode ser baseada em operações de montagem através de blocos montáveis entre si.

Segundo Shah (2002), times autogerenciáveis, multifuncionais e flexíveis são práticas de alto nível. Para isso, é necessário haver um programa de *job rotation* e treinamento multifuncional no local de trabalho.

Ao contrário da maioria das práticas de gerenciamento, as discussões sobre Manufatura Enxuta ocorre no chão de fábrica com as pessoas realmente envolvidas (BALLÉ, 2005).

Alony e Jones (2008) explicam que a redução da distância hierárquica devido ao

processo de *empowerment* dos funcionários é um desafio para ambos, funcionários e gerentes.

Nazareno, Junqueira e Rentes (2004) explicam que o Sistema Enxuto de Desenvolvimento de Produto proporciona um “aprendizado emergente”, pois o conhecimento acumulado é gerido através das lições aprendidas.

A Toyota forma um grupo de trabalho chamado *Jishuken*, formado por funcionários do fornecedor com o acompanhamento de um engenheiro da Toyota para melhorar a produtividade e a qualidade (DYER e HATCH, 2004).

Ferrari, Antunes e Klippel (2004) explicam que três aspectos permitem a construção da autonomia da equipe: a) maior confiança no trabalho coletivo em relação ao somatório do trabalho individual; b) uma identidade grupal coesa; c) uma visão compartilhada do trabalho.

Segundo Freemantle (1987), várias características e atitudes formam um bom líder, no nosso caso, um bom coordenador de programa:

- Apoiar os membros do time;
- Nunca parar de aprender;
- Assumir responsabilidades;
- Exercer adequadamente a autoridade;
- Avaliar e selecionar bem a equipe;
- Avaliar bem os resultados e as pessoas;
- Ter um bom caráter;
- Ser claro no que espera das pessoas;
- Ser comprometido.

2.20 Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Map – VSM*)

Para Rother e Shook (1999), sempre que há um produto para um cliente, há um fluxo de valor. Assim, um fluxo de valor pode ser: (1) fluxo de produção desde a matéria-prima até os braços do consumidor, ou (2) o fluxo do projeto do produto, da concepção até o lançamento.

Basicamente, consiste em desenvolver um desenho de alto nível (representação extremamente visual, Figura 6) do fluxo de valor de uma empresa inteira para uma determinada família de produtos. Mostra também como é o fluxo de informações e de materiais necessários para produzir bens e serviços aos clientes e propicia um processo de análise para melhorar o sistema, identificando-se e eliminando-se os desperdícios. (ROTHER e SHOOK, 1999).

Neste processo, é necessário mapear o estado atual (Figura 7) e é feito de acordo com o fluxo dos processos de manufatura, de porta-a-porta da fábrica (do fornecedor ao cliente), enquanto os responsáveis pelo mapeamento caminham diretamente neste fluxo real de informação.

Quando se faz o mapeamento em uma fábrica já existente, alguns desperdícios em um fluxo de valor não poderão ser modificados imediatamente, como investimentos já realizados em máquinas e equipamentos ou localização distante de algumas atividades. E com exceção das compras mínimas, deve-se pensar no que é possível ser feito com o que já existe disponível para a produção.

Após a implementação de melhorias, gera-se o mapeamento do estado futuro e então se pode comparar com o estado anterior.

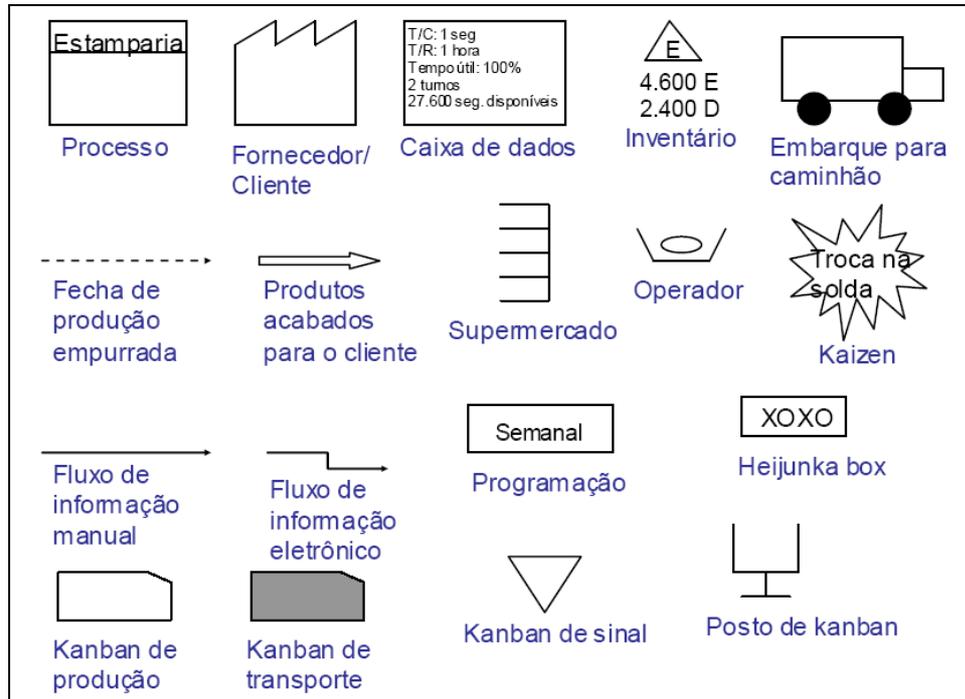


Figura 6 – Ícones utilizados no mapa de fluxo do valor. Fonte: Rother e Shook (1999).

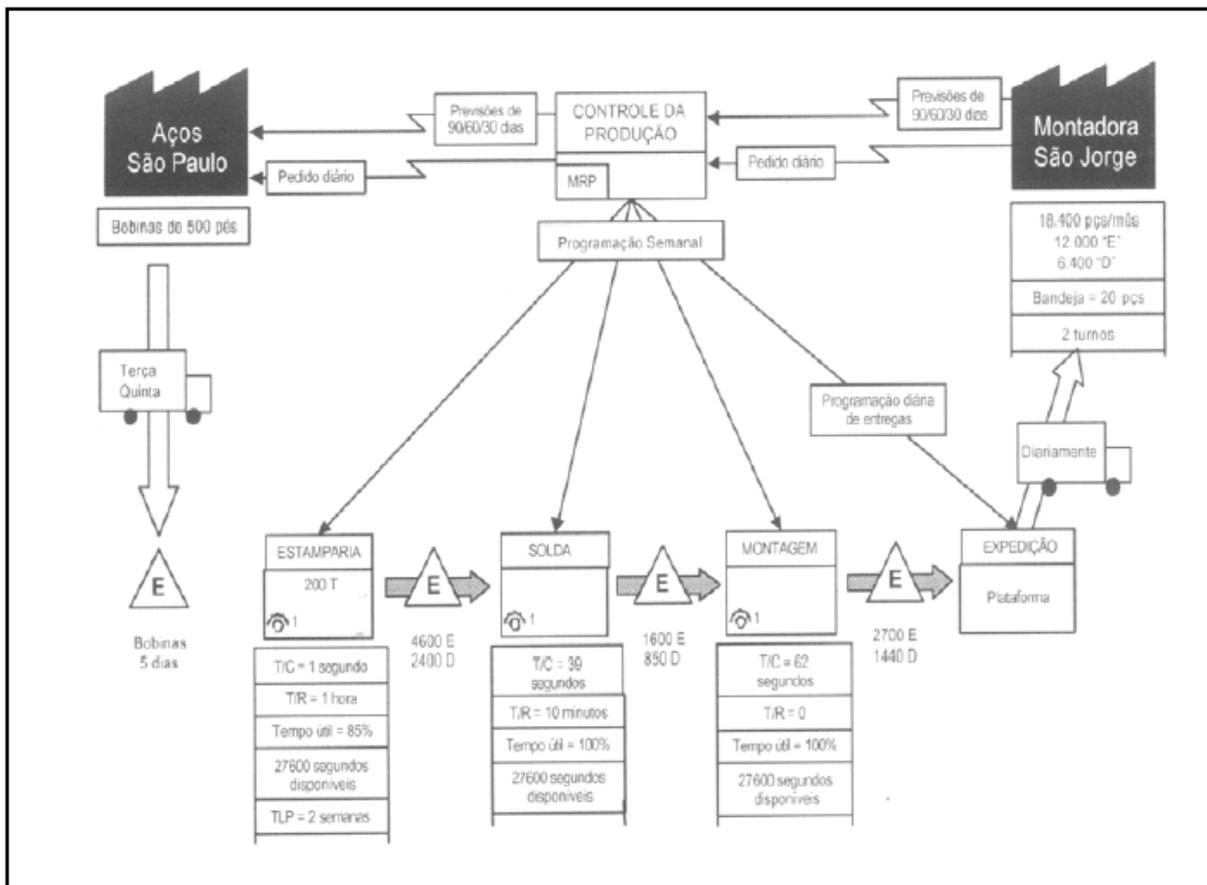


Figura 7 – Exemplo de mapeamento do estado atual. Fonte: Rother e Shook (1999).

Segundo Rico (2007), o VSM não é apenas uma ferramenta de gerenciamento, é um processo para planejar as melhorias que irão transformar a empresa em uma organização enxuta. A chave deste processo é o envolvimento das pessoas, todos os trabalhadores devem estar envolvidos, desde os operários até a alta gerência.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo serão explicadas a classificação da pesquisa e as etapas de elaboração do presente trabalho.

A importância metodológica de um trabalho pode ser justificada pela necessidade de embasamento científico adequado, geralmente caracterizado pela busca da melhor abordagem de pesquisa a ser utilizada para endereçar as questões da pesquisa, bem como seus respectivos métodos e técnicas para seu planejamento e condução (MIGUEL, 2007). O mesmo autor explica que o resultado é o desenvolvimento de trabalhos melhor estruturados que podem ser replicados e aperfeiçoados por outros pesquisadores, visando, acima de tudo, a busca do desenvolvimento da teoria, por meio de sua extensão ou refinamento ou, em última instância, da proposição de novas teorias, contribuindo assim para a geração do conhecimento.

Segundo Martins (1988), a metodologia científica consiste numa série de atividades sistemáticas e racionais para se buscar, de maneira confiável, soluções para um dado problema. Ela é composta por uma série de metodologias e técnicas (Figura 8), que aumentam a segurança e a chance de sucesso de uma pesquisa, direcionando a atividade dos pesquisadores e esclarecendo suas decisões por meio de princípios de cientificidade.

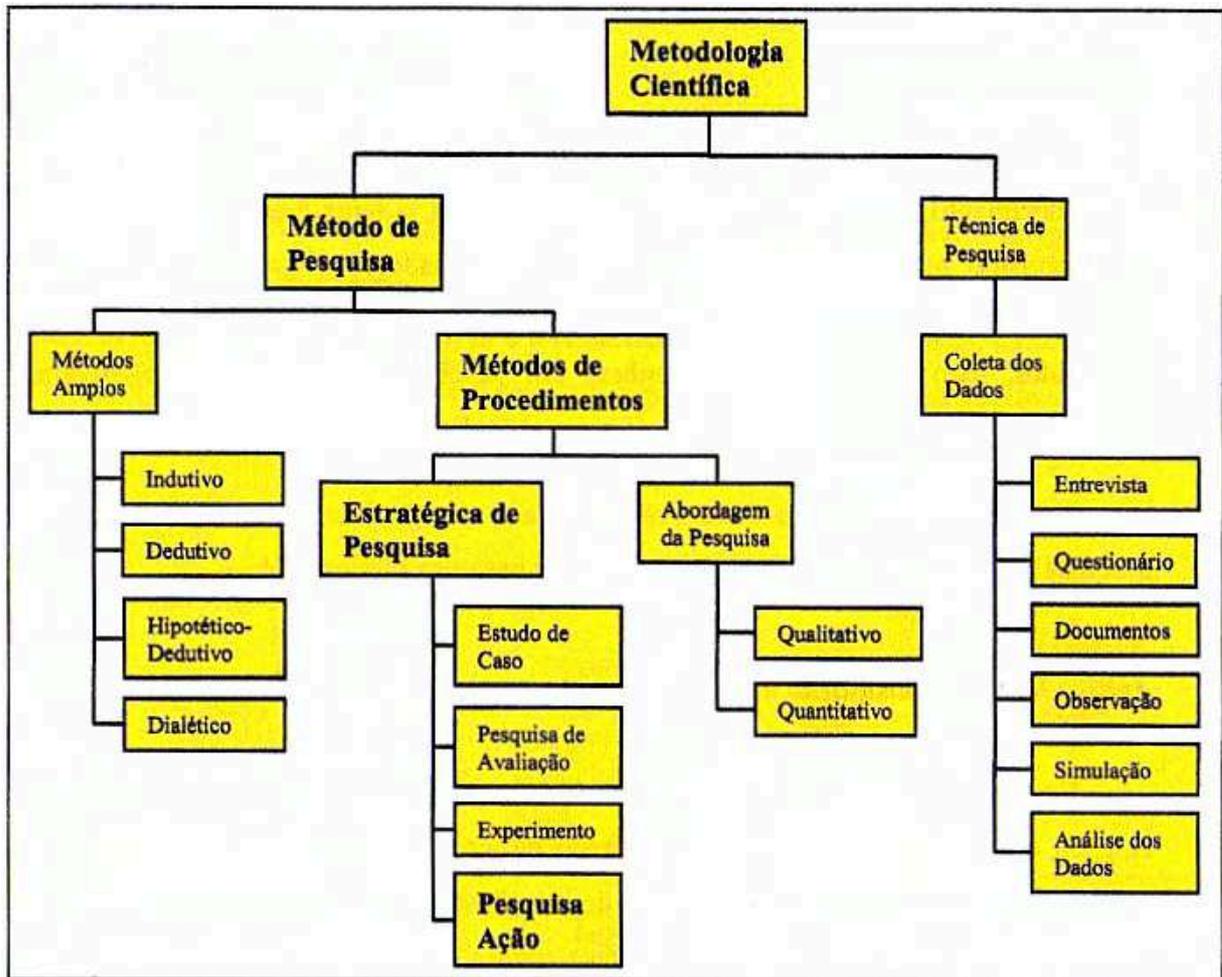


Figura 8 – Metodologia científica. Fonte: adaptado de Martins (1998).

3.1 Classificação da pesquisa

Segundo Moreira (2004), os métodos de pesquisa amplos são utilizados geralmente para se tratar de questões genéricas e abstratas da discussão filosófica da ciência e seu significado. De forma simplificada, a principal diferença entre os métodos indutivo e dedutivo é que “o primeiro parte da observação de alguns fenômenos para generalizações, já o segundo parte de generalizações aceitas para casos particulares, um é empírico e o outro racional” (RUY, 2002). O método hipotético-dedutivo busca não

a comprovação, mas a refutação de uma teoria. O método dialético busca evidenciar e resolver as contradições da realidade de uma maneira dinâmica, colocando duas proposições em oposição (tese e antítese) e conciliando ambas na síntese, que por sua vez dá início a um novo processo tese-antítese-síntese. Este trabalho se enquadra no método amplo indutivo.

Quanto aos objetivos gerais, Gil (1999), classifica três tipos de pesquisa: a pesquisa descritiva na qual a descrição dos fatos é feita de maneira específica; a explicativa em que são verificados os fatores que interferem nos fatos; e as pesquisas exploratórias, utilizadas neste trabalho, que buscam explicar o problema ou construir hipóteses.

Quanto ao método de procedimento, este trabalho se caracteriza como pesquisa-ação, devido à necessidade de interação entre o pesquisador e os colaboradores da empresa de autopeças.

A pesquisa-ação é um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e na qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (THIOLLENT, 2003).

Segundo Thiollent (2003), a pesquisa-ação é uma estratégia metodológica na qual:

- a) Há interação ampla e explícita entre o pesquisador e as pessoas implicadas na situação investigada;
- b) Desta interação resulta a ordem de prioridade dos problemas a serem pesquisados e das soluções a serem encaminhadas sob forma de ação concreta;

- c) O objeto de investigação não é constituído pelas pessoas e sim pelos problemas de diferentes naturezas encontradas na situação;
- d) O objetivo da pesquisa-ação consiste em resolver ou, pelo menos, em esclarecer os problemas da situação observada;
- e) Há, durante o processo, um acompanhamento das decisões, das ações e de toda a atividade intencional dos atores da situação;
- f) A pesquisa-ação não se limita a uma forma de ação: pretende-se aumentar o conhecimento dos pesquisadores e o conhecimento das pessoas e grupos considerados.

A pesquisa-ação relaciona dois tipos de objetivo, um prático e um de pesquisa. O objetivo prático é contribuir para o melhor equacionamento possível do problema considerado na pesquisa, com levantamento de soluções e proposta de ações. O objetivo de conhecimento é obter informações que seriam de difícil acesso por meio de outros procedimentos, aumentando o conhecimento de determinadas situações.

A abordagem da pesquisa pode ser quantitativa, qualitativa ou mesmo um misto de ambas. A principal diferença entre elas está na ênfase dada à perspectiva dos indivíduos participantes da situação (abordagem qualitativa) e à enumeração e quantificação de variáveis (abordagem quantitativa).

Segundo Moreira (2004), a coleta de dados pode ser feita por meio de entrevistas, questionários, documentos, observação ou simulação. Nas entrevistas estruturadas e semi-estruturadas os tópicos são definidos previamente, enquanto que nas entrevistas desestruturadas o informante tem total liberdade para falar sobre o que achar importante. O questionário tem a característica de poder ser preenchido sem a presença do

pesquisador. Os documentos representam qualquer tipo de material registrado, como livros, artigos, fotografias, memorandos e comunicados. A observação pode ser direta ou participante ou participante dependendo do grau de interação do pesquisador com os eventos estudados e a simulação busca imitar situações reais dentro de condições controladas.

Na Figura 9 é mostrada a classificação do método de pesquisa no qual este trabalho foi norteado:

Método Amplo	Objetivos Gerais	Procedimento Técnico utilizado (delineamento)	Abordagem	Coleta dos dados
Indutivo (empírico, conhecimento fundamentado na experiência)	Pesquisa Exploratória (proporciona maior familiaridade com o problema)	Pesquisa Bibliográfica (desenvolvida a partir de material já elaborado)	Qualitativo	Questionário
		Pesquisa-ação (resolução de um problema; pesquisador está envolvido cooperando ou participando)	Quantitativo	Observação

Figura 9 - Classificação do método de pesquisa.

3.2 Procedimento utilizado

Este trabalho apresenta os seguintes passos metodológicos conforme esquema definido na Figura 10.

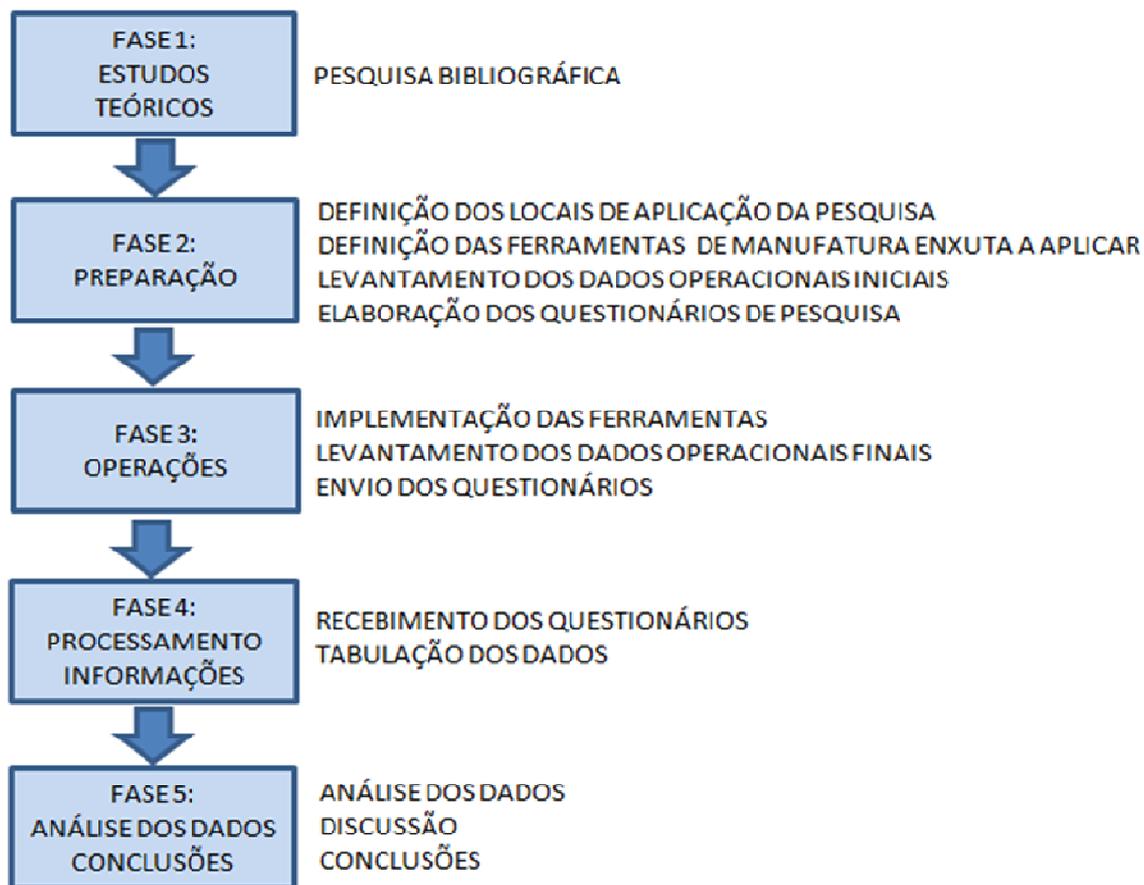


Figura 10 – Etapas do Trabalho.

3.2.1 Pesquisa bibliográfica

Esta etapa tem o objetivo de embasar teoricamente a pesquisa e procurar fornecer os principais conceitos e ferramentas de produção enxuta por meio de referências reconhecidas e principais abordagens teóricas através de livros, teses, dissertações, artigos referentes ao assunto. O resultado desta pesquisa pode ser visto no Capítulo 2.

3.2.2 Definição dos locais de aplicação da pesquisa e definição das ferramentas enxutas a aplicar

Como se tratava de um projeto-piloto dentro da Empresa, foram definidos dois representantes dos processos-chave sendo eles: uma injetora de termoplásticos e uma linha de montagem de um subconjunto. Esta injetora fornece componentes para a linha de montagem. O objetivo é verificar como se daria esta implementação piloto, analisando-se as dificuldades, vantagens e benefícios para depois, através de uma forma mais estruturada e experiente, implementar no restante da fábrica.

A definição das ferramentas de produção enxuta foi realizada em conjunto entre a Gerência Industrial e o coordenador do programa (supervisor de engenharia de produção). Ambos tiveram passagem profissional na empresa Valeo Divisão Iluminação de onde trouxeram algumas experiências com produção enxuta. O segundo ainda trabalhou na Visteon Sistemas Automotivos onde teve contato com *Visteon Production System*. As ferramentas definidas foram:

- Manutenção Produtiva;
- Qualidade;
- Redução do tempo de *setup* da injetora;
- Alteração do leiaute da montagem;
- Sistema de abastecimento da célula;
- Sistema de programação e controle da célula.

A implementação de cada uma destas ferramentas será designada como “projeto” e o conjunto destes projetos como “programa”.

3.2.3 Levantamento dos dados operacionais iniciais

Antes de se iniciar a implementação dos projetos, foram definidos alguns parâmetros a serem mensurados para verificar a eficácia operacional destes. Alguns indicadores já faziam parte dos controles estabelecidos na fábrica, sendo eles:

- Horas paradas em manutenção corretiva na injetora
- Índices de refugo na montagem e na injetora
- Tempo médio de *setup* na injetora
- Produtividade e produção diária na montagem

Outros quatro indicadores foram definidos especialmente para este trabalho e não faziam parte dos controles da fábrica, sendo eles:

- *Lead-time* de fabricação dentro da montagem
- Estoque de peças em processo dentro da montagem
- Percurso para abastecimento de materiais na montagem
- Estoque de produtos acabados

Os valores dos dados iniciais podem ser verificados no Capítulo 5.

3.2.4 Elaboração dos questionários de pesquisa

Esta parte do trabalho tem por finalidade elaborar as perguntas do questionário de forma a contribuir de forma competente com o objetivo de se extrair dos participantes da pesquisa a melhor qualidade de resposta para se entender de forma adequada o impacto da implementação das ferramentas de produção enxuta.

As perguntas foram do tipo aberta e fechada. As questões são relacionadas às dificuldades de implementação das ferramentas, se estas ferramentas atingiram os

resultados esperados, quais foram os benefícios obtidos e sobre o desempenho do coordenador do projeto.

Seguindo orientação de Bello (2005), na primeira parte do questionário há uma explicação sobre a proposta da pesquisa, instruções de preenchimento, instruções para devolução, incentivo para o preenchimento e agradecimento. Na Figura 11 é possível verificar como estes itens foram incorporados ao questionário como cabeçalho.

Questionário sobre os projetos de Manufatura Enxuta						
<p>Prezado (a) colaborador (a): Este questionário tem a finalidade de avaliar os resultados, dificuldades e benefícios da implementação dos projetos de Manufatura Enxuta e também avaliar o desempenho do coordenador do programa. Não é necessário se identificar.</p> <p>Função: _____</p> <p>Instruções de preenchimento:</p> <p>Perguntas 1 e 4: Você deve assinalar a coluna que mais se aproxima da sua opinião. Ver exemplo abaixo:</p>						
Em sua opinião, o projeto atingiu o resultado esperado?		SIM, em nível:			NÃO	
		Alto	Médio	Baixo	Indiferente	Piorou
1.1	Cinco "S"		X			
<p>Perguntas 2 e 3: Você deve responder com poucas palavras por ordem de importância. Ver exemplo abaixo:</p>						
Cite, em sua opinião e por ordem de importância, quais foram os três principais benefícios para a implementação do projeto:		1°	2°	3°		
3.1	Cinco "S"	Facilita a limpeza	Melhora o ambiente	Elimina objetos não usados		
<p>Devolução: após responder as perguntas, verifique se não ficou nenhuma sem resposta e devolva para a pessoa que lhe entregou o questionário no máximo em 3 dias.</p> <p>Preenchendo corretamente e devolvendo este questionário você está colaborando para que este conhecimento seja compartilhado e ajude no seu trabalho. Muito obrigado!</p>						

Figura 11 - Cabeçalho do questionário

A seguir são descritas as perguntas do questionários e os respectivos objetivos.

Pergunta 1: Em sua opinião, o projeto atingiu os resultados esperados?

Objetivo: verificar a visão dos pesquisados sobre os resultados de cada ferramenta.

Pergunta 2: Em sua opinião, o coordenador do programa agiu de acordo com as suas responsabilidades contribuindo para o bom andamento dos trabalhos e gerando resultados positivos para a empresa e para a equipe?

Objetivo: verificar a percepção dos pesquisados sobre o desempenho do coordenador do programa.

Pergunta 3: Cite, em sua opinião e por ordem de importância, quais foram as três principais dificuldades para a implementação do programa:

Objetivo: saber dos pesquisados quais foram as dificuldades de implementação de cada projeto.

Pergunta 4: Cite, em sua opinião e por ordem de importância, quais foram os três principais benefícios para a implementação do programa.

Objetivo: verificar quais foram os benefícios trazidos pelas ferramentas na visão dos participantes da pesquisa.

O questionário completo é apresentado no Apêndice A.

3.2.5 Implementação das ferramentas de produção enxuta

Para facilitar a visualização desta parte do trabalho, podem-se ver as suas etapas na forma de fluxograma a seguir conforme Figura 12. Todo o detalhamento da implementação destes itens pode ser verificado nos itens 3.4 a 3.13 deste Capítulo.

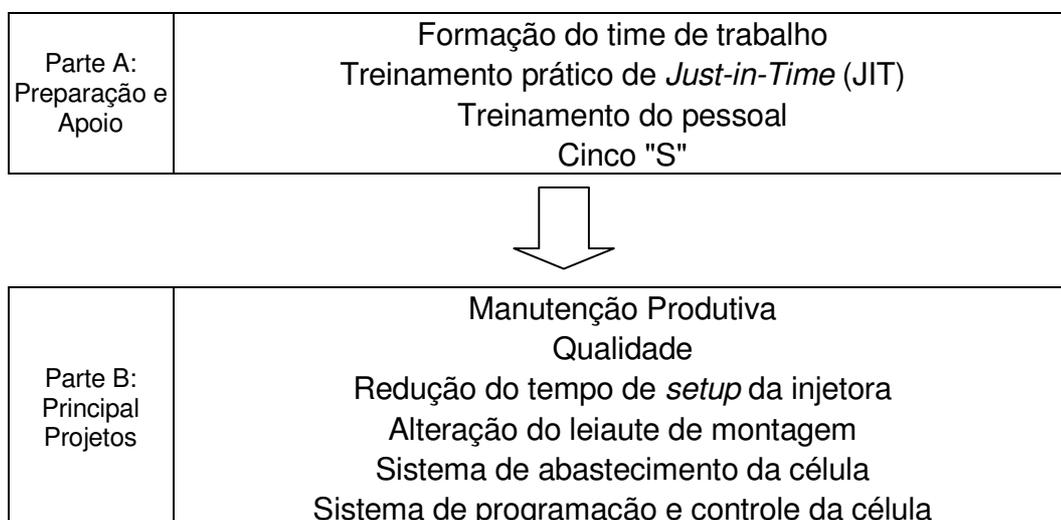


Figura 12 – Implementação das ferramentas de manufatura enxuta

3.2.6 Levantamento dos dados operacionais finais

Após a implementação dos projetos, os indicadores que já faziam parte dos controles estabelecidos na fábrica tiveram seus valores atualizados. Somente foi necessário acessar o sistema de controle para fazer a baixa dos valores.

Outros quatro indicadores que foram definidos especialmente para este trabalho tiveram seus valores atualizados através da medição realizada pelo técnico de processos

Os valores dos dados finais podem ser verificados no Capítulo 4.

3.2.7 Envio dos questionários

Foram enviados 24 questionários para os colaboradores que ajudaram a implementar os projetos e também para aqueles que têm seu trabalho afetado. O questionário foi impresso, explicado e entregue em mãos dos pesquisados por dois dos membros da equipe de projeto: técnico de processos e líder de manutenção.

3.2.8 Recebimento dos questionários

Dos 24 questionários enviados, houve um retorno de 18, um percentual de 75,0%. Este percentual é bastante representativo e atendeu as expectativas de retorno dos questionários. Este retorno foi obtido devido os membros do time que se encarregaram de entregar o questionário cobravam todo dia durante os três dias de prazo para resposta e tinham acesso e contato direto com os pesquisados.

3.2.9 Tabulação dos dados

Após o recebimento dos 18 questionários, as informações que os mesmos continham foram agrupados e tabulados através de planilhas para que se pudesse gerar os gráficos para análise.

3.2.10 Análise dos dados

Após a condensação dos dados em forma de gráficos realizaram-se as análises e discussões.

Os resultados em forma de gráficos, análises e discussões podem ser verificados no Capítulo 4.

3.2.11 Conclusões

As conclusões podem ser verificadas no Capítulo 5.

3.3 Apresentação da Empresa estudada, ambiente encontrado e introdução aos trabalhos

O ambiente onde o trabalho foi desenvolvido é uma indústria de grande porte (acima de 500 funcionários) do segmento de autopeças localizada em São Paulo e os principais processos de fabricação são a injeção de termoplástico e a montagem de subsistemas.

Na Empresa foram encontradas pessoas acomodadas em manter a situação vigente e que por algum motivo não estavam preocupadas em melhorar os processos. O nível gerencial se encontrava em uma posição controversa quanto suas atitudes, ora incisiva, ora paternalista, fato que confundiam os colaboradores que se comportavam como meros expectadores desinteressados e inibidos de colaborar com o desenvolvimento próprio e da Empresa. Por conta deste mau relacionamento, os colaboradores ficavam mais preocupados em se defender do que realizar bem o seu trabalho e sugerir melhorias.

Desta forma, a empresa não conseguia atender as entregas de forma adequada, a produção era lenta e rígida, a qualidade dos produtos deixando a desejar e os desperdícios eram comuns no meio da desorganização.

Consciente dos problemas evidentes comparados com outras plantas do grupo, devido aos fortes concorrentes existentes no mercado e às pressões das Montadoras por redução de custos, a Empresa decidiu pela implementação do STP como forma de se encontrar meios que permitissem a busca da produtividade, competitividade, eficiência e qualidade perdidas ao longo dos anos e para os concorrentes. Foi então escolhida uma linha de montagem de uma família de produtos e uma injetora de termoplásticos para se iniciar os trabalhos.

3.4 Formação do time de trabalho

Foi constituído um grupo de pessoas responsáveis para o desenvolvimento do trabalho:

- Coordenador: é uma pessoa que já possui todos os conceitos do STP, apta a treinar outras pessoas e conduzir grupos de trabalho;
- Representante do Processo;
- Representante da Qualidade;
- Representante da Logística;
- Representante da Manufatura: é obrigatório pelo menos um operador de produção que atua diretamente com o produto;
- Representante da Manutenção;
- Representante da Engenharia de Produtos (acionado quando necessário).

Na escolha das pessoas para formar o time, é dada preferência para aquelas que atuam naquele local de trabalho no seu cotidiano, então não necessariamente são os supervisores ou engenheiros que atuam de uma forma mais indireta. A contribuição destas pessoas é de grande relevância, pois é do próprio local de trabalho é que são geradas as melhores idéias.

DIFICULDADES:

Nesta etapa do trabalho não houve dificuldades.

3.5 Treinamento Prático de JIT

Foi realizado um treinamento em forma de jogo nas instalações da própria Empresa que consistia em dividir o grupo de forma que cada participante teria uma função no

processo simplificado (em forma de “Lego”: peças que se encaixam) de montagem para quatro tipos de versões de um veículo. As funções eram:

- Um cliente;
- Um almoxarife;
- Cinco montadores;
- Um gerente;
- Um responsável por qualidade;
- Dois responsáveis por logística.

O jogo consistia em quatro fases, sendo que em cada fase seria necessário montar um tipo de versão do veículo (Figura 13). Para a primeira fase era estipulado um tempo para se produzir o veículo, seguir um leiaute e fluxo pré-definidos (Figura 14) e regras estabelecidas. Foi definida a quantidade de postos de trabalho, quais componentes cada posto receberia e o que cada posto deveria montar (Figura 15). Ao final de cada fase em que era montada uma versão do veículo, o grupo tinha cinco minutos para computar os dados (vide Figura 16) e cinco minutos para efetivar duas sugestões para serem utilizadas na próxima fase e assim sucessivamente até a montagem da quarta versão do veículo.

A dinâmica do jogo é bem interessante. Os integrantes entendem que cada um deve fazer a sua parte bem feita, pois dela depende o sucesso de todos. Já durante a execução de cada fase, os participantes observam oportunidades de melhoria e as propõem para a fase seguinte. A cada objetivo alcançado foi verificada a vibração dos integrantes como equipe.

Itens importantes como a satisfação do cliente (entregar o veículo com qualidade, custo e prazo adequados), flexibilidade (fornecer a versão solicitada), instruções

adequadas para se realizar as tarefas, treinamento para melhorar os métodos de trabalho e qualidade do produto, comunicação e racionalização das operações e dos postos de trabalhos foram bastante trabalhados durante este treinamento.

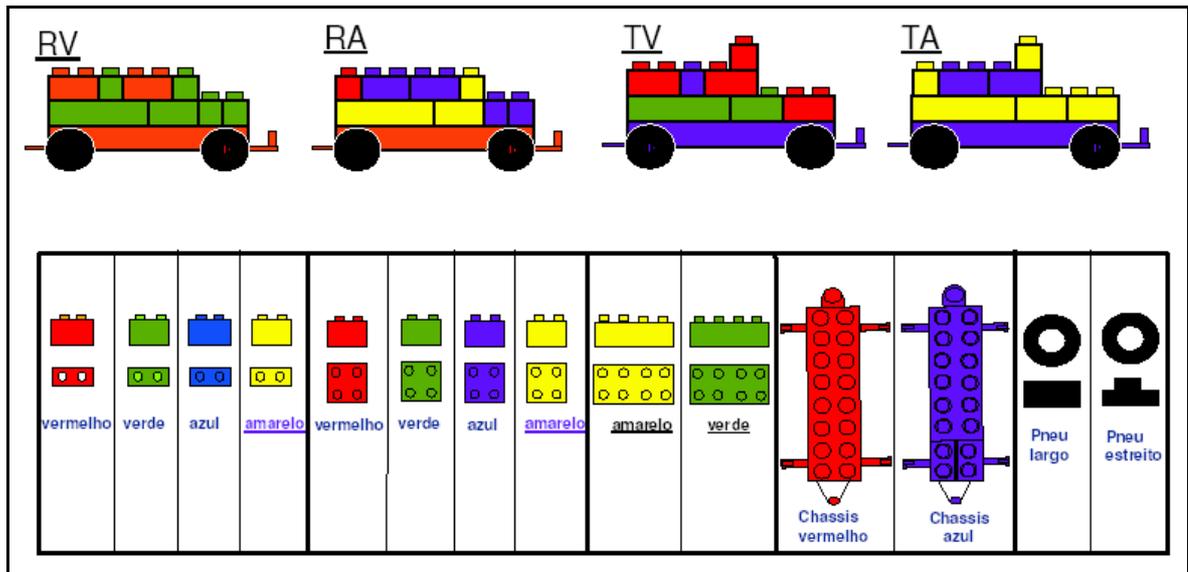


Figura 13 – Configuração das versões dos veículos a serem montados. Fonte: Empresa estudada.

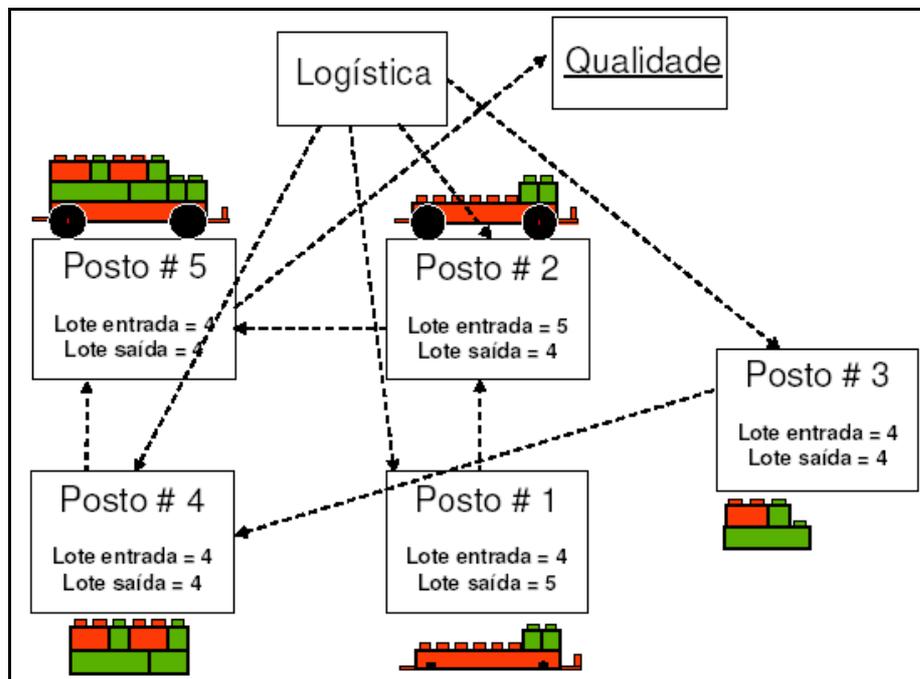


Figura 14 – Definição do leiaute e fluxo iniciais. Fonte: Empresa estudada.

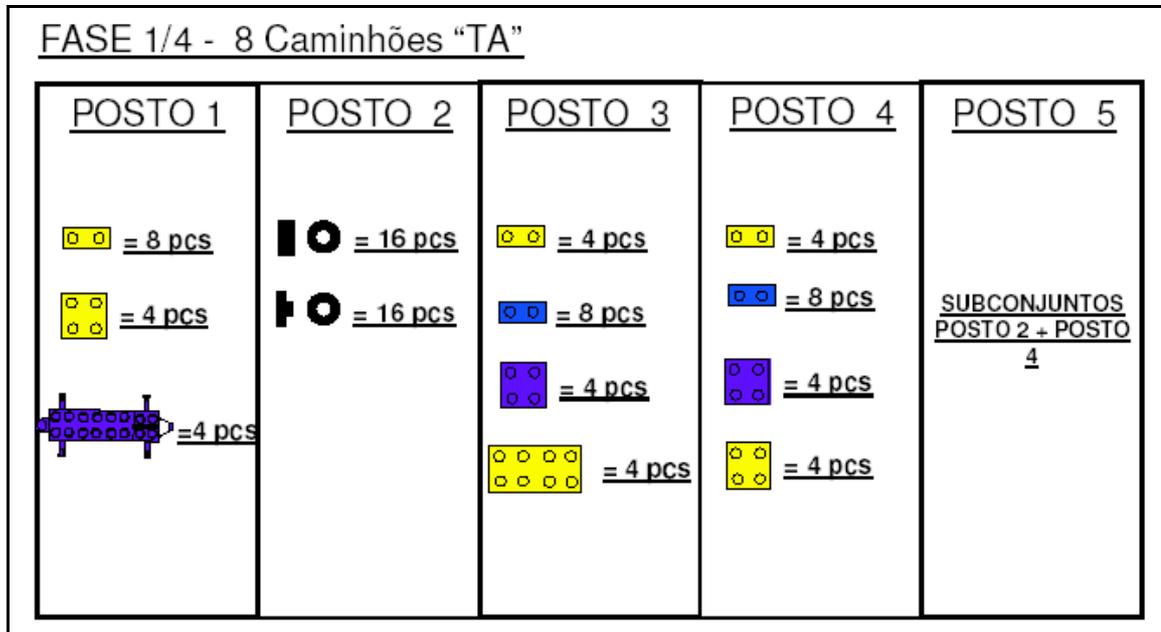


Figura 15 – Definição dos postos de trabalho e componentes. Fonte: Empresa estudada.

Descrição
Pedido Cliente
Quantidade de Funcionários
Quantidade de Postos
Quant. Produtos Bons
Quant. Produtos Rejeitados
Tempo para entrega do lote (minutos)
Estoque intermediário
Posto 1
Posto 2
Posto 3
Posto 4
Posto 5
Rejeição (%)
Produtos por Funcionário
Confiabilidade de Entrega
Custo de Produção em R\$
Valor Pago pelo Cliente em R\$
Lucro

Figura 16 – Indicadores operacionais por fase. Fonte: Empresa estudada.

DIFICULDADES:

Nesta etapa do trabalho não houve dificuldades.

3.6 Treinamento do Pessoal

O treinamento constituiu uma importante ferramenta no suporte para as ações de melhoria de produtividade. O pessoal operacional foi o principal alvo dos treinamentos:

- Trocadores de molde das injetoras
- Operadores de injetoras
- Operadores de montagem
- Operadores de logística (abastecimento de material e manuseio de *kanban*)
- Inspetores de qualidade
- Pessoal de manutenção mecânica e elétrica

O pessoal de RH fez um levantamento das necessidades de treinamento do pessoal junto aos gestores de cada área. Após este levantamento foi montado um quadro de capacitação (Figura 17) onde são demonstrados os cursos que cada funcionário realizou.

Figura 17 is a large grid titled "PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO" (Employee Training Program). The grid has columns for "CURSOS" (Courses) and rows for individual employees. The top of the grid is labeled "FUNCCIONÁRIOS" (Employees). To the left of the grid, there are sections for "DE EQUIPE" (Team) and "COORDENAÇÃO" (Coordination). The grid contains various colored blocks (red, green, blue) representing different training activities or course assignments for each employee.

Figura 17 - Quadro de capacitação do pessoal. Fonte: Empresa estudada.

Após este levantamento, foi montado um quadro de programação de treinamento do pessoal da célula (Figura 18) de modo que é possível visualizar os próximos treinamentos, quem serão os treinados e as datas previstas.

Figura 18 is a detailed training program grid. It includes a header section with "PROBLEMAS PROPOSTOS" (Proposed Problems) and "PROBLEMAS PROPOSTOS 2 - EM ANÁLISE TÉCNICA" (Proposed Problems 2 - Under Technical Analysis). Below this, there are sections for "Objetivos" (Objectives) and "Métodos" (Methods). The main part of the grid is a table with columns for "Data" (Date), "Curso" (Course), "Responsável" (Responsible), and "Status" (Status). The table lists various training activities and their scheduled dates.

Figura 18 – Quadro de programação de treinamento. Fonte: Empresa estudada.

Foram preparados programas específicos por especialistas no assunto dentro da própria empresa e outros treinamentos padronizados tais como Regulagem de Injetoras, *Setup* de Injetoras, Leitura e Interpretação de Desenho, Metrologia Básica, etc. foram contratados e realizados por empresas especializadas.

DIFICULDADES:

A principal dificuldade foi conseguir a liberação dos funcionários durante o horário de trabalho normal devido à necessidade de atendimento dos programas de produção e não havia excedente de mão-de-obra para cobrir as pessoas que estariam em treinamento. Então, foi definido que o treinamento seria realizado fora do expediente normal. Ainda assim, houve dificuldade em convencer uma parte das pessoas a virem aos treinamentos. Algumas tinham problemas referentes aos horários de escola ou faculdade. Outras pessoas, principalmente as mulheres, tinham problema referente aos filhos, não tinham com quem deixar.

Com o avanço das atividades, os resultados de melhoria de produtividade começaram a aparecer, de forma que uma parte do excedente de pessoal, foi possível com que os treinamentos fossem realizados dentro do horário de trabalho.

3.7 A implementação do “5S”

A primeira experiência prática foi realizar o projeto “5S” no chão de fábrica onde foi escolhido o local a ser trabalhado, no caso uma linha de montagem e uma injetora de termoplásticos, chamados de “canteiros”, uma analogia aos canteiros de obras de uma construção civil onde se coloca a “mão-na-massa”.

É importante ressaltar a importância do “5S”, pois se tendo um ambiente limpo e organizado, as melhorias ficam mais fáceis de serem alcançadas.

O ambiente encontrado era com o piso sujo de óleo e com irregularidades, áreas mal iluminadas, vários materiais não pertencentes ao processo de fabricação em locais inadequados. As bancadas com pintura descascando e os revestimentos com rasgos e desgastados pelo uso. Grânulos de material plástico e pedaços de peças sob a injetora

misturados com óleo. Material de *setup* como mangueiras, engates, parafusos, garras, trocadores de calor ficavam armazenados desorganizadamente atrás da injetora. Este ambiente se refletia nos funcionários, que vestiam jalecos sujos, não se preocupavam em manter a área limpa e sem resíduos no chão. Por trás deste cenário se escondia uma série de desperdícios que onerava os custos da empresa.

O programa “5S” é composto das seguintes fases:

A Fase 1 – Eliminar: consistiu basicamente em segregar o que não era mais utilizado na célula de montagem para posterior descarte, desobstruindo as áreas produtivas de materiais obsoletos e a sinalização dos itens que necessitam de conserto e manutenção. Foram realizadas a pintura das bancadas com tinta branca e troca dos revestimentos das bancadas.

Ao final de cada Fase é realizada uma auditoria por um membro de outro canteiro “5S”, onde é validada ou não esta fase através de itens pontuados. No caso de algum dos itens da auditoria apresentar discrepância acentuada, é aberto um relatório de não-conformidade para a definição de um plano de ação com responsáveis e prazos.

Na Fase 2 – Arrumar: foram definidas, identificadas e marcadas as localizações dos objetos e equipamentos, surgindo assim um novo leiaute. Foi realizada a pintura das faixas no piso para delimitar claramente as áreas de circulação.

Na Fase 3 – Limpar: foram identificadas e tratadas as fontes de sujeira e definidos os padrões de operação de limpeza. Foram adquiridas vassouras, pás e recipientes para colocar a sujeira da área fabril. Esta limpeza é realizada pelos operadores. As áreas de circulação são limpas pelo pessoal da limpeza. Também foram instalados coletores para panos e luvas sujas. Estes materiais são enviados para uma empresa especializada na lavagem e higienização para posterior reuso.

Na Fase 4 – Padronizar: os pontos de controle visual foram definidos e a implementação dos procedimentos padrão.

Finalmente na Fase 5 – Disciplinar: todos os usuários do local trabalhado foram orientados quanto aos procedimentos padrão e auditorias periódicas foram implementadas para a verificação da disciplina na aplicação dos padrões.

Como resultados das atividades executadas, obtivemos uma mudança de atitude por parte dos funcionários que passaram a cuidar da limpeza e organização dos locais de trabalho. Houve uma valorização dos cuidados com as instalações.

DIFICULDADES:

A principal dificuldade foi a manutenção do ambiente limpo e organizado obtido através do “5S”, ou seja, fazer com que a Fase 5 fosse cumprida sistematicamente. A máquina injetora ficava paralela a uma das paredes, e esta área escondida entre a injetora e a parede servia de depósito para todo tipo de material. Outra dificuldade foi o baixo envolvimento com o supervisor da área. Apesar dos membros do grupo de melhoria conversarem diretamente com alguns dos operadores, entende-se que se o superior direto interfere, então o engajamento dos liderados fica mais aderente.

3.8 Projeto de manutenção produtiva

O objetivo da manutenção é manter as máquinas em operação e disponíveis quando não estão em manutenção preventiva ou sem programação. A injetora de termoplástico foi considerada prioritária devido ao seu valor de investimento, por ser um equipamento pesado e pela necessidade de trabalhar em três turnos.

Para as pequenas manutenções e verificações nos equipamentos ficou definido que seriam realizadas pelos próprios operadores dos equipamentos. Foi criado um plano

de manutenção pelo operador onde foi definida a frequência de verificação e serve de registro das intervenções.

A planilha de manutenção da injetora que registra as intervenções corretivas realizadas e que também contém o planejamento para as preventivas foi revisada e em todo final de mês agora é realizada uma análise crítica das corretivas quanto ao tipo de quebra e a frequência da ocorrência para se atuar de forma antecipada se tornar a intervenção como preventiva. Este procedimento também auxiliou na aquisição antecipada dos componentes de reposição necessários nas intervenções. Também foi introduzida na planilha uma análise profunda da causa-raiz da origem do problemas. Recursos como diagramas de Ishikawa, Pareto e Histogramas agora são utilizados como ferramentas de análise. O trabalho de análise das corretivas para melhorar a programação das preventivas foi de fundamental importância. Também foi programada e realizada a pintura da injetora, troca da proteção de plástico da porta avariada e revisão de conexões de mangueiras de óleo hidráulico com vazamentos.

Em paralelo foi realizado um treinamento com o pessoal de manutenção orientando o pessoal de manufatura para melhorar o uso correto do equipamento.

Como conseqüências dos trabalhos de manutenção junto ao equipamento e instalações tivemos uma queda significativa das paradas por quebras mais freqüentes. Os defeitos passaram a ser melhores identificados e corrigidos antes da ocorrência de algo mais grave. Com o aumento da eficiência da utilização do equipamento, melhor conhecimento das causas dos problemas e manutenção preventivas melhor programadas, passou a existir tempo para o refinamento do trabalho de manutenção, contribuindo para o aperfeiçoamento do sistema.

3.9 Projeto de qualidade

O programa de melhoria da qualidade teve como principais impulsionadores a necessidade de se reduzir os índices de refugo interno e conseqüentemente os defeituosos que chegam nos clientes. As quantidades refugadas eram apontadas, porém não havia uma análise desses dados. Como primeiro passo, começou-se uma análise do relatório de refugo do dia anterior que indicava por injetora quais eram os piores índices de refugo e os seus motivos. Para a injetora escolhida como piloto eram selecionados os três piores casos e então gerados planos de ação para reverter a situação. Houve então um engajamento das equipes de Engenharia de Produção (coordenação), Manufatura, Qualidade e Ferramentaria para suportar as ações necessárias. O grupo foi apoiado pelas Gerências Industrial e de Qualidade. Todos os dias em um horário fixo na parte da manhã o grupo se reunia no chão de fábrica e então eram demonstrados os piores casos do dia anterior. Em seguida eram cobradas as atividades pendentes dos planos de ação.

Foram realizadas várias ações, entre elas:

- No molde do produto com problema era colocado um cartão vermelho e ao sair da injetora ia direto para a ferramentaria junto com uma amostra do produto com defeito para a realização das intervenções e ajustes. Após as correções o molde era disponibilizado com uma etiqueta verde.
- Revisão das peças-padrão em conjunto com o pessoal da Qualidade.
- Realização de treinamento nos níveis operacional, chefia e gerência para a preparação da atitude e capacitação em ferramentas básicas da qualidade como elaboração de gráficos, planos de ação, estatística básica, etc.

- Colocação de painéis na injetora e na célula para registro pelos operadores e acompanhamento de hora em hora dos índices de refugo.
- Implantação do procedimento de autocontrole de qualidade realizado pelo operador com suporte do inspetor.
- Confecção de dispositivos e gabaritos para garantir a correta conformação das peças injetadas.
- Solução rápida e em conjunto entre as áreas para rejeitar, recuperar e aprovar peças com desvios.
- Estabelecimento de metas para redução de refugo.

Cada produto com plano de ação em aberto era acompanhado o índice de refugo e os motivos a cada produção realizada até que este produto ficasse estabilizado em uma posição inferior e outros produtos com índices piores assumissem as prioridades e assim por diante.

A partir de então, o programa ganhou a confiança até dos menos envolvidos e céticos em relação à melhoria da qualidade.

3.10 Projeto de redução do tempo de *setup* da injetora

O tempo de *setup* era de 3,7 horas.

O primeiro passo foi formar uma equipe multifuncional para atuar na Troca Rápida de Ferramentas (TRF). A equipe foi composta por:

- Supervisor de Produção
- Supervisor de Engenharia de Produção
- Supervisor de Manutenção

- Trocadores de moldes
- Reguladores de injetoras
- Mecânico/Eletricista de manutenção
- Ferramenteiro
- Técnico de processos de injeção

Foi estabelecido um cronograma de implantação do programa de TRF com definição das fases, datas e responsáveis.

O terceiro passo foi agendar reuniões semanais com os membros da equipe para avaliar o andamento das ações e planejamento das futuras.

Em todas as máquinas injetoras foi implantado um quadro que indica o horário previsto e real do início e término do *setup*. Além de ser um medidor da operação, serve como fator psicológico para que o *setup* ocorra rapidamente.

Para entender melhor quais eram as causas da longa demora do *setup*, realizamos a filmagem desta operação onde, após sua análise, pudemos verificar valhas falhas que nortearam nossas prioridades.

Foi desenvolvido e implementado um quadro de troca de molde (Figura 19), onde consta na horizontal 24 divisões representando as horas do dia e na vertical os números de identificação das máquinas do setor. No cruzamento da linha horizontal com a vertical é colocada uma plaqueta com o número de identificação do molde, então fica programado a máquina e o horário em que o molde irá entrar. O objetivo do quadro é dar visão ampla a todos envolvidos com a troca para que possam fazer as suas preparações antes que a mesma ocorra.

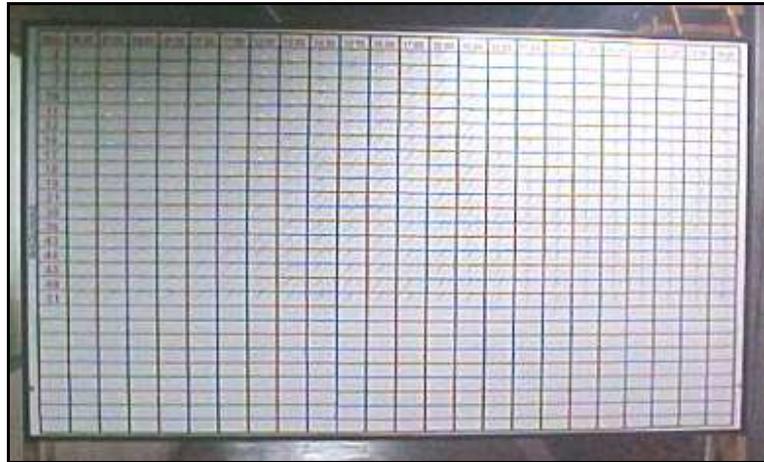


Figura 19 – Quadro de troca de moldes. Fonte: Empresa estudada.

Foi levantada uma lista das ferramentas necessárias para se executar o *setup* (chaves de boca, chaves de fenda, etc). Das ferramentas existentes, verificaram-se quais atendiam a lista e o que sobrou foi designado para outras funções. As ferramentas faltantes foram adquiridas e organizadas em um carrinho de ferramentas para *setup*.

3.10.1 Ações de primeira fase

- Preparação externa: nesta fase foram analisadas e reorganizadas as operações realizadas fora da máquina enquanto a mesma ainda estiver trabalhando na produção do lote anterior e são ações que não necessitam de alto investimento.

Foi elaborado um *check-list* de preparação externa (Anexo A).

- Preparação interna: nesta fase foram analisadas e reorganizadas as operações realizadas após a parada da máquina e impossíveis de se fazer com a máquina funcionando.

Foi elaborado um *check-list* de preparação interna após todas as atividades da preparação externa forem realizadas (Anexo B).

Também foi criada uma área para que o time de trabalho e o time da manufatura pudessem discutir os problemas e as ações para melhoria do setor.

3.10.2 Ações de segunda fase

As ações de segunda fase têm início somente após término das ações de primeira fase que não requerem investimento, somente organização.

A principal atividade desta fase foi a aquisição e instalação de mangueiras e engates para óleo hidráulico nas máquinas injetoras para conexão com os moldes de injeção que requerem acionamento de machos (para acionamento de gavetas, extração hidráulica, etc.). Na condição anterior, os preparadores ficavam a procurar pela fábrica as mangueiras e os engates. Depois tinham que fazer a conexão destes com a máquina injetora para depois realizar a conexão com o molde. Foi definido um padrão de mangueira e também para os engates. O investimento realizado foi para que cada máquina injetora tivesse instalado as mangueiras e que os moldes tivessem as devidas conexões.

Para conectar as mangueiras hidráulicas, era necessário retirar a pressão retida nas mangueiras com o auxílio de chaves (Figura 20), danificando os engates e provocando vazamentos de óleo (Figura 21).



Figura 20 – Aacionamento com chave no engate da mangueira de óleo hidráulico para se eliminar a pressão interna (antes da melhoria). Fonte: Empresa estudada.

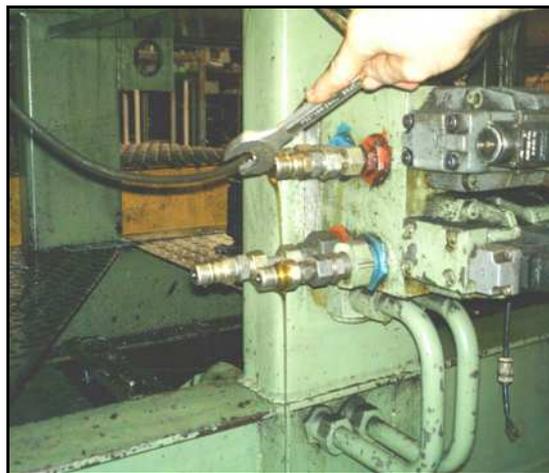


Figura 21 – Vazamento de óleo (antes da melhoria). Fonte: Empresa estudada.

Foram instaladas válvulas de esfera (Figura 22) de manobra fácil para aliviar a pressão hidráulica retida no sistema, evitando forçar os engates, facilitando a conexão hidráulica e evitando-se vazamento de óleo no chão da fábrica.



Figura 22 – Válvulas de esfera (após melhoria). Fonte: Empresa estudada.

Antes das melhorias, as mangueiras hidráulicas ficavam amontoadas e forma totalmente desarrumada (Figura 23), aonde os trocadores de moldes vinham buscá-las para realizar a instalação. Nem sempre encontravam a que precisavam devido ao comprimento insuficiente, engates com problemas, fora do padrão e com defeitos.



Figura 23 – Local para acondicionamento das mangueiras (antes da melhoria).
Fonte: Empresa estudada.

Esta forma de irregular de armazenamento fazia com que resíduos sólidos penetrassem no interior dos engates (Figura 24) e que após a ligação, contaminavam o óleo do reservatório da máquina podendo gerar problemas de funcionamento no

sistema como travamentos, diminuição da vazão, etc.



Figura 24 – Engate com contaminantes sólidos (antes da melhoria).
Fonte: Empresa estudada.

Novas mangueiras (Figura 25) foram adquiridas, fixadas e dedicadas à máquina injetora de modo que os trocadores não precisam perder tempo em procurá-las pela fábrica.



Figura 25 – Mangueiras hidráulicas (após melhoria). Fonte: Empresa estudada.

Foram instalados suportes de proteção para os engates (Figura 26) que irão se acoplar ao molde, evitando contaminação dos mesmos. Desta forma também se

minimiza o vazamento de óleo no chão de fábrica.



Figura 26 – Suporte dos engates das mangueiras hidráulicas (após melhoria).
Fonte: Empresa estudada.

Esta nova situação (Figura 27) facilitou o trabalho dos trocadores e diminuiu o tempo de troca.



Figura 27 – Trocador manuseando mangueira hidráulica (após melhoria).
Fonte: Empresa estudada.

Outra ação de melhoria foi a instalação de válvulas fixas para ligações pneumáticas na máquina injetora (Figura 28). Às vezes o ar comprimido é necessário para algum dispositivo de operação pós-injeção, como prensas, dispositivos de corte, montagem, etc.



Figura 28 – Válvula pneumática (após melhoria). Fonte: Empresa estudada.

Existem alguns moldes com partes aquecidas no seu interior chamado de bico quente (um ponto de injeção) ou câmara-quente (mais de um ponto de injeção). Para estes são necessários painéis de controle de temperatura. Anteriormente era utilizado um painel móvel (Figura 29) para controle e alimentação do sistema de aquecimento do molde. Ocupava espaço, os cabos elétricos entre o painel e o molde eram amarrados em situações de risco. Devido a constante movimentação danificam-se os componentes do painel.



Figura 29 – Painel de controle de temperatura de câmara-quente (antes melhoria).
Fonte: Empresa estudada.

Para melhorar esta situação foi instalado um painel fixo (Figura 30) na parte de comando da injetora, ganhando-se tempo de ligação do molde, evitando-se danos aos componentes devido à instalação dos mesmos serem efetuadas de maneira definitiva no painel da própria máquina.



Figura 30 – Painel de controle de temperatura de câmara-quente (após melhoria).
Fonte: Empresa estudada.

Da mesma forma que os cabos hidráulicos, os cabos elétricos (Figura 31) foram dedicados a máquina, facilitando a troca, diminuindo-se os riscos de acidente e as necessidades de reparos.



Figura 31 – Cabos elétricos da câmara-quente (após melhoria).
Fonte: Empresa estudada.

Com uma redução em alguns casos de 2 horas para apenas 5 minutos para a execução das ligações hidráulicas e elétricas dos moldes, que nestas máquinas passaram a ser executadas pelos próprios profissionais que montam os moldes nas máquinas e não mais pelos profissionais da manutenção, gerando economia de mão-de-obra e redução de tempo de *setup*.

Também foram adquiridos relógios grandes do tipo cronômetro para que fossem acompanhados os tempos de troca em tempo real. Todos que passam pela máquina podem ver o tempo corrente para o *setup*. O preparador aciona a contagem a partir da última peça boa do produto atual e encerra com a 1ª peça boa do próximo produto.

As alturas dos moldes que trabalham na injetora foram padronizadas (Figura 32) de modo que o tempo de ajuste de altura entre placas da máquina injetora foi eliminado. Anteriormente era gasto tempo para realizar este ajuste.

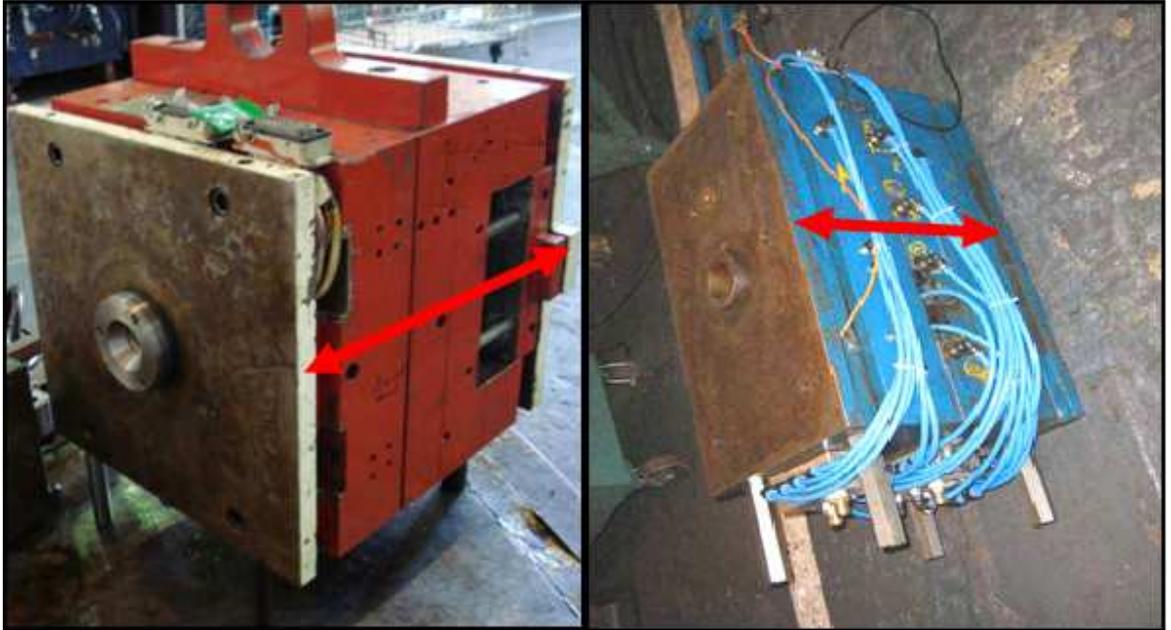


Figura 32 – Moldes com alturas padronizadas. Fonte: Empresa estudada.

Outro trabalho realizado foi a implementação de manifolde de refrigeração nos moldes de injeção (Figura 33). Para o molde trabalhar em uma condição normal, este deve ser mantido em determinadas temperaturas para que o produto seja produzido na qualidade requerida. Para se atingir estas temperaturas existem vários circuitos dentro do molde nos quais o fluido de troca de calor circula. Anteriormente eram necessárias várias mangueiras de entrada e de saída do fluido que saíam da injetora para se conectar com o molde. Com a implementação de manifolde (bloco de distribuição do fluido – vide Figura 34) na parte móvel e outro na parte fixa do molde, a quantidade de mangueiras caiu para quatro (uma entrada e uma saída para o lado móvel do molde e idem para o lado fixo). Anteriormente se usava braçadeiras fixar as mangueiras nos bicos de refrigeração que são rosqueados nos furos de refrigeração do molde. Agora o molde possui conexões macho padronizadas e as mangueiras conexões fêmea.

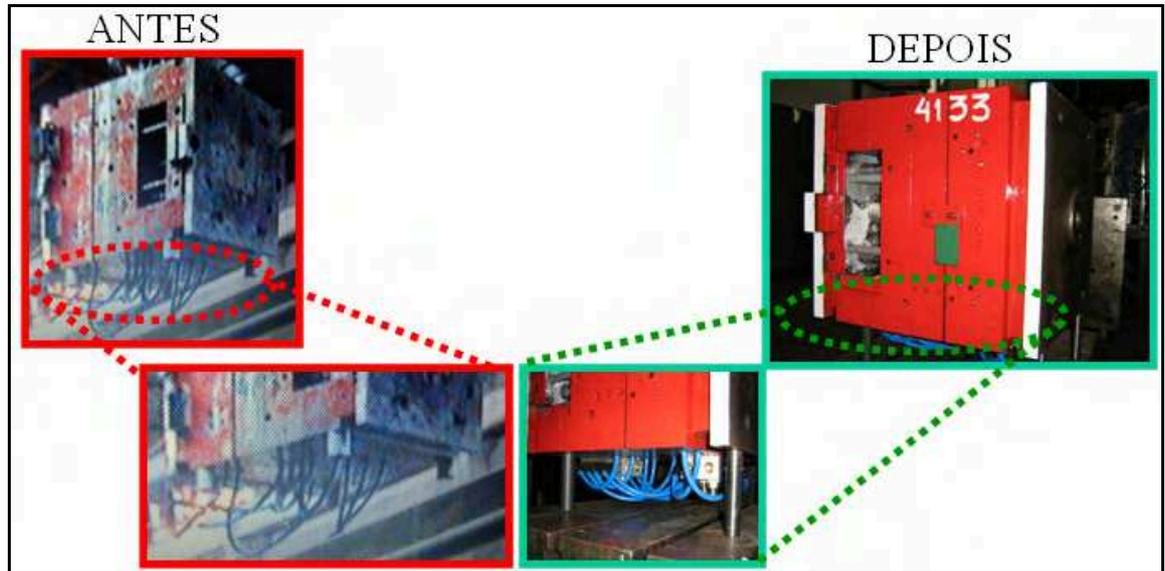


Figura 33 – Sistema de refrigeração padronizado com manifold.
Fonte: Empresa estudada.

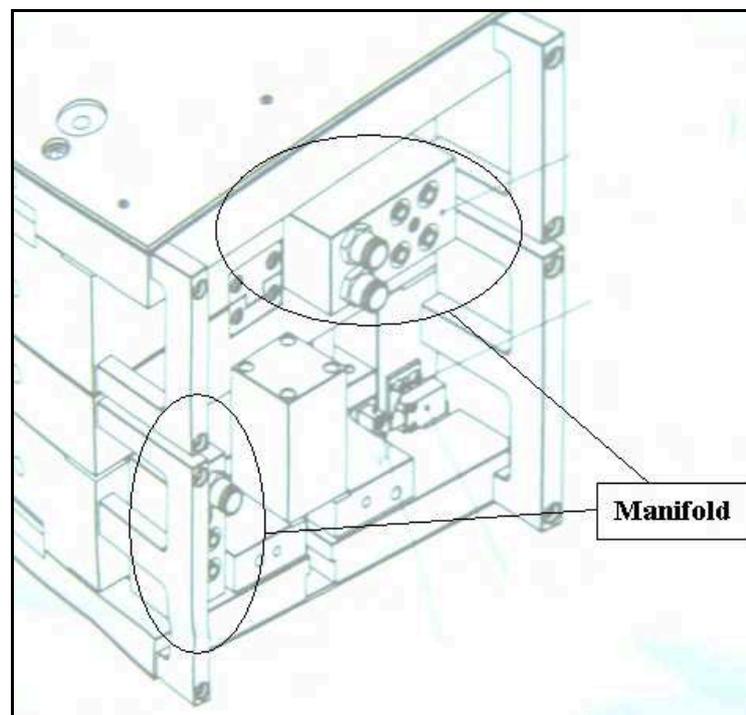


Figura 34 – Esquema de refrigeração padronizado com manifold.
Fonte: Empresa estudada.

Para se elevar o molde para se realizar o *setup*, era necessário rosquear quatro

olhais na parte superior para se engatar os cabos de aço ligado à ponte rolante. Como estes olhais eram desmontáveis, o trocador tinha que ficar procurando pelos mesmos e realizar a operação de fixá-los no molde. Estes quatro olhais móveis foram substituídos por um olhal que fica fixo no molde (Figura 35), eliminando-se as operações de procura e fixação.

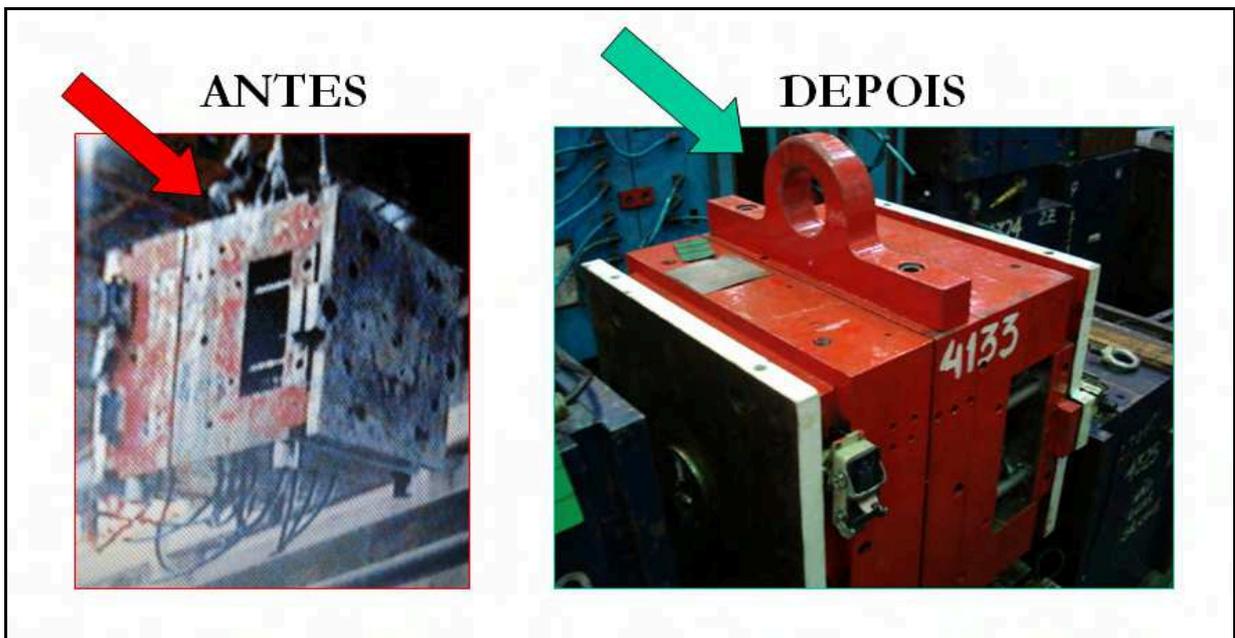


Figura 35 – Implementação de olhal fixo para suspensão do molde.
Fonte: Empresa estudada.

O molde deve passar entre as colunas da máquina para que possa ser fixado. Na condição anterior, as tomadas ficavam na lateral do molde gerando risco de colisão com as colunas da máquina, então, os trocadores ao terem cuidado nesta operação acabavam perdendo mais tempo. Com a instalação das tomadas da lateral para a parte superior do molde (Figura 36) esta preocupação sumiu, fazendo-se a operação com mais agilidade.

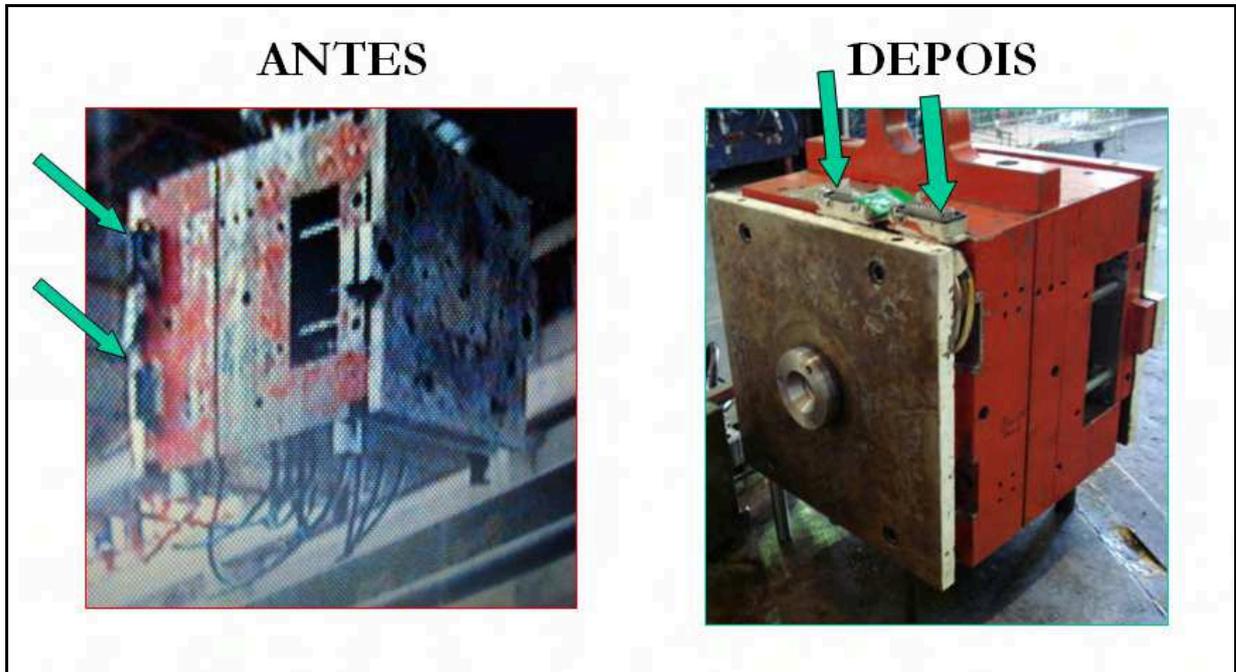


Figura 36 – Alteração da posição das tomadas elétricas do molde.
Fonte: Empresa estudada.

Para se fixar o molde na injetora, é necessário que as garras fixem o molde através de suas abas. Na condição anterior as abas do molde se situavam nas partes inferior e superior causando dificuldade de acesso para se realizar a operação. O trocador tinha que entrar debaixo da máquina e depois subir em cima da mesma. Com a mudança das abas para as laterais do molde (Figura 37) facilitou-se o acesso e a ergonomia, ganhando-se tempo na fixação.

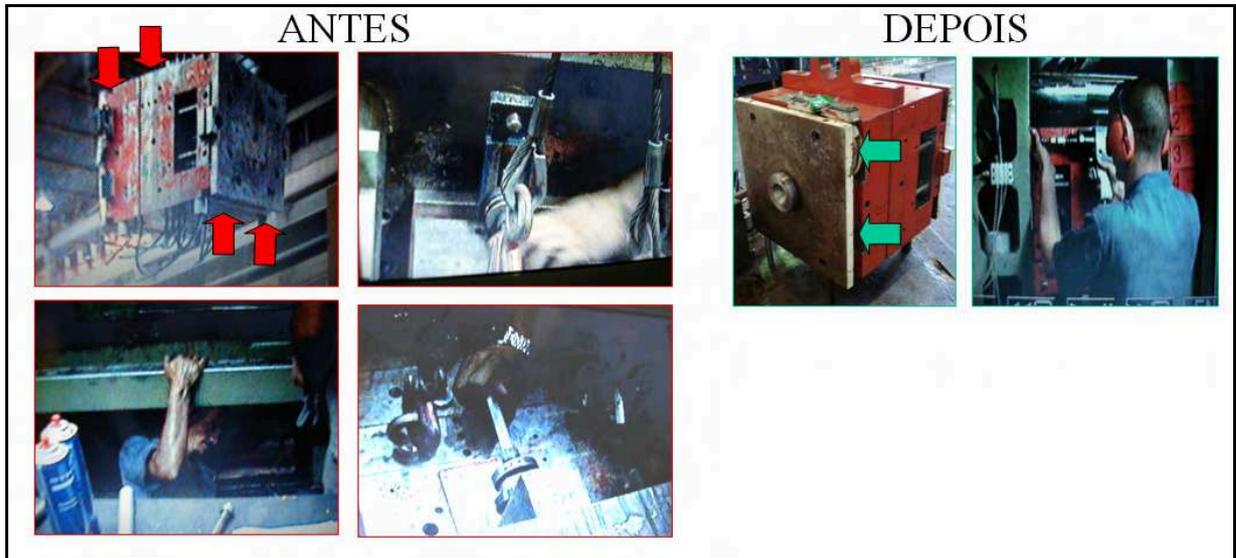


Figura 37 – Alteração da posição das abas de fixação do molde. Fonte: Empresa estudada.

Durante o *setup* existe uma etapa que é a centralização do molde em relação à máquina. Esta centralização é feita através de um anel no molde e um orifício na placa da máquina, ambos de mesmo diâmetro. Na situação anterior gastava-se em torno de 32 segundos para esta centralização devido à altura do anel ser muito pequena (Figura 38 – antes). Foi implementado um novo anel em cima do existente (Figura 38 - depois), fazendo com que a altura final ficasse maior. Isso facilitou a centralização, diminuindo o tempo para 16 segundos, um ganho de 50%.

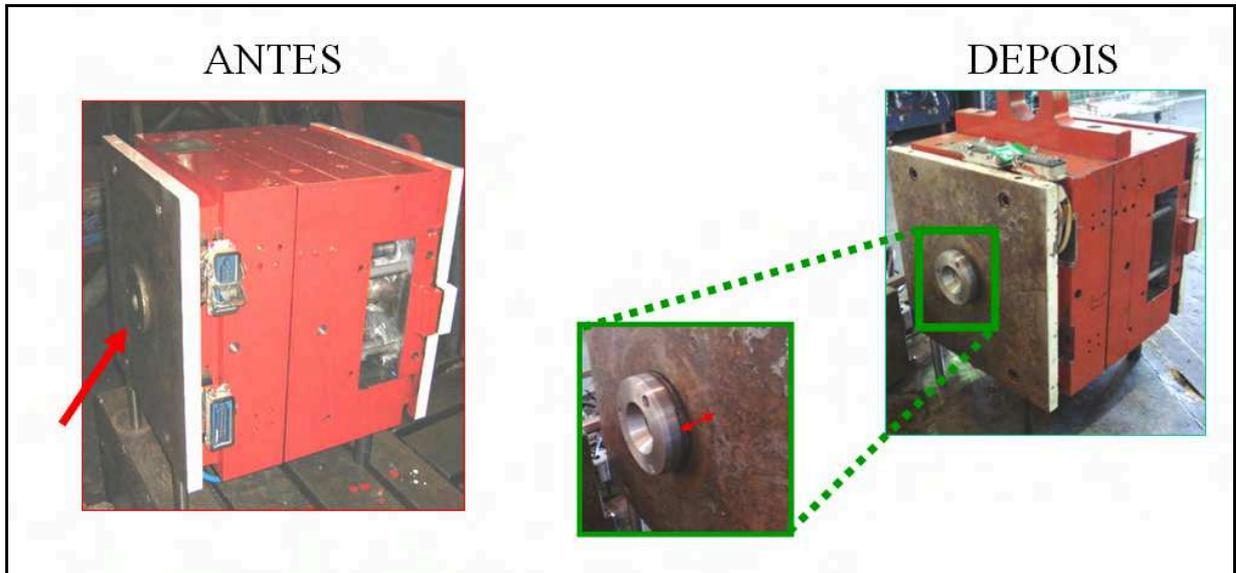


Figura 38 – Aumento da altura do anel de centralização do molde. Fonte: Empresa estudada.

Através do gráfico de espaguete (Figura 39) aplicado ao trocador, verificou-se que o mesmo se deslocava 18 metros para trazer o molde a entrar em máquina e levar o molde que saiu. A localização do molde quando o mesmo não está em uso foi alterada do almoxarifado de moldes para uma prateleira ao lado da injetora (Figura 40), reduzindo assim o percurso para 7 metros. O tempo gasto era de 110 minutos e passou para 16 minutos.

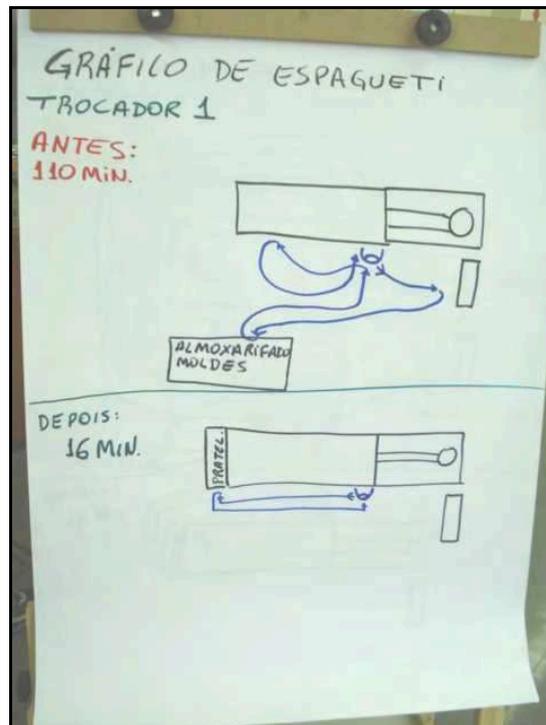


Figura 39 – Gráfico de Espaguete do trocador de moldes. Fonte: Empresa estudada.



Figura 40 – Locais de armazenamento do molde. Fonte: Empresa estudada.

Foi criado um quadro que serve de suporte de ferramentas (Figura 41) necessárias para o *setup*. O quadro fica fixo na injetora.

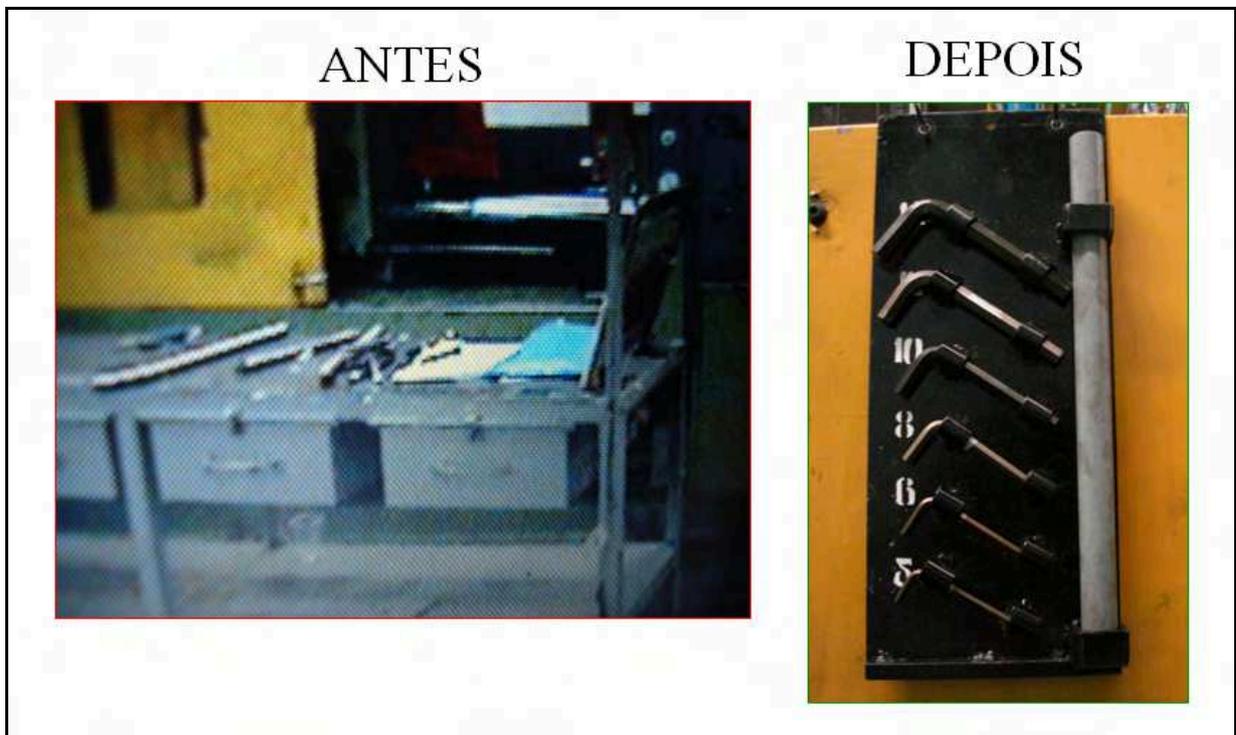


Figura 41 – Suporte para ferramentas. Fonte: Empresa estudada.

Também foi implementada uma parafusadeira pneumática (Figura 42 – depois) para realizar o aperto dos parafusos proporcionando maior agilidade na operação e melhor ergonomia para o trocador. Anteriormente (Figura 42 - antes) a operação era realizada manualmente através de chaves Allen com utilização de cano para o torque final.

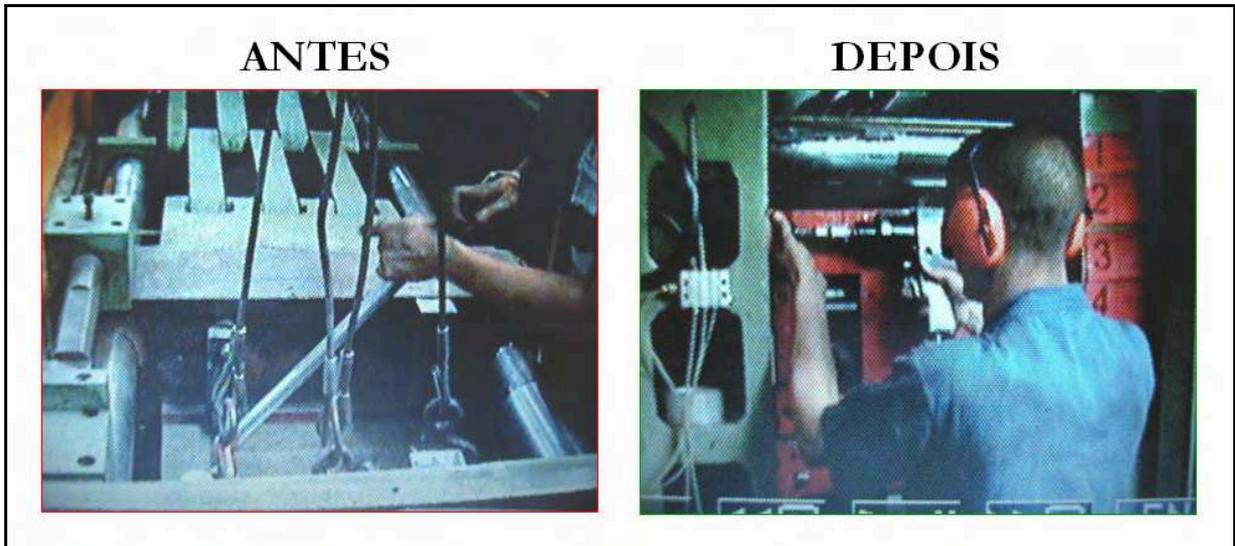


Figura 42 – Operação de fixação do molde na injetora. Fonte: Empresa estudada.

3.11 Projeto de alteração do leiaute da montagem

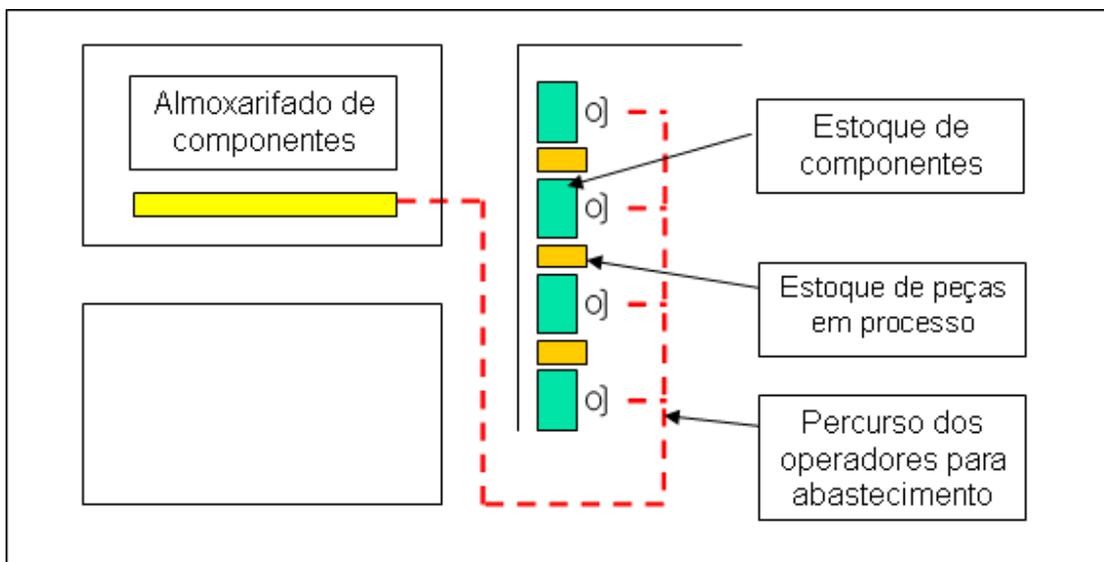


Figura 43 - Desenho esquemático da disposição da linha de montagem antes da modificação. Fonte: Empresa estudada/autor.

De acordo com a Figura 43, pode-se observar a antiga disposição da linha de montagem, onde os operadores se deslocavam para obter no almoxarifado os

componentes para realizar a montagem do produto final, ocasionando perdas de produtividade, acúmulo de peças entre os postos e eventual perda de qualidade devido a quebra da seqüência de montagem. Também esta disposição não é flexível, pois devido a distancia entre os postos de trabalho, há perda de produtividade para diversas formações do número de operadores.

Foi realizada uma mudança no leiaute da linha de montagem para célula em formato de “U” conforme Figura 44, utilizando-se as seguintes premissas:

- Largura do “U” de 1,20m;
- Distância entre os postos minimizados tal que um operador possa trabalhar ao menos em 2 postos contínuos sem perda de produtividade;
- Possibilidade de trabalhar com vários *takt-time* e n° operadores (vide Tabela 1);
- Operador não sai do posto de trabalho;
- Tempos entre postos equilibrados;
- Uma peça entre postos de trabalho;
- Não há trânsito de pessoas dentro da célula para abastecimento de material;
- Abastecimento realizado pelo pessoal da logística (almoxarifado);
- Caixas de componentes situados na frente do operador;
- Caixas de componentes padronizados, retornáveis e manuseável pela força de um operador.

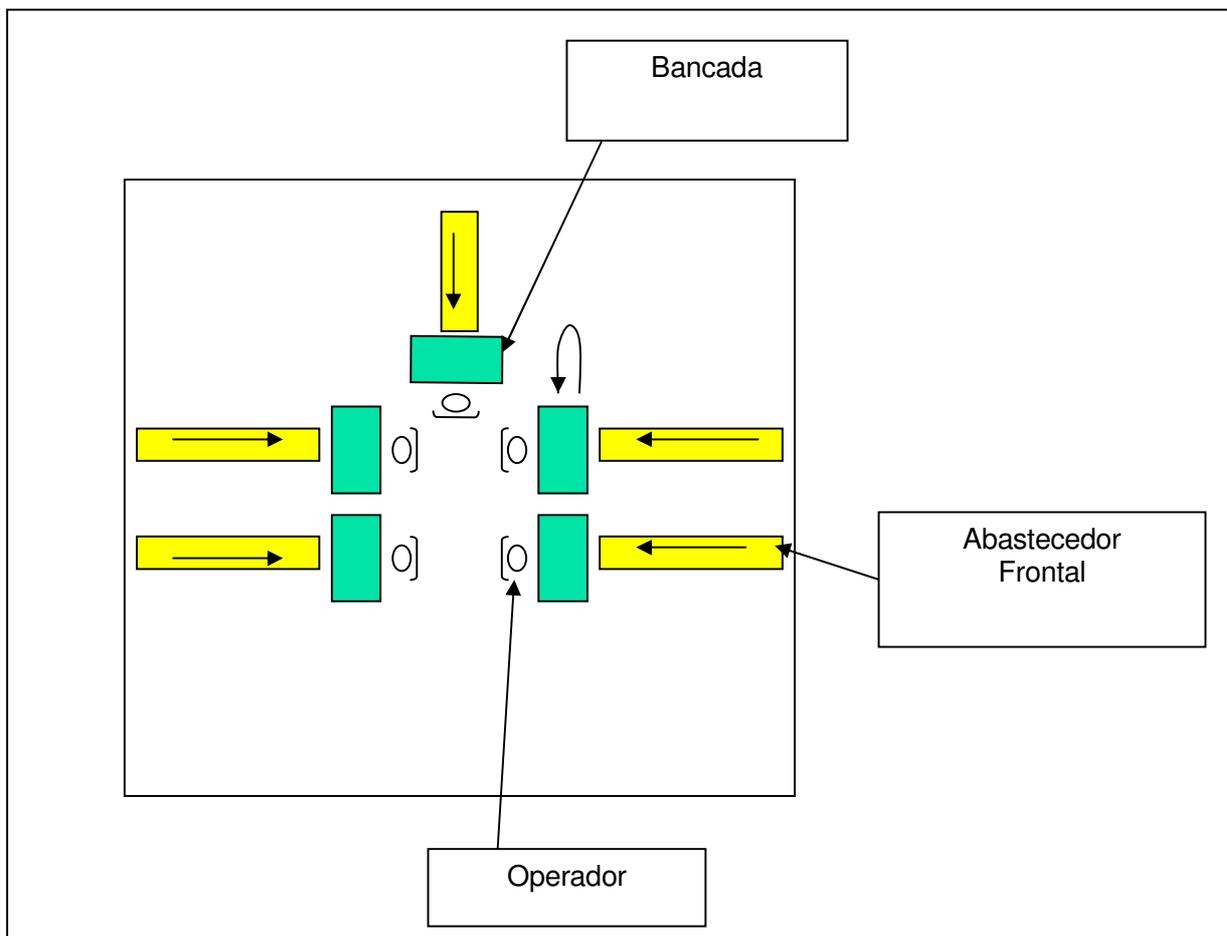


Figura 44 - Desenho esquemático da célula de montagem. Fonte: Empresa estudada/autor.

Tabela 1 - Planilha de equilibragem dos postos de trabalho

Oper.	Descrição Breve da Micro-operação	TEMPO	Quantidade de Operadores na Célula			
			1	2	3	4
1	Posicionar componente A no dispositivo	9,20	211,40	119,46	72,44	68,40
2	Montar 3 buchas e acionar bimanual	21,80				
3	Montar 1 componente B + mola de fixação	8,40				
4	Fixar parafusos	7,38				
5	Montar componente C	4,28				
6	Montar componente D	7,76				
7	Montar componente E	6,44				
8	Unir componente A no componente F	15,50				
9	Montar componente G no componente H	38,70				
10	Montar componente H no componente F	8,89				
11	Posicionar sub-conjunto no berço e acionar bimanual	9,35				
12	Posicionar componente I no componente F	17,10				
13	Montar um componente J no sub-conjunto	9,62				
14	Aplicar cola no sub-conjunto	23,54				
15	Colar etiqueta de identificação e vedar componente K	7,78				
16	Conectar chicote nos componentes D, D e E	5,15				
17	Efetuar testes	10,51				
TAKT-TIME DA CÉLULA (seg.)			211,4	119,5	73,7	68,4
PRODUÇÃO HORÁRIA (peças/h)			17,0	30,1	48,8	52,6
PRODUTIVIDADE (peças/hora/homem)			17,0	15,1	16,3	13,2

3.12 Projeto do sistema de abastecimento da célula

O operador não deve se deslocar, muito menos deixar o seu posto de trabalho para alcançar os componentes para a montagem, ou para retirar as embalagens vazias do seu posto de trabalho.

Então, foi desenvolvido o chamado provisionador frontal da célula (vide Figura 45), que nada mais é do que um suporte com dois níveis, onde o nível inferior é feito o carregamento pelo almoxarifado com embalagens cheias de componentes pelo lado de fora e do lado de dentro o operador que recebe as peças. No nível superior pelo lado de dentro, o operador retira as embalagens vazias que saíram do lado de fora para o almoxarife retirar.

Existem os pequenos trens (vide Figura 46) que fazem o carregamento no almoxarifado e depois vão até as células de manufatura abastecê-las e retirar os containeres vazios. Cada trem tem o seu percurso pré-definido (vide Figura 47).

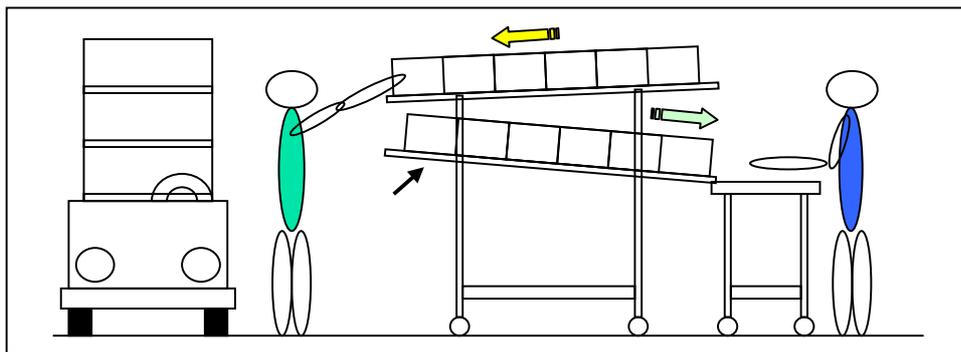


Figura 45 - Desenho esquemático do provisionador frontal. Fonte: empresa estudada.

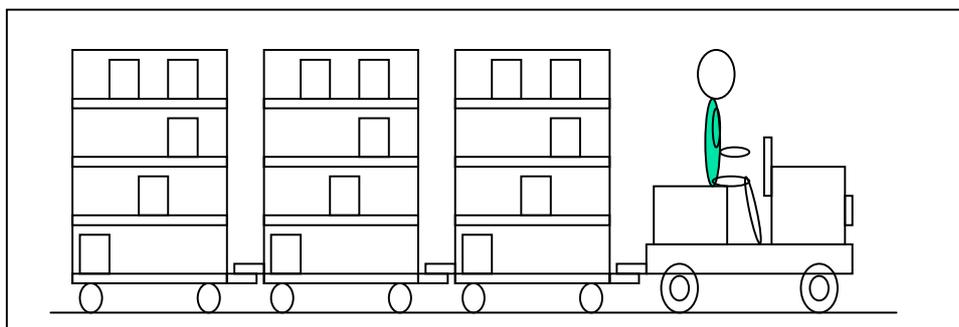


Figura 46 - Desenho esquemático do pequeno trem. Fonte: empresa estudada.

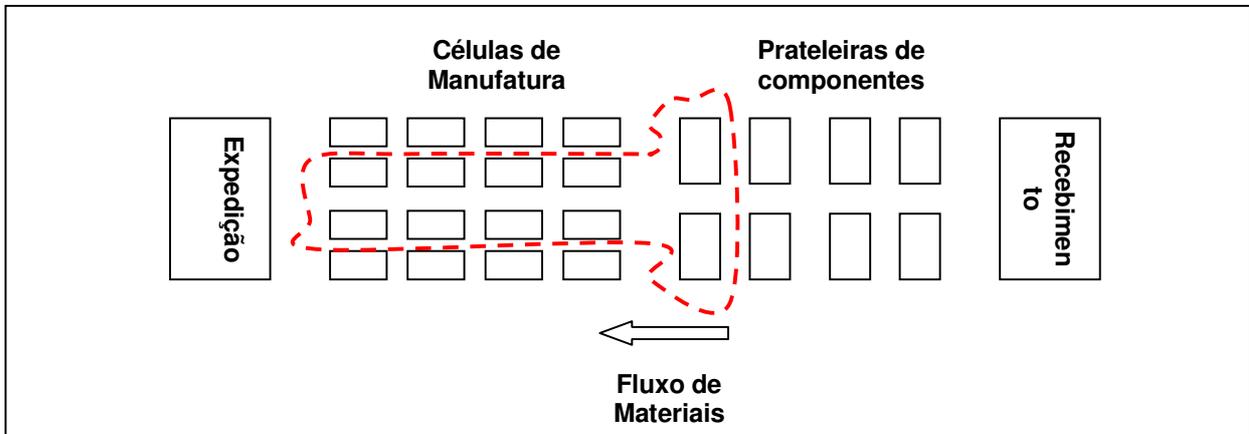


Figura 47 - Desenho esquemático do percurso do pequeno trem. Fonte: empresa estudada.

3.13 Projeto do sistema de programação e controle da célula

O procedimento utilizado está demonstrado através do fluxograma da Figura 48 que mostra o estado anterior e o atual relativo ao manuseio dos dados de demanda e programação.

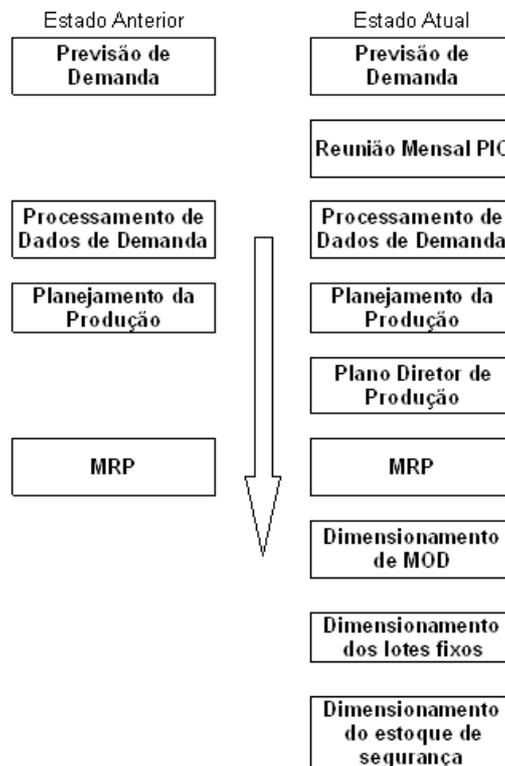


Figura 48 - Fluxo da programação da produção. Fonte: empresa estudada.

3.13.1 Previsão de Demanda

A Empresa utiliza um sistema interligado on-line na qual as montadoras (clientes) enviam seus pedidos de produtos com as respectivas quantidades e prazos de entrega a uma caixa postal na Embratel.

A cada quinze minutos o sistema acessa a caixa postal e faz a captura dos programas de entrega enviados pelas montadoras.

O sistema faz a confirmação do programa, gerando, então, um Programa Líquido que é confrontado com o sistema de controle de notas fiscais emitidas dos produtos já enviados aos clientes, gerando então o Programa Residual Líquido.

Do Programa Residual Líquido é gerado o resumo mensal chamado PIC (Plano Industrial e Comercial – Consolidação da previsão de vendas resumido e detalhado).

3.13.2 Reunião Mensal PIC (Plano Industrial e Comercial)

Basicamente, a reunião mensal PIC se resume nos seguintes tópicos:

- Apresentação das expectativas de vendas para o próximo mês, baseados em dados das montadoras e do mercado de reposição;
- Definição das carteiras a serem atendidas (Objetivo de atendimento: 100%);
- Análise prévia da capacidade;
- Discussão dos itens em atraso;
- Fechamento dos volumes globais a serem atendidos.

3.13.3 Processamento dos Dados de Demanda

Existe uma rotina de exportação dos dados do sistema (Figura 49) interligado para o sistema MRP que administra todas as operações da Empresa.

Então, o arquivo do Programa Residual Líquido é transferido para um diretório aonde o sistema MRP vem capturar as informações.



Figura 49 - Desenho esquemático de captura de informações de demanda do MRP.
Fonte: Empresa estudada.

O sistema MRP então “roda” o MPS Bruto (Programa Mestre de Produção), onde o mesmo faz uma customização dos dados através da distribuição linear dos números.

3.13.4 Planejamento da Produção

De posse do MPS Bruto, o analista de programação de logística faz uma adequação ao chão de fábrica, levando em consideração capacidade da célula, número de mão-de-obra direta (MOD), rejeição, paradas, etc., gerando então o MPS Adequado.

O MPS Adequado é então “rodado” pelo sistema MRP, gerando:

- Ordens de Produção
- PDP (Programa Diretor de Produção), cálculo da necessidade de MOD
- MRP

3.13.5 Programa Diretor de Produção (PDP)

O PDP permite a formalização de um acordo entre o Departamento de Logística e as Unidades Autônomas de Produção (UAP) quanto aos objetivos de produção por referência de produto em médio prazo (cinco semanas), tendo por base um pedido comercial a cumprir e recursos a desenvolver.

O PDP é gerado por célula de manufatura onde são definidas as referências (produtos) a serem produzidas e as respectivas quantidades em um horizonte de 5 semanas, sendo:

- A 1ª semana detalhada por dia;
- Da 2ª a 5ª semana: volume global da semana por referência.

Toda 2ª feira o PDP é afixado no quadro de gestão-à-vista da célula de manufatura para o controle das referências à produzir.

3.13.6 Material Required Planning

Com a “rodada” do MRP são geradas as necessidades de materiais.

Para os materiais comprados são gerados os planos de entregas e ordens de compras por fornecedor. Nos planos de entrega são informadas as referências a serem entregues, quantidade, data de entrega.

Para os componentes consumidos diariamente, mantém-se um estoque de um dia e meio de produção do produto final (depende do componente). Para os componentes de produto de encomenda, o estoque também é sobre encomenda, ou seja, não se mantém estoque.

Para os materiais de fabricação interna, uma cópia das ordens de fabricação e dos PDP's são enviados ao programador da fábrica, que com o auxílio do *Kanban* de componentes, tem a responsabilidade de prover de componentes as células de manufatura.

3.12.7 Dimensionamento de MOD

Takt-time: É o tempo necessário para se gerar um produto de acordo com a necessidade do cliente. Ou seja, é a razão entre o período de tempo pela quantidade de peças a serem produzidas. Por exemplo: se em um turno de 8 horas o cliente necessita de 1000 peças o *takt-time* será $28.800 \text{ seg} / 1000 \text{ peças} = 28,8 \text{ seg} / \text{peça}$.

Produtividade: É a medida em peças-hora-homem, ou seja, é a quantidade de peças que um operador é capaz de fazer em uma hora se estivesse sozinho na célula de manufatura.

O trabalho nas células de manufatura foi alterado para funcionar com várias formações de operadores (quantidades de operadores trabalhando na célula) para atender diversos *takt-time*, porém, com perdas minimizadas de produtividade.

Para cada família de produtos é definida uma planilha de equilibragem dos postos, que determina as operações e os respectivos tempos de fabricação de um operador até o número máximo de operadores na célula (geralmente seis).

Então para cada *takt-time* definido no PDP, há uma formação de quantidade de operadores para atender este *takt-time*.

3.13.8 Dimensionamento dos Lotes Fixos de Fabricação das Referências Produzidas Internamente

Foi definido o tamanho do lote fixo de produção para todas as referências produzidas internamente através do elemento de cálculo:

$$\underline{\text{Tamanho do lote fixo} = \text{dez vezes o tempo de set-up}}$$

Por exemplo: tempo de set-up de 20 minutos => lote fixo de produção = 200 minutos, referente a 400 peças por hora = 6,7 peças por minuto x 200 minutos => tamanho do lote fixo = 1334 peças, definindo, então o tamanho do lote fixo de produção da referência.

Para definir quantos lotes fixos são necessários, divide-se o consumo diário da referência pelo lote fixo definido. Por exemplo: consumo diário = 2600 peças / 1334 (lote fixo) = 1,95 lotes = 2 lotes fixos de 1334 peças.

O lote fixo de produção dos produtos produzidos internamente será ajustado para ser sempre múltiplo da embalagem definida para a referência que será múltipla da embalagem da produção acabada.

Foram desenvolvidas as embalagens para todos os produtos utilizados na célula de montagem (produzidos internamente ou comprado de fornecedores), objetivando o provisionamento frontal dos postos de trabalho com alimentação direta do almoxarifado central para a célula de fabricação, sem estoque intermediário.

3.13.9 Dimensionamento do Estoque Mínimo de Segurança das Referências Produzidas Internamente

Para que em todos os dias se produza as principais referências (80%) em quantidades fixas para todos os dias trabalhados no mês, deve-se definir as quantidades niveladas a serem produzidas diariamente.

Define-se o estoque mínimo de segurança utilizando como elemento de cálculo a relação descrita abaixo:

1. Quantidade diária nivelada da referência
2. Tempo de *setup*
3. *Lead-time* de fabricação do produto, tempo necessário para a obtenção da primeira peça boa (tempo de percurso do início da primeira operação até o fim da última operação)
4. Tempo de enchimento do contenedor (embalagem) do produto
5. Histórico de tempo médio utilizado para conserto de molde (frequência de quebra)
6. Histórico de tempo médio utilizado para conserto de máquina (frequência de panes)
7. Cadência horária de consumo da referência x cadência horária de produção da referência

8. Fila de espera do produto para entrar novamente em produção (quando em uma mesma máquina se produz várias referências)

3.12.10 Controle no Chão de Fábrica

Na Figura 50 são mostrados o estado anterior e o estado após as melhorias do controle de chão de fábrica e da célula de montagem.

	Anterior	Atual
Programação	Ordem de Produção	Kanban
Formato	Linha	"U"
Qtde de operadores	Fixo	Variável
Capacidade de produção	Fixo	Variável
Capacitação dos operadores	Especializado	Polivalente
Abastecimento de materiais	Realizado pelo operador, a pé	Realizado pelo abastecedor com o pequeno trem
Tempo entre postos de trabalho	Desequilibrado	Equilibrado
Peças entre postos	Várias	Uma
Local de componentes na célula	Em cima da bancada, no chão, má ergonomia	No abastecedor frontal, ótima ergonomia

Figura 50 - Características da célula de montagem

Descrição dos elementos necessários:

Seqüenciador da célula (vide Figura 51): para cada célula existe um seqüenciador que define qual será a seqüência de montagem dos produtos (referências) na célula, ou

seja, é um elemento físico onde se colocam os cartões que representam a demanda do cliente.

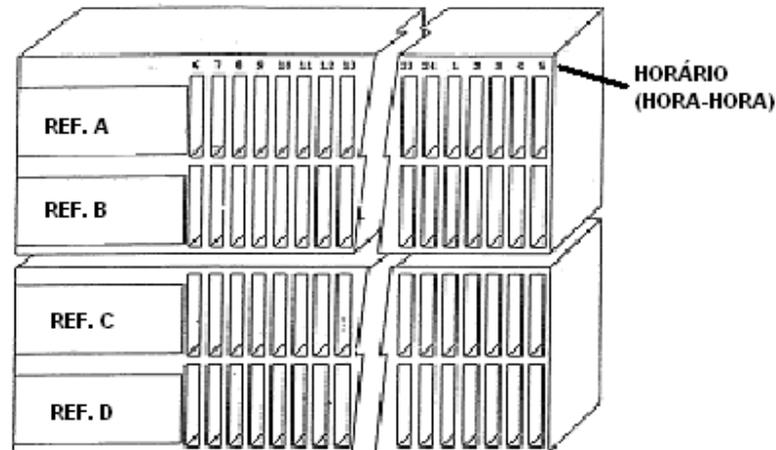


Figura 51 - Seqüenciador da célula. Fonte: Empresa estudada.

Cartão *kanban* lote fixo – Logística: cada um dos cartões que determinam as quantidades a produzir e a retirar.

Caixa de formação de lote (vide Figura 52): elemento físico com uma matriz de porta-cartões com tantas colunas quanto forem as referências produzidas na célula e um número de linhas igual ao número de cartões que constituem o lote de fabricação menos uma. Nestes se colocarão os cartões *kanban* lote fixo – Fabricação e deverá estar situado ao lado do estoque pé-de-linha.

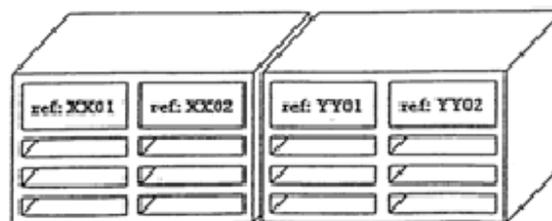


Figura 52 - Caixa de formação de lote. Fonte: Empresa estudada.

Fila de espera (vide Figura 53): elemento físico onde se pode empilhar as ordens de fabricação (lotes) assegurando-se o FIFO.

TUBO METÁLICO COM RANHURA PARA SE INTRODUIZIR AS
ORDENS DE FABRICAÇÃO SEGUINDO UM FIFO

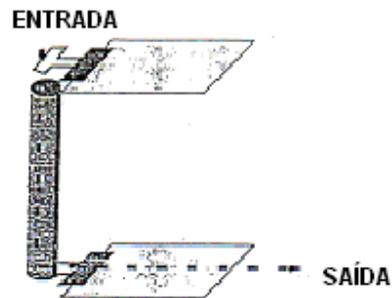


Figura 53 - Fila de espera. Fonte: Empresa estudada.

Estoque pé-de-linha (vide Figura 53): estoque físico situado ao lado do módulo de produção para sincronizar a retirada, com a fabricação de lotes. Sua dimensão será proporcional ao lote de fabricação mais as incidências da linha.

3.13.11 Funcionamento

Através da Figura 54 é possível visualizar de uma forma geral o funcionamento do sistema. Todo início de semana, a Logística fixa no quadro de gestão à vista da célula de manufatura o PDP semanal, que possui as informações das referências e quantidades a serem produzidas em cada dia da semana.

O programador de Logística então, com a base de dados do PDP e sobre os horários programados de embarque pela expedição dos produtos acabados para o cliente define a seqüência de montagem hora por hora, colocando os cartões kanban lote fixo – Logística no seqüenciador diariamente.

O programador de Logística organiza os cartões *kanban* lote fixo – Fabricação e os coloca na Fila de Espera da célula de montagem de acordo com o seqüenciador.

Tem-se início da montagem do produto de acordo com o primeiro lote da fila de espera.

Conforme cada container de produto acabado é preenchido, o operador do último posto coloca um cartão *kanban* de fabricação no container, assim até acabar com os cartões do lote. Os contenedores de produto acabado ficam no estoque pé de linha.

Quando o último cartão do lote é despachado, é acionado o lote seguinte da fila de espera, iniciando então o *setup* da linha para se produzir a nova referência.

O operador da expedição se dirigirá, no horário determinado pelo seqüenciador da célula, ao estoque pé de linha para a retirada do produto final.

Ao se retirar a quantidade da referência estipulado pelo seqüenciador, o operador da expedição retira os cartões *kanban* fabricação dos containeres e os coloca na caixa de formação de lote, assim como retira do seqüenciador o cartão *kanban* logística.

O lote de produto final é enviado à expedição.

Se não houver lugar na caixa de formação de lote para se colocar os cartões *kanban* fabricação, será criado um lote de fabricação com estes cartões e deve-se colocar este lote na fila de espera da célula.

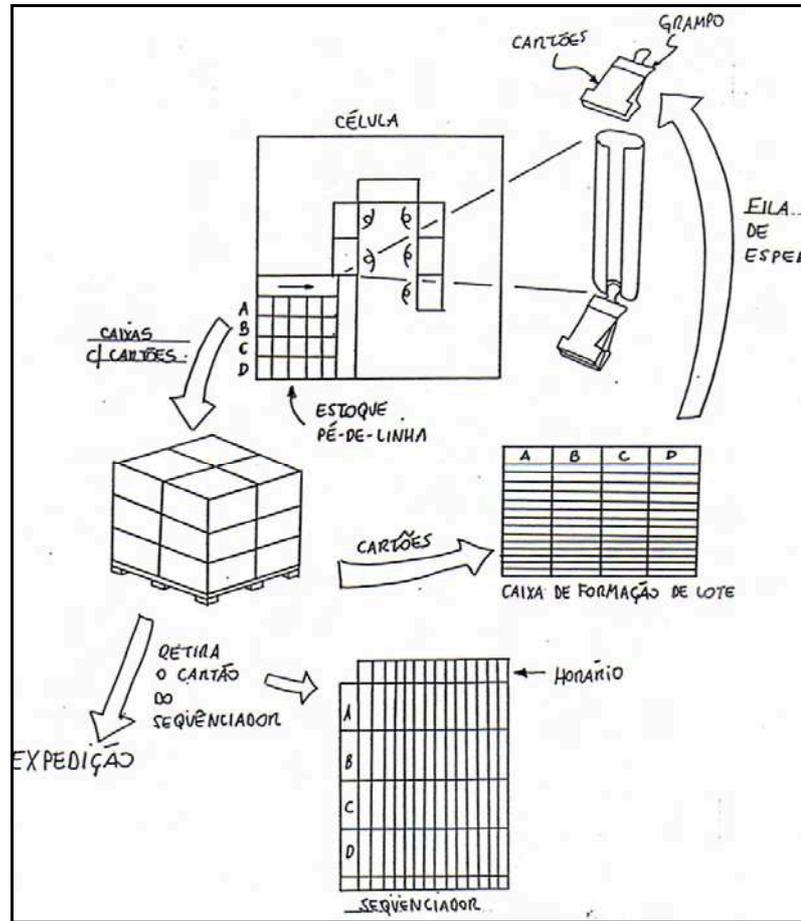


Figura 54 - Esquema de funcionamento da célula. Fonte: Empresa estudada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste Capítulo são apresentados os resultados por projeto implementado. Para cada projeto são apresentados os resultados operacionais obtidos atendendo as necessidades empresariais e posteriormente são apresentados os resultados obtidos através dos questionários respondidos pelos participantes da pesquisa, atendendo os objetivos acadêmicos.

Também é apresentado o resultado da pesquisa sobre o desempenho do coordenador do programa.

Na seqüência de cada resultado é realizada a discussão do mesmo.

4.1 Projeto de manutenção produtiva

4.1.1 Resultado operacional: Redução das horas paradas em manutenção corretiva da injetora

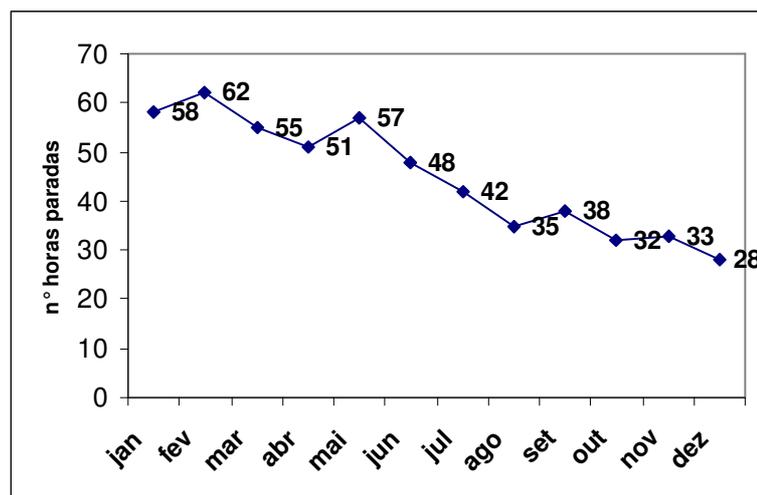


Figura 55 – Horas paradas em manutenção corretiva da injetora

Como conseqüências dos trabalhos de manutenção junto ao equipamento e instalações foi obtida uma queda significativa das paradas por quebras mais freqüentes (Figura 55). Os defeitos passaram a ser melhores identificados e corrigidos antes da ocorrência de algo mais grave. Com o aumento da eficiência da utilização do equipamento, melhor conhecimento das causas dos problemas e manutenção preventivas melhor programadas, passou a existir tempo para o refinamento do trabalho de manutenção, contribuindo para o aperfeiçoamento do sistema.

4.1.2 Dificuldades de implementação

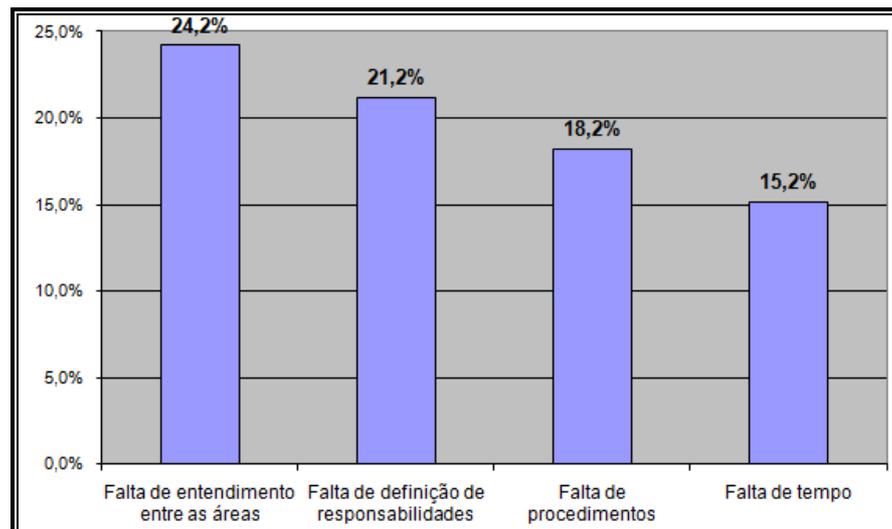


Figura 56 – Dificuldades do Projeto de manutenção produtiva

A Figura 56 apresenta as principais dificuldades de implementação do Projeto de manutenção produtiva. Alguns procedimentos mal realizados pelo pessoal de manufatura como regulagens de início de produção e *setup* tinham impactos negativos na manutenção. No início não havia uma responsabilidade compartilhada entre os setores de manutenção e manufatura. Por estes motivos as dificuldades “Falta de entendimento entre

as áreas” e “Falta de definição de responsabilidades” foram as mais citadas com 24,2% e 21,2% respectivamente.

“Falta de procedimentos” foi a terceira mais citada com 18,2%. Quando ocorria a parada por quebra do equipamento não havia um procedimento claro para acionar a manutenção e esta por sua vez, determinar as prioridades de atendimento.

Devido à excessiva carga de trabalho, “Falta de tempo” foi a quarta mais citada com 15,2%. O pessoal de manutenção não era incentivado a pensar na causa-raiz dos problemas e somente atuavam corretivamente com o intuito de colocar a máquina em funcionamento o mais rápido possível, independentemente se a solução adotada era a mais confiável, duradoura e menos onerosa ou não. Foi difícil colocar a mentalidade de se fazer bem-feito um serviço logo na primeira vez, mesmo se demorar um pouco mais. A ordem era fazer um “quebra-galho” e depois esperar para ver até quando aquele serviço iria agüentar.

4.1.3 Benefícios da implementação

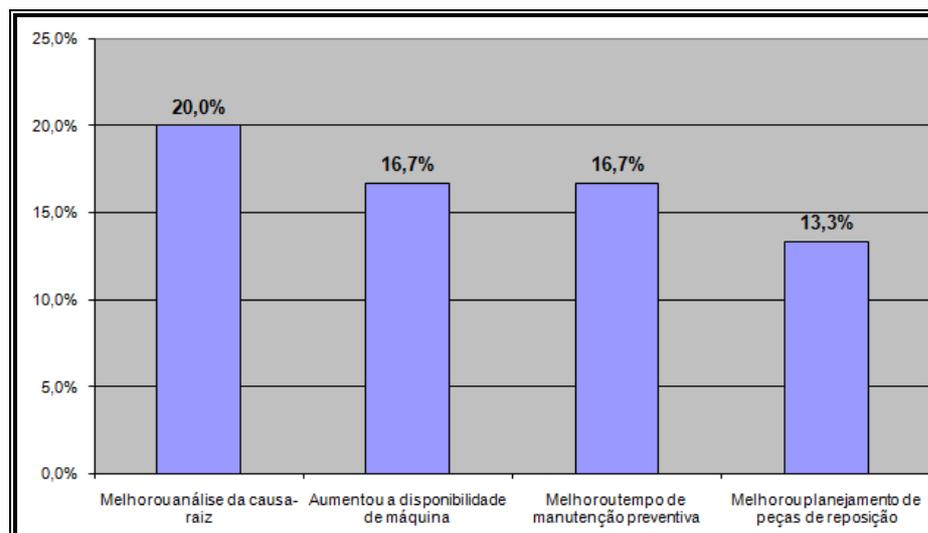


Figura 57 – Benefícios do Projeto de manutenção produtiva

A Figura 57 apresenta os principais benefícios do Projeto de manutenção produtiva. O principal benefício “Melhorou a análise da causa raiz” com 20,0% foi devido a introdução desta análise no formulário de manutenção corretiva.

Em segundo lugar “Aumentou a disponibilidade de máquina” com 16,7%, foi percebido pelos usuários que com a diminuição de incidências e duração das manutenções corretivas e uma manutenção preventiva melhor programada e mais rápida têm como consequência mais horas-máquinas disponíveis.

“Melhorou o tempo de manutenção preventiva” também com 16,7% e “Melhorou o planejamento de peças de reposição com 13,3% são reflexos que uma melhor análise da corretiva, a preventiva melhora por consequência.

4.1.4 Atendimento das expectativas do projeto

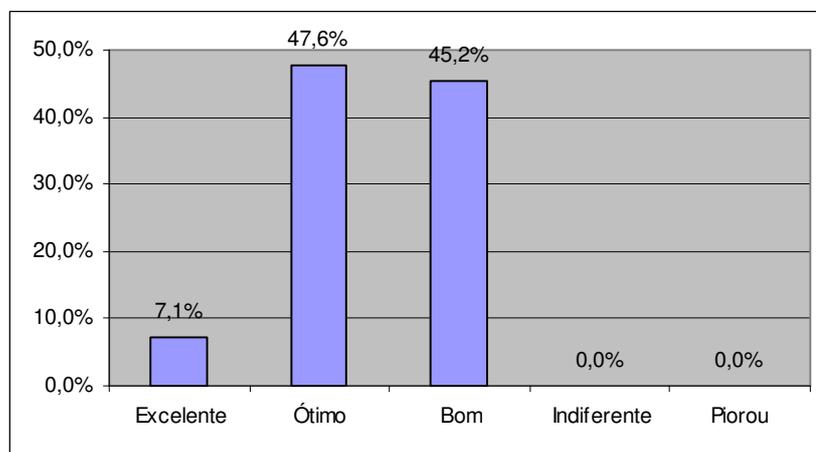


Figura 58 – Atendimento das expectativas do Projeto de manutenção produtiva

Com os resultados “Ótimo” e “Bom” somando 92,3%, pode-se afirmar que o projeto atingiu seu objetivo e refletiu na opinião dos pesquisados (Figura 58).

4.2 Projeto de qualidade

4.2.1 Resultado operacional: Redução dos índices de refugo

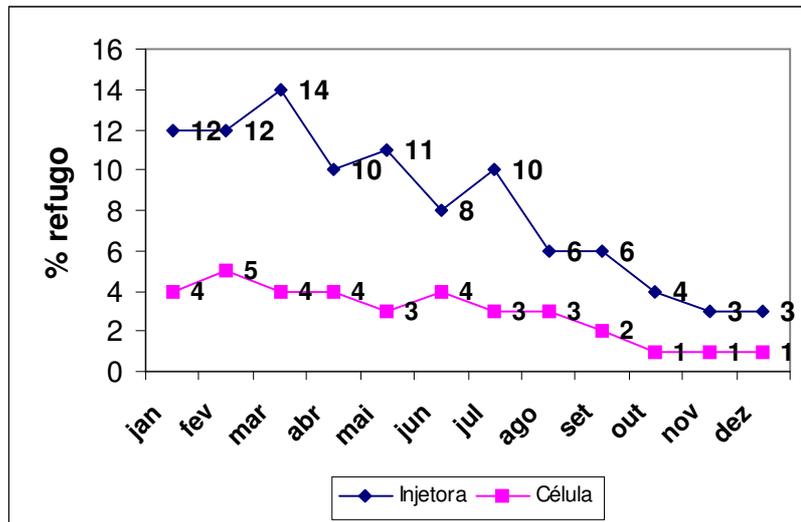


Figura 59 – Índices de refugo na injetora e na célula

Além da queda dos índices de refugo interno (Figura 59), outros benefícios foram alcançados como melhoria da qualidade no produto final no cliente, redução dos custos de inspeção e retrabalho, redução da reprogramação da produção em função de lotes reprovados, melhor atendimento ao programa de produção, melhoria da produtividade.

4.2.2 Dificuldades de implementação

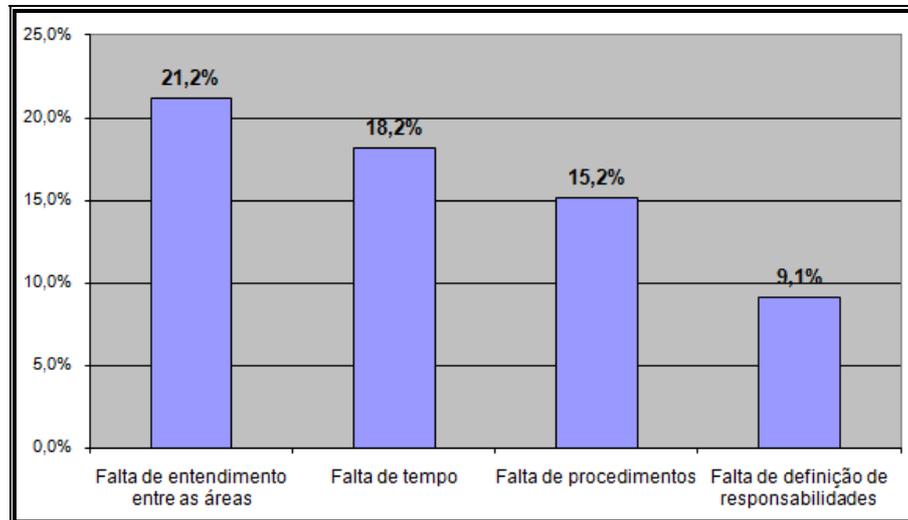


Figura 60 – Dificuldades do Projeto de qualidade

Não existia diálogo entre a Qualidade e a Manufatura, sempre que ocorria um problema, ambas as partes tinham atitude reativa e de autoproteção. O supervisor de produção delegava a responsabilidades e as ações referente a qualidade aos setores de Engenharia de Processos e Qualidade. Anteriormente os técnicos de processos respondiam ao supervisor de produção e posteriormente passaram a responder para o coordenador de métodos e processos para que eles tivessem um foco mais técnico nas resoluções de problemas sejam de qualidade, processo ou outro. Por este cenário, “Falta de entendimento entre as áreas” foi a mais citada com 21,2% (Figura 60).

Houve dificuldade em convencer o supervisor da produção a aderir firmemente no programa, pois o mesmo estava mais preocupado em atender os programas de produção sem o total comprometimento da qualidade. A carga de trabalho do pessoal de produção estava muito alta e por isso “Falta de tempo” foi a segunda maior dificuldade com 18,2%.

“Falta de procedimentos” e “Falta de definição de responsabilidades” foram a terceira e quarta maiores dificuldades com 15,2 e 9,1% respectivamente. Realmente estes dois itens influenciavam negativamente e foram sanados com a aplicação do projeto.

4.2.3 Benefícios da implementação

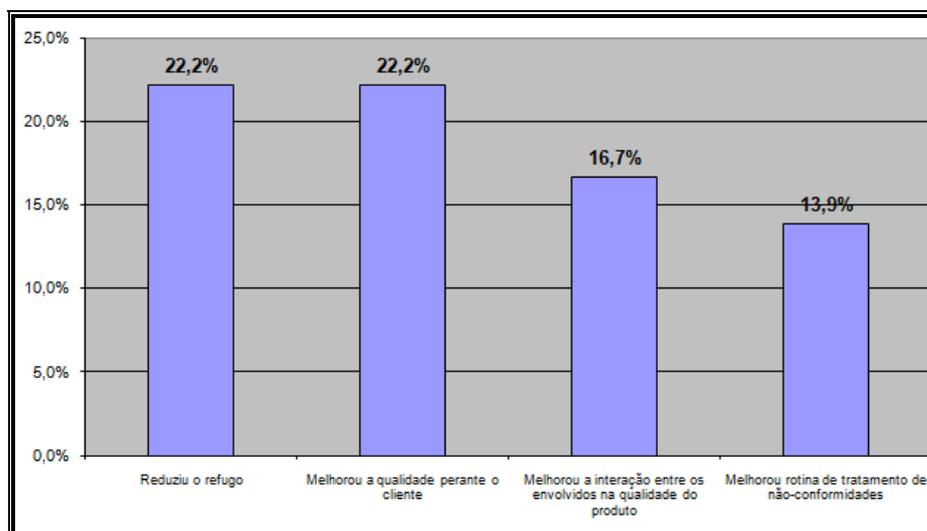


Figura 61 – Benefícios do Projeto de qualidade

Os benefícios “Reduziu o refugo” e “Melhorou a qualidade perante o cliente” aparecem em primeiro lugar com 22,2% cada (Figura 61). Refletem a eficácia do projeto juntamente com o resultado operacional.

O benefício “Melhorou a interação entre os envolvidos” com 16,7% e “Melhorou a rotina de tratamento de não-conformidades” com 13,9% refletem que a implementação do grupo de redução de refugo (formado por representantes de várias áreas) atingiram os objetivos e que também o fluxo de informações e ações se tornaram mais fáceis.

4.2.4 Atendimento das expectativas do projeto

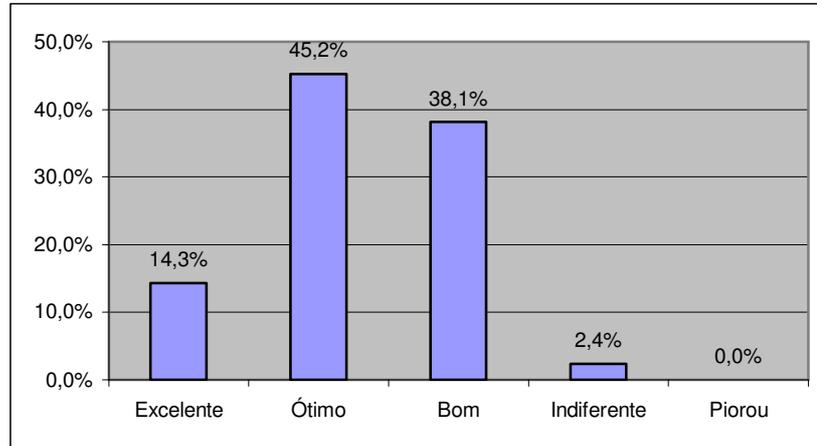


Figura 62 – Atendimento das expectativas do Projeto de qualidade

Através da Figura 62, verifica-se que o projeto atendeu plenamente as expectativas dos pesquisados. O principal reflexo foi a redução de reclamações por parte dos clientes, fato que tem um grande impacto na Empresa.

4.3 Projeto de redução do tempo de *setup* da injetora

4.3.1 Resultado operacional: Redução do tempo médio de *setup* da injetora

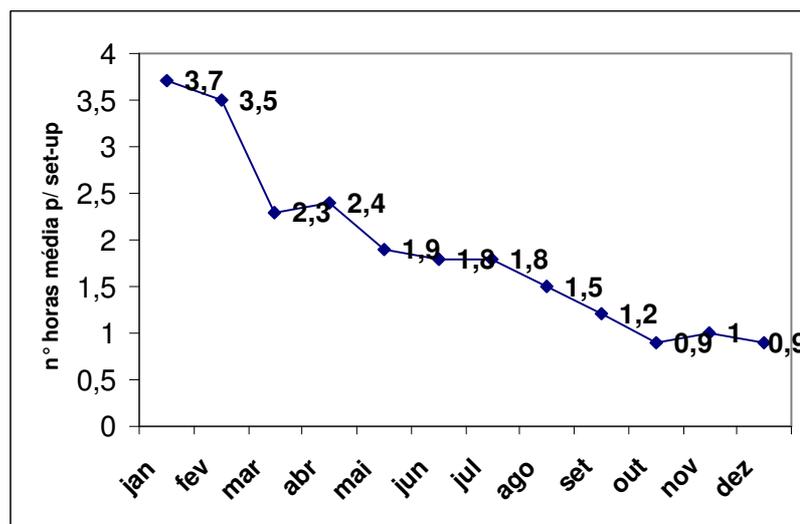


Figura 63 – Tempo médio de cada *setup* na injetora

Pode-se notar no gráfico (Figura 63) que entre os meses de fevereiro e março houve uma queda brusca no tempo médio de *setup*. Esta queda deve-se às ações de primeira fase (sem investimentos) onde foram realizados os estudos de separação de preparação externa da interna. Após o mês de março o índice foi diminuindo até chegar em 0,9 horas conforme as implantações das ações que requereram investimentos.

4.3.2 Dificuldades de implementação

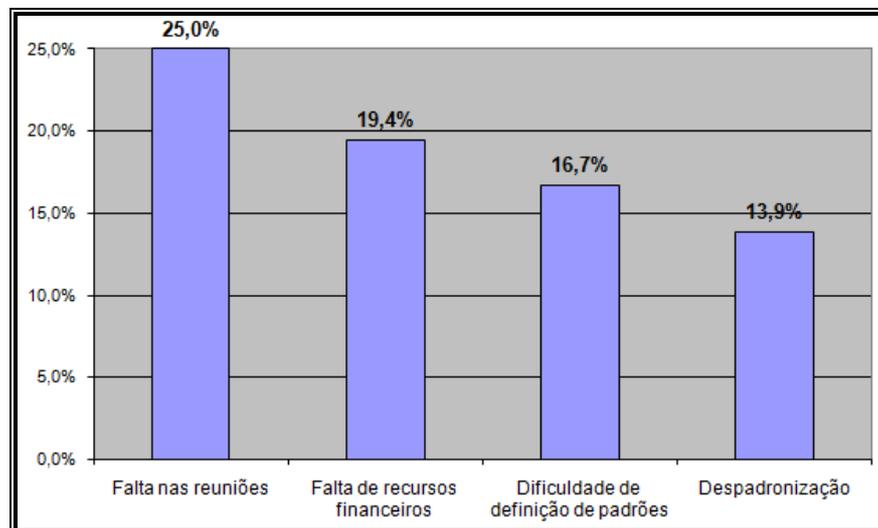


Figura 64 – Dificuldades do Projeto de redução do tempo de *setup* da injetora

A primeira dificuldade foi reunir os envolvidos nas reuniões semanais, então “Falta nas reuniões” foi a mais citada com 25,0%, conforme Figura 64. No começo sempre havia atraso de parte do time e a outra parte não vinha. O coordenador tinha de ligar para os faltantes para comparecer na reunião. Outro recurso usado foi pedir para a secretária ligar antes da reunião e lembrar os membros. Esta dificuldade somente melhorou quando os primeiros bons resultados começaram a aparecer.

A segunda dificuldade foi o levantamento e aprovação das necessidades de

verba para se adquirir os novos engates padronizados, por isso “Falta de recursos financeiros” aparece em segundo lugar com 19,4%. Após a aprovação da verba, os materiais necessários foram comprados.

A terceira maior dificuldade com 16,7% foi a definição dos padrões de engates hidráulicos e de refrigeração entre os moldes e as máquinas. Cada parte da fábrica tinha um padrão.

Outra dificuldade foi fazer com que os moldes a entrar em máquinas já padronizadas fossem padronizados também. Mais outra dificuldade foi evitar que moldes que estavam padronizados fossem despadroneados porque a máquina em que estavam programados para entrar não estavam padronizadas, então “Despadroneamento” foi a quarta maior dificuldade com 13,9%.

4.3.3 Benefícios da implementação

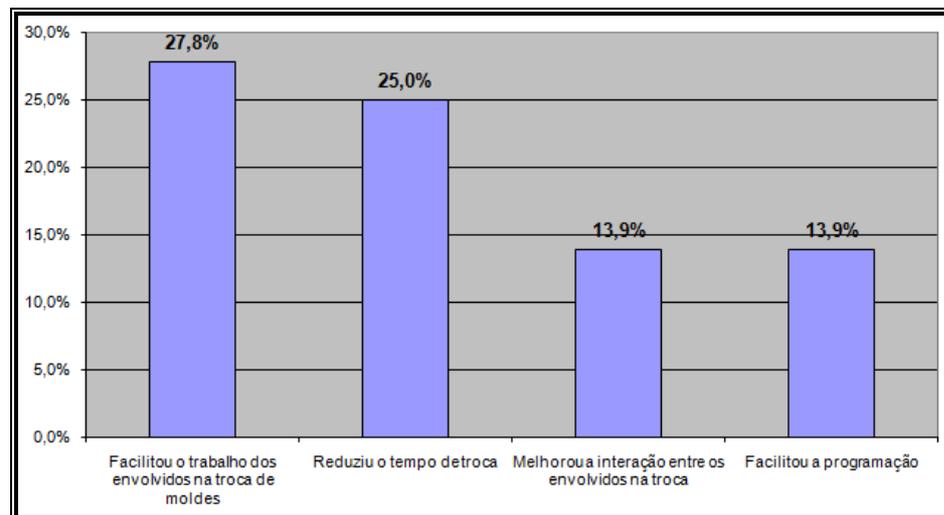


Figura 65 – Benefícios do Projeto de redução do tempo de *setup* da injetora

Devido a troca de moldes ser um trabalho que exige muito esforço físico, o benefício “Facilitou o trabalho dos envolvidos na troca de moldes” foi a mais citada com 27,8% (Figura 65).

“Reduziu o tempo de troca” com 25,0% das citações, confirma a expectativa atendida juntamente com o resultado operacional.

O projeto também melhorou a interação entre as áreas de programação, ferramentaria, manutenção e pessoal de troca de moldes, fato este que se reflete no benefício “Melhorou a interação entre os envolvidos na troca” com 13,9% das citações.

O benefício “Facilitou a programação” também foi citada com 13,9% devido o projeto ter propiciado à programação de trocas uma estabilidade no tempo gasto no *setup*.

4.3.4 Atendimento das expectativas do projeto

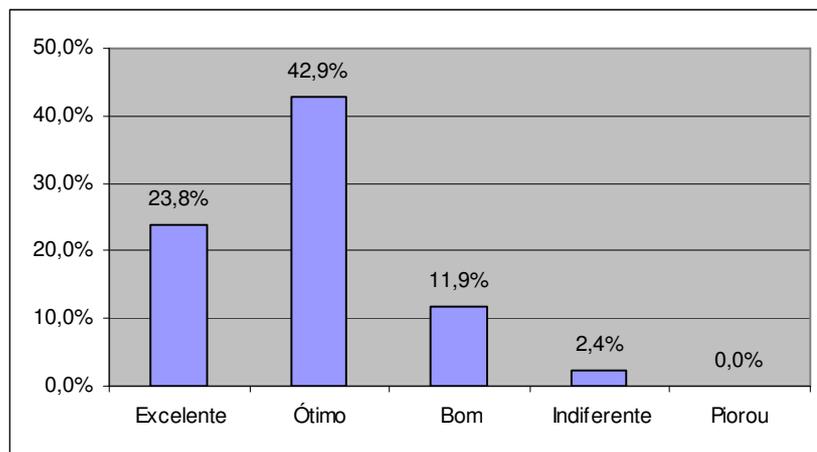


Figura 66 – Atendimento das expectativas do Projeto de redução do tempo de *setup* da injetora

Este projeto atingiu os índices de expectativas com 23,8% de “Excelente” e 42,9% de “Ótimo” (Figura 66). Estes números refletem que o trabalho teve um impacto muito grande na fábrica devido a troca de molde ser uma operação muito importante.

4.4 Projeto de alteração do leiaute de montagem

4.4.1 Resultado operacional: aumento de produtividade na montagem

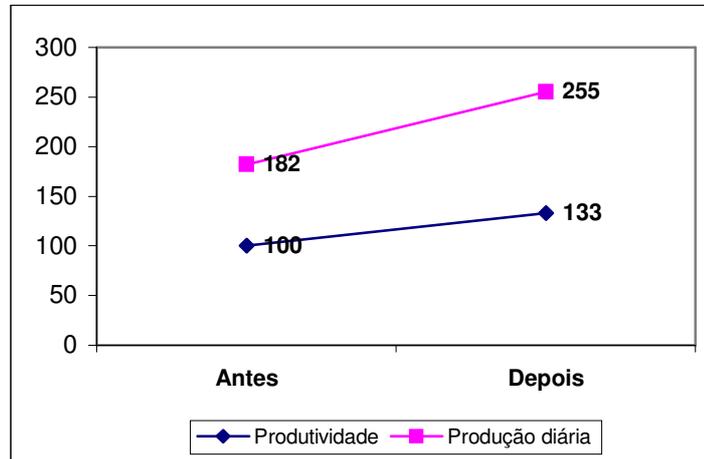


Figura 67 – Produtividade e Produção diária na montagem

Esse resultado (Figura 67) foi conseguido devido à aplicação da célula em formato de “U” onde os postos de trabalho ficaram mais próximos, a aplicação do equilíbrio dos tempos das operações e pelo fato que os operadores não precisarem mais sair da célula e parar a operação para ir buscar mais componentes no almoxarifado.

4.4.2 Resultado operacional: Redução do *lead-time* de fabricação na montagem

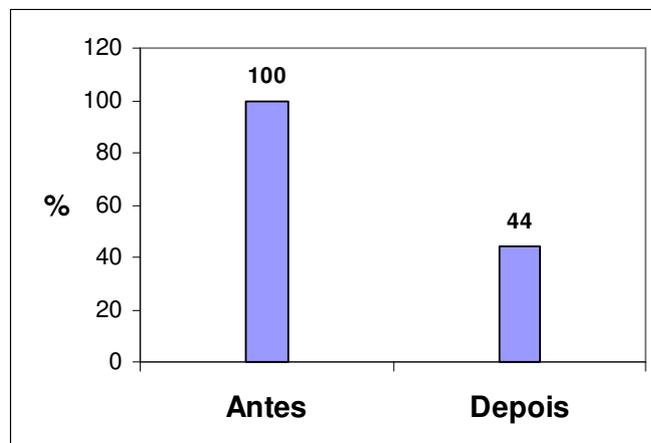


Figura 68 – *Lead-time* do produto

O *lead-time* de fabricação do produto foi reduzido (Figura 68) devido o tempo de fabricação reduzido conforme explicado no item 3.11 e também devido a não existir excesso de peças entre os postos de trabalho.

4.4.3 Resultado operacional: Redução do estoque de peças em processo

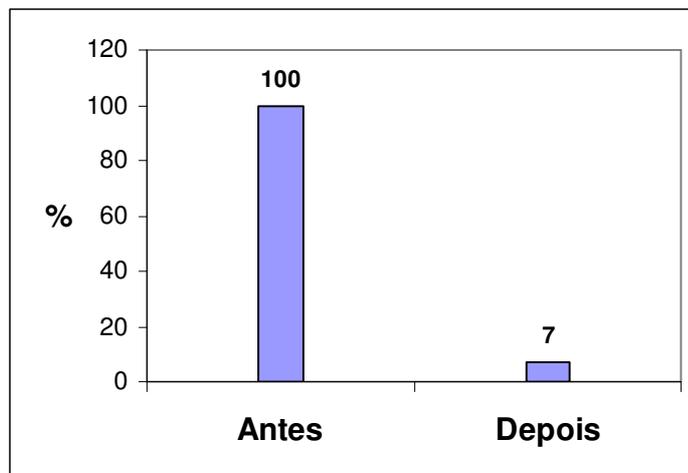


Figura 69 – Estoque de peças em processo

Os estoques em processo (peças dentro da célula de montagem) foram reduzidos (Figura 69) ao mínimo devido ao equilíbrio entre os postos de trabalho que evitou o acúmulo de peças entre eles. A regra é ficar apenas uma peça entre postos.

4.4.4 Dificuldades de implementação

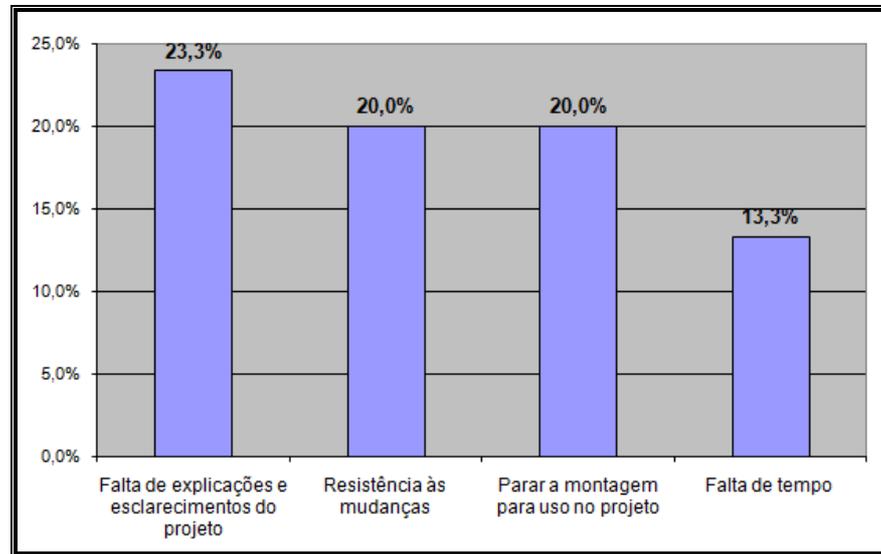


Figura 70 – Dificuldades do Projeto de alteração de leiaute da montagem

No início dos trabalhos houve certa resistência dos operadores, pois os mesmos sabiam da possibilidade de se eliminar postos de trabalho e eventual dispensa. Foi necessário envolver os operadores antes das mudanças e explicar quais os motivos e objetivos e deixado claro desde o início que ninguém será dispensado devido às mudanças. Devido a esta situação, as dificuldades “Falta de explicações e esclarecimentos do projeto” com 23,3% e “Resistência às mudanças” com 20,0% foram as maiores dificuldades (Figura 70). Como recomendação, sugere-se o início dos trabalhos de melhoria quando se tem um horizonte de aumento de produção, assim, ao invés de contratar se aproveita a mão-de-obra excedente dos programas de melhoria de produtividade.

A terceira maior dificuldade foi “Parar a montagem para uso no projeto” com 20,0%. Era necessário realizar vários testes de montagem e esta tarefa era prejudicada devido não poder parar a montagem.

4.4.5 Benefícios da implementação

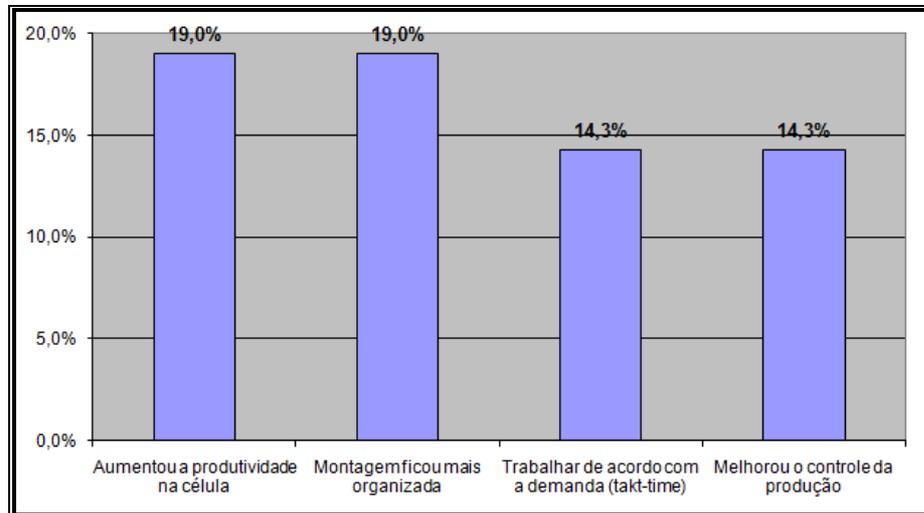


Figura 71 – Benefícios do Projeto de alteração de leiaute da montagem

Com a alteração do leiaute da montagem, obteve-se como principais benefícios “Aumentou a produtividade da célula” e “Montagem ficou mais organizada”, ambas com 19,0%, conforme Figura 71.

Em segundo lugar, também empatados, “Trabalhar de acordo com a demanda” e “Melhorou o controle da produção” com 14,3% cada.

4.4.6 Atendimento das expectativas do projeto

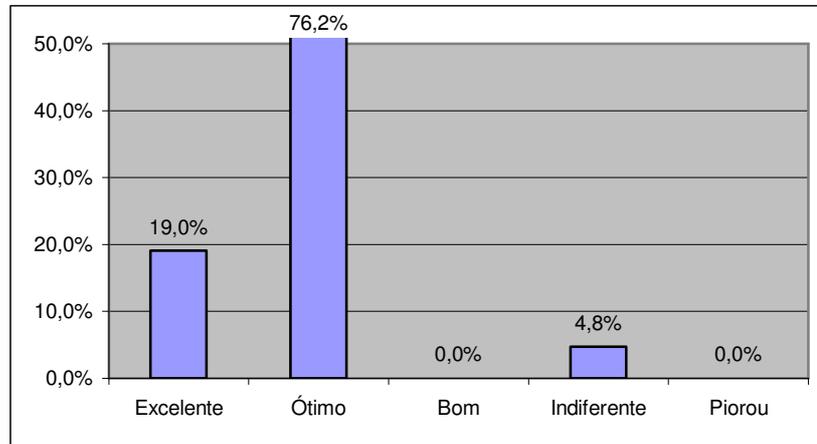


Figura 72 – Atendimento das expectativas do Projeto de alteração de leiaute da montagem

Como a área de montagem fica em local muito visível para todos na fábrica, o impacto da mudança foi grande com 19,0% de “Excelente” e 76,2% de “Ótimo” (Figura 72).

4.5 Projeto de sistema de abastecimento da montagem

4.5.1 Resultado operacional: Redução do percurso de abastecimento de materiais na montagem

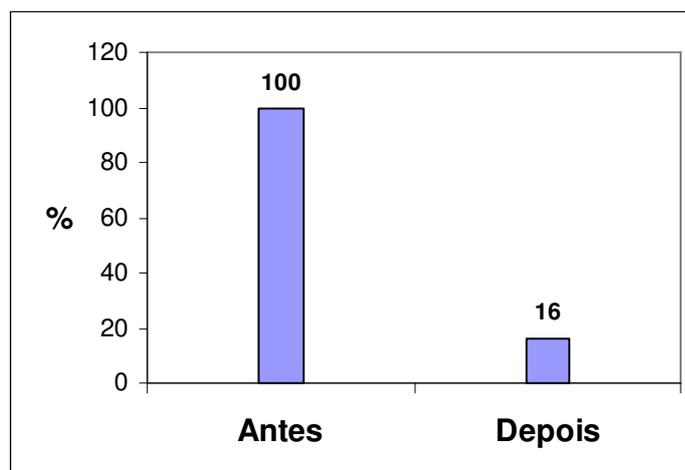


Figura 73 – Percurso para abastecimento de materiais

A introdução do abastecimento de componentes ser realizada pelo pequeno trem dirigido por um funcionário da Logística e a regra de que o operador não pode sair de dentro da célula para buscar materiais fez com que o percurso para abastecimento fosse reduzido (Figura 73).

4.5.2 Dificuldades de implementação

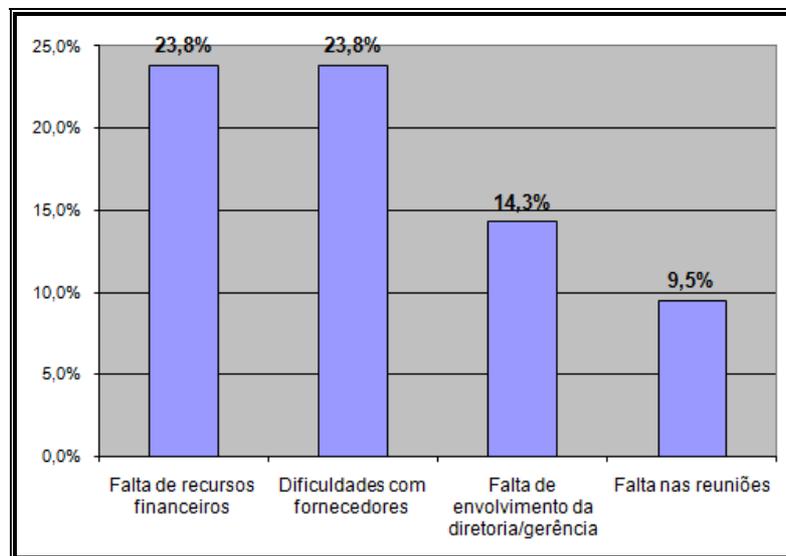


Figura 74 – Dificuldades do Projeto de sistema de abastecimento da montagem

A principal dificuldade foi justificar o investimento com os abastecedores frontais, trem, vagões, prateleiras, embalagens padronizadas. Um estudo de *pay-back* foi realizado e apresentado a Diretoria para aprovação. Esta situação se refletiu nas dificuldades “Falta de recursos financeiros” (23,8%) e “Falta de envolvimento da diretoria/gerência” (14,3%) (Figura 74).

Outra dificuldade (“Dificuldade com fornecedores” com 23,8%) foi convencer um fornecedor de componentes a entregar seus produtos na embalagem padronizada devido às adaptações que o mesmo deveria fazer em seu sistema de produção e logístico.

4.5.3 Benefícios da implementação

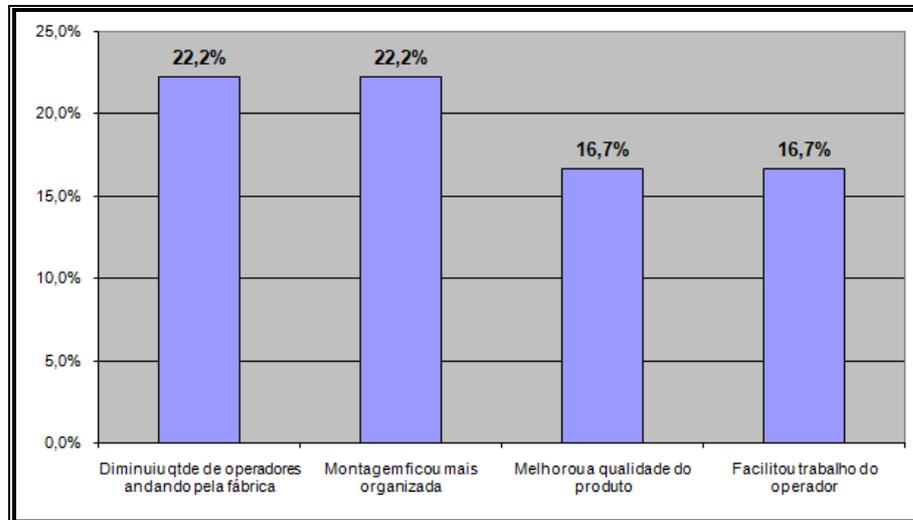


Figura 75 – Benefícios do Projeto de sistema de abastecimento da montagem

O principal benefício “Diminuiu a quantidade de operadores andando pela fábrica” com 22,2% reflete que a quantidade de operadores andando pela fábrica atrás de componentes era muito grande (Figura 75).

Também com 22,2%, “Montagem ficou mais organizada” indica que não havendo mais componentes dispersos pelas bancada a desorganização diminuiu.

“Melhorou a qualidade do produto” com 16,7% reflete que se o operador não se distrai indo buscar componentes a qualidade melhora devido a melhor concentração, além de facilitar o trabalho do operador (16,7%).

4.5.4 Atendimento das expectativas do projeto

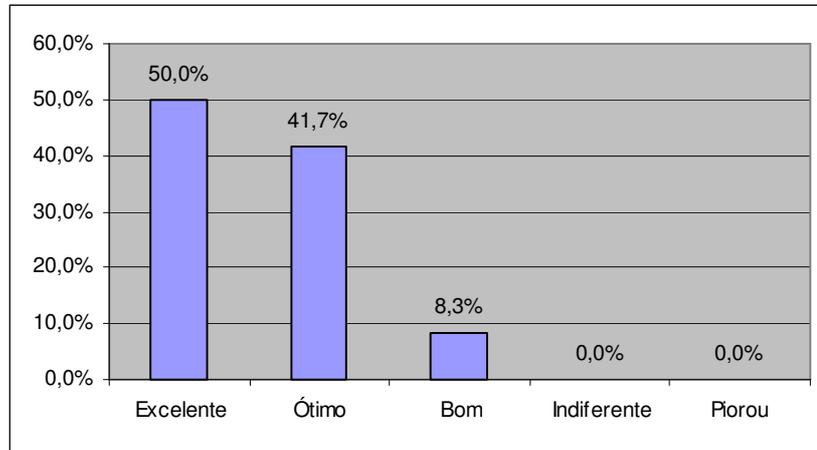


Figura 76 – Atendimento das expectativas do Projeto de sistema de abastecimento da montagem

Assim como a área de montagem, os abastecedores e o trem de abastecimento ficam em local muito visível para todos na fábrica, o impacto da mudança foi muito grande com 50,0% de “Excelente” e 41,7% de “Ótimo” (Figura 76). Devido a diminuição de pessoal circulando pelos corredores da fábrica, a sensação de organização e disciplina aumentou.

4.6 Projeto de sistema de programação e controle da montagem

4.6.1 Resultado operacional: Redução do estoque de produto acabado

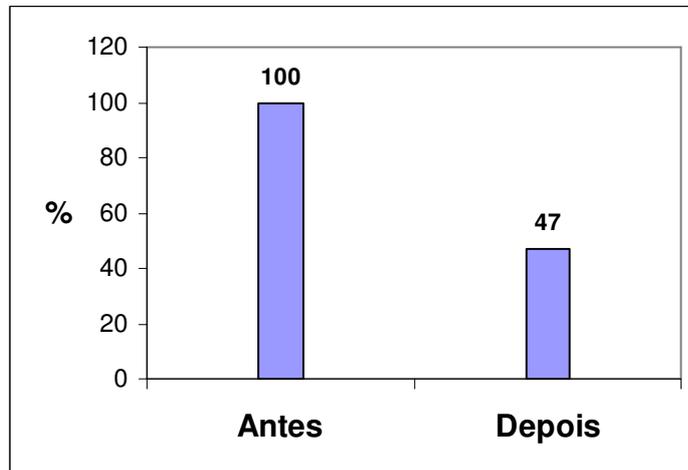


Figura 77 – Estoque de produtos acabados

O inventário de produto acabado na expedição foi reduzido (Figura 77) devido à conciliação entre a demanda e a produção através da programação MRP e do controle JIT no chão de fábrica. A flexibilidade da célula de montagem em realizar o *setup* de referência (produto a fabricar) de forma ágil e também em poder trabalhar com vários *takt-time* em função da variação da quantidade de operadores para se adequar a demanda foram também fatores importantes.

4.6.2 Dificuldades de implementação

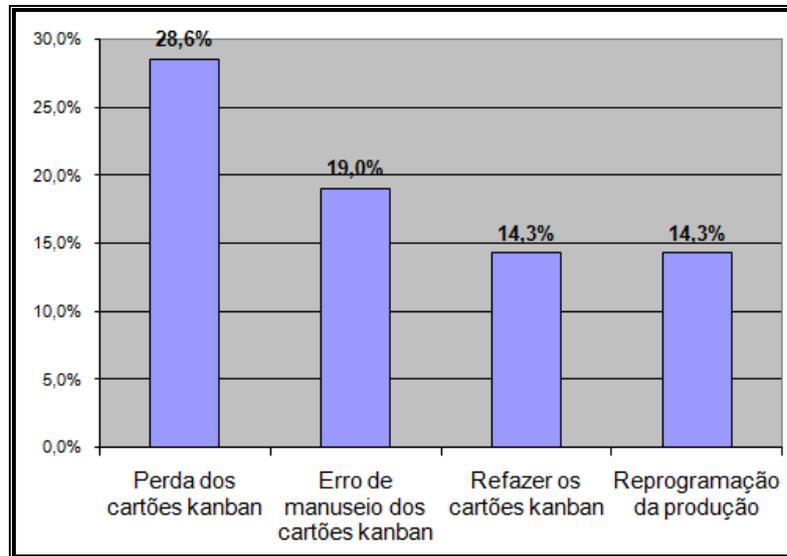


Figura 78 – Dificuldades do Projeto de sistema de programação e controle da montagem

A principal dificuldade foi a perda dos cartões *kanban* (28,6%) durante o processo (Figura 78).

“Erro de manuseio dos cartões *kanban*” com 19,0% foi o segundo maior problema. Tirar o cartão da embalagem vazia, colocar o cartão no quadro, colocar o cartão na coluna correta são exemplos de mau uso.

Semanalmente era necessário recontar e fazer inventário da quantidade de cartões pela fábrica e refazer os faltantes (“Refazer os cartões *kanban*” – 14,3%).

4.6.3 Benefícios da implementação

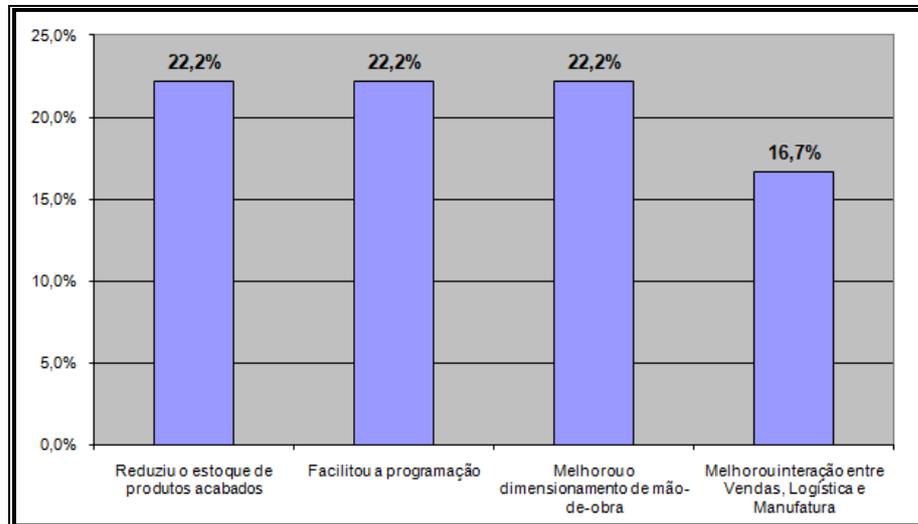


Figura 79 – Benefícios do Projeto de sistema de programação e controle da montagem

Empatados com 22,2% cada “Reduziu o estoque de produtos acabados”, “Facilitou a programação” e “Melhorou o dimensionamento de mão-de-obra” representam os três principais benefícios (Figura 79).

O Projeto também “Melhorou a interação entre Vendas, Logística e Manufatura” com 16,7%.

4.6.4 Atendimento das expectativas do projeto

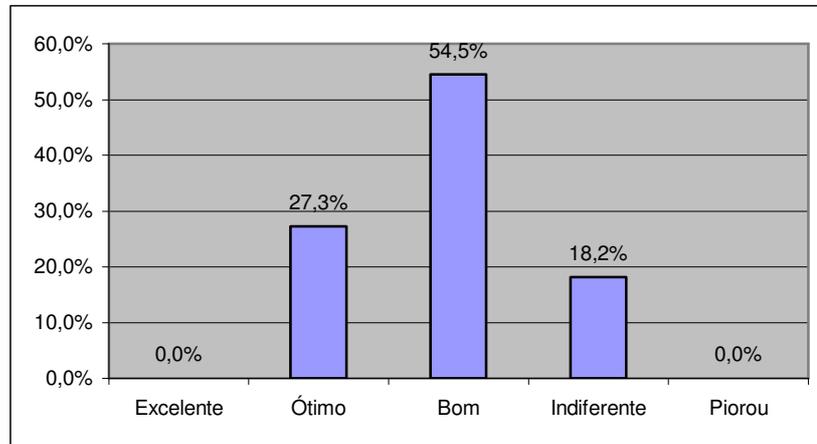


Figura 80 – Atendimento das expectativas do Projeto de sistema de programação e controle da montagem

O índice de 18,2% para “Indiferente” foi alto em relação aos outros projetos (Figura 80). Isso reflete o grau de dificuldade deste projeto e que o mesmo necessita de melhorias.

4.7 Desempenho do coordenador do programa

Pergunta: “Em sua opinião, o coordenador do programa agiu de acordo com as suas responsabilidades contribuindo para o bom andamento dos trabalhos e gerando resultados positivos para a empresa e para a equipe?”.

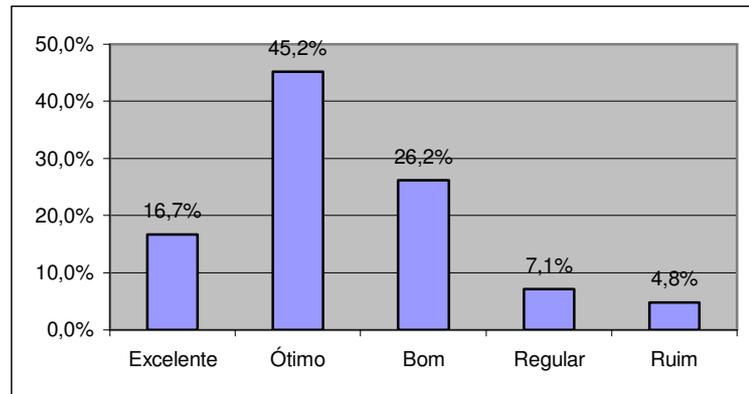


Figura 81 – Desempenho do coordenador do programa

Conforme a Figura 81, os índices refletem que o desempenho do coordenador do programa atendeu as expectativas. Definição do grupo, agendamento e coordenação de reuniões, atualização de listas de pendências, cobranças, levantamento de recursos para o projeto foram algumas das atividades do coordenador.

5. CONCLUSÕES

Neste capítulo é realizada uma análise entre os resultados obtidos em relação aos objetivos inicialmente propostos. Também são apresentadas sugestões de pesquisas futuras de forma que se possa usar o presente trabalho com ferramenta de auxílio e/ou servir de base para o aprofundamento e/ou descobrimento de outros conhecimentos relativos ao tema.

5.1 Verificação dos objetivos

5.1.1 Objetivos operacionais

Foram alcançados os seguintes objetivos operacionais:

- a) Diminuição das horas paradas em manutenção corretiva da injetora da ordem de 52%;
- b) Redução dos índices de refugo interno da ordem de 75%;
- c) Diminuição do tempo de *setup* da injetora da ordem de 75%;
- d) Aumento de produtividade na célula da ordem de 33%;
- e) Diminuição do tempo de fabricação do produto (*lead time*) da ordem de 56%;
- f) Diminuição do estoque em processo da ordem de 93%;
- g) Diminuição do percurso para abastecimento de materiais da ordem de 84%;
- h) Diminuição do estoque de produto acabado da ordem de 53%.

Embora o MRP e o JIT tenham características bem diferentes nos conceitos de planejamento e controle, pode-se afirmar que existe uma forma de conciliar estas ferramentas que em conjunto com um projeto de manufatura flexível resulta em alcançar

ganhos bastante significativos em termos de redução de estoques, diminuição do *lead-time* de entrega e aumento de produtividade.

A programação MRP voltada para o JIT traz a possibilidade de se trabalhar linearmente durante os dias do mês, ou seja, com um *takt-time* constante, fazendo com que o estoque de produtos acabados fique enxuto.

A variação de *takt-time* da célula de acordo com a demanda do cliente com perda reduzida de produtividade somente é possível com uma célula flexível, de forma que os postos de trabalhos fiquem próximos um do outro, em formato de “U” e com operadores polivalentes que possam trabalhar em qualquer um dos postos da célula. Isso também somente é possível através da divisão da operação como um todo em micro-operações e depois a junção destas em sub-operações de acordo com a quantidade de operadores. O resultado é a redução de estoques em processo e de produto acabado e a diminuição do *lead-time* de fabricação.

Se o operador pára a operação para ir buscar componentes para a sua montagem, a produtividade é prejudicada, além de poder causar problemas de qualidade devido à interrupção da atenção durante a montagem das peças. Este problema foi sanado com o abastecimento que é feito por operadores logísticos com o suporte de artifícios como o provisionador frontal e do pequeno trem que otimizam o transporte dos componentes para o ponto de uso, diminuindo assim o percurso gasto para esta tarefa.

5.1.2 Resultados da pesquisa

O objetivo específico de se avaliar as principais dificuldades para implementação dos projetos é atendido pela verificação dos gráficos das Figuras 56, 60, 64, 70, 74, 78 e suas respectivas análises descritas nas seções 4.1.2, 4.2.2, 4.3.2, 4.4.4, 4.5.2, 4.6.2.

O objetivo específico de se avaliar os principais benefícios da implementação dos projetos é atendido pela verificação dos gráficos das Figuras 57, 61, 65, 71, 75, 79 e suas respectivas análises descritas nas seções 4.1.3, 4.2.3, 4.3.3, 4.4.5, 4.5.3, 4.6.3.

O objetivo específico de se avaliar o atendimento das expectativas da implementação dos projetos é atendido pela verificação dos gráficos das Figuras 58, 62, 66, 72, 76, 80 e suas respectivas análises descritas nas seções 4.1.4, 4.2.4, 4.3.4, 4.4.6, 4.5.4, 4.6.4.

O objetivo específico de se avaliar o desempenho do coordenador da implementação dos projetos é atendido pela verificação do gráfico da Figura 81 e sua respectiva análise descrita na seção 4.7.

Deve-se iniciar o projeto em uma área piloto de modo a enxergar o sistema como um todo e de forma controlada, podendo-se realizar acertos durante a implementação e testar idéias.

Um coordenador de programa com conhecimento, organizado, planejador, mão-na-massa, com iniciativa e influente é fundamental para o sucesso da implementação, conquistando os resultados esperados através da equipe. Capacidade de coordenação eficaz e de promoção do claro entendimento sobre o escopo e os objetivos das mudanças, comunicando aos envolvidos sobre as atividades, resultados e impactos.

Os supervisores diretos devem ser os responsáveis pelas mudanças em suas áreas.

Se a alta direção somente delega e apenas realiza cobrança dos resultados ao coordenador do programa, sem o real entendimento das necessidades e implicações, as chances de insucesso aumentam.

5.2 Sugestão para trabalhos futuros

Com base nos resultados obtidos, pode-se sugerir como pesquisas futuras:

- A implementação das ferramentas de manufatura enxuta em quantidade maior de linhas de montagem e injetoras: como a presente pesquisa tratou de uma área piloto, sugere-se partir para um projeto maior observando-se as várias dificuldades de implementação indicadas e planejando ações para evitá-las.
- Um estudo mais aprofundado sobre a motivação dos colaboradores quanto à necessidade de se trabalhar em projetos fora da rotina diária, formas de preparo do ambiente a ser modificado e recompensa (moral e/ou material) de acordo com um sistema de avaliação dos membros do grupo de projeto e dos usuários do sistema recém implementado.
- Comparar a implementação da produção enxuta entre empresas nacionais e multinacionais: quais desenvolvem métodos próprios, quais usam consultorias, quais usam conceitos e métodos definidos pela matriz (no caso das multinacionais). Realizando-se uma avaliação dos diferentes tipos de dificuldades e resultados operacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, M. M.; DHAFR, N. **Establishing and improving manufacturing performance measures.** Robotic and Computer Integrated Manufacturing 18, 2002.

ALONY, I.; JONES, M. **Lean Supply Chains, JIT and Cellular Manufacturing – The Human Side.** Informing Science and Information Technology, Vol. 5, 2008.

BALLÉ, M., **Lean applications often fail to deliver the expected benefits but could the missing link for successful implementations be attitude?** IEE Manufacturing Engineer, April/May 2005.

BECKER, R. M. **Lean Manufacturing and the Toyota Production System.** Lean Management Instituut, 2005.

BHASIN, S.; BURCHER, P. **Lean viewed as a philosophy.** Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 17 Nº 1, 2006.

BLACK, J. T. **O Projeto da Fábrica com Futuro.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da Qualidade (no Estilo Japonês).** Rio de Janeiro: Bloch, 1992.

_____. **TQC: Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia-a-Dia.** Rio de Janeiro: Bloch, 1994.

COHEN, S. G., MOHRMAN, S. A. **Designing Team-Based Organizations: News forms for Knowledge Work.** San Francisco: Jossey-Bass Publishers, 1995.

CONTADOR, J. C. **Gestão de Operações.** São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

_____. **Modelo para Aumentar a Competitividade Industrial.** São Paulo: Edgard Blücher, 1996.

CORDEIRO, J. V. B. de M. **Sistema Toyota de Produção: Novo paradigma produtivo ou estratégia de operações?** XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 09 a 11 de outubro de 2007.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just in Time, MRP II e OPT.** 2ª ed. São Paulo: Atlas, 1993.

DiBELLA, A. J.; NEVIS, E. C. **Como as Organizações Aprendem.** São Paulo: Educator, 1999.

DEYER, J. H.; HATCH, N. W. **A Toyota e as redes de aprendizado**. HSM Management Nº 47, novembro-dezembro 2004.

DEMING, W. E. **Qualidade: A Revolução da Administração**. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

FREEMANTLE, D. **Superboss – O gerente bem sucedido**. São Paulo: Harbra, 1987.

FERRARI F^o., C. A.; ANTUNES F^o., J. A. V.; KLIPPEL, M. **A perspectiva do enriquecimento mútuo entre o Sistema Toyota de Produção e os Sistemas Sócio-Técnicos: o desenvolvimento de práticas semi-autônomas em célula de manufatura com o uso de elementos psicanalíticos**. XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Florianópolis, SC, Brasil, 03 a 05 de novembro de 2004.

FERREIRA, F. P., **Análise da implantação de um sistema de manufatura enxuta em uma empresa de autopeças**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2001.

FUMAGALI JR, A. J. **Implementação de Manufatura Enxuta em Ambiente de Montagem e Impacto de Variabilidades**. Dissertação de Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional. Universidade de Taubaté. Taubaté, 2004.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas. 1991.

GOLDRATT, E. M; FOX, R. E. **A Corrida pela Vantagem Competitiva**. São Paulo: IMAM, 1989.

GROSS, J. M.; MCINNIS, K. R. **Kanban Made Simple**. New York: Amacon, 2003.

GOLEMAN, D. **Textos Fundamentais**. Rio de Janeiro: Elsevier. 2007.

HALL, R. W. **Excelência na Manufatura**. São Paulo: IMAM, 1988.

HARMON, R. L; PETERSON, L. D. **Reinventando a Fábrica**. Rio de Janeiro: Campus, 1991.

HARRISON, A. **Just in time manufacturing perspective**. New Jersey: Prentice-Hall, 1992.

HIRANO, H. **5S na Prática**. São Paulo: IMAM, 1994.

HOBBS, D. P. **Lean Manufacturing Implementation: A Complete Execution Manual for Any Size Manufacturer**. Florida: J. Ross Publishing, 2004.

ISHIKAWA, K. **“TQC, Total Quality Control”: Estratégia e Administração da Qualidade**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1986.

JAPAN MANAGEMENT ASSOCIATION. **Qualidade e Produtividade no Piso de Fábrica**. São Paulo: IMAM, 1989.

JIMMERSON, C.; WEBER, D.; SOBEK II, D. K. **Reducing Waste and Errors: Piloting Lean Principles at IHC**. Journal on Quality and Safety, 06/28/2004.

JURAN, J. M. **Juran Planejando para a Qualidade**. São Paulo: Pioneira, 1990.

KONDO, Y. **Motivação Humana: Um Fator Chave para o Gerenciamento**. São Paulo: Ed. Gente, 1994.

KUME, H. **Métodos Estatísticos para Melhoria da Qualidade**. São Paulo: Gente, 1993.

LIKER, K. J.; MEIER, D. **The Toyota Way Fieldbook**. McGraw Hill, 2006.

LIKER, K. J. **O Modelo Toyota**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LODI, J. B. **História da Administração**. São Paulo: Pioneira, 1987.

LOURENÇO JR, J. **O Conceito de Produção Enxuta aplicado a uma Indústria de Manufatura Não-Seriada: Uma Proposta Metodológica de Implantação**. Dissertação de Mestrado em Administração de Empresas. Universidade de Taubaté. Taubaté, 2002.

MARTINS, G. A. **Manual para elaboração de monografias e dissertações**. São Paulo: Atlas, 1998.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 2001.

MAX, R. **Trabalho em Grupos e Autonomia como Instrumentos de Competição**. São Paulo: Atlas, 1997.

MAY, M. E. **Toyota: A Fórmula da Inovação**. Rio de Janeiro: Elsevier. 2007.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**. São Paulo, v.17, n. 1, p. 216-229, Jan./Abr. 2007.

MONDEN, Y. **Produção sem Estoques**. São Paulo: IMAM, 1984.

MOREIRA, M. P. **Times de Trabalho em Ambientes de Manufatura Enxuta: Processo e Aprendizado**. Dissertação de Mestrado Acadêmico em Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2004.

MOURA R. A., **Kanban – A Simplicidade do Controle da Produção**. São Paulo: IMAM, 1994.

NAKAGIMA, S. **Introdução ao TPM**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.

NAZARENO, R. R.; JUNQUEIRA, R. P.; RENTES, A. F. **O impacto do Sistema Lean de Desenvolvimento na estrutura organizacional da área de engenharia: um estudo de caso**. XI SIMPEP, 2004.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

POPPENDIECK, M. **Principles of Lean Thinking**. Minnesota: Poppendieck.LLC, 2002.

PRADO, C. S. **Proposta de um modelo de desenvolvimento de Produção Enxuta com utilização da ferramenta Visioneering**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. USP/SC. São Carlos, 2006.

RICO, J. H. **Estudo da Utilização de Conceitos de Produção Enxuta em Processos Administrativos: Estudo de Caso e Proposta de um Roteiro de Aplicação**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. USP/SC. São Carlos, 2007.

RIBEIRO, P. D. **Kanban – Resultados de uma Implantação Bem Sucedida**. Rio de Janeiro: COP Editora, 1989.

ROBLES JR, A. **Custos da Qualidade: Uma Estratégia para a Competição Global**. São Paulo: Atlas, 1994.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando fluxo contínuo**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002.

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

ROTONDARO, R. G.; RAMOS, A. W.; RIBEIRO, C. O.; MIYAKE, D. I.; NAKANO, D.; LAURINDO, F. J. B.; HO, L. L.; CARVALHO, M. M.; BRAZ, M. A.; BALESTRASSI, P. P. **Seis Sigma – Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços**. São Paulo: Atlas, 2002.

ROY, M. **Self-direct work teams and safety: a winning combination?** Safety Science, n° 41, 2003.

SCHONBERGER, R. J. **Técnicas Industriais Japonesas: Nove Lições Ocultas sobre a Simplicidade**. São Paulo: Pioneira, 1984.

_____. **Fabricação Classe Universal: As Lições de Simplicidade Aplicadas**. São Paulo: Pioneira, 1988.

SENGE, P. M. **The Fifth Discipline**. Doubleday, 1990.

SHAH, R.; Ward, P. T. **Lean Manufacturing: Context, Practice Bundles and Performance**. Minnesota: Carlson School of Management, 2002.

SHINGO, S. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta**. Porto Alegre: Bookman, 2000.

_____. **O Sistema Toyota de Produção – do ponto de vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

SILVA, E. L. da; MENESES, E. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação** – 3ª ed. Revista e atualizada. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

SILVA, V. C. O. **Análise de Casos de Implementação de Produção Enxuta em Empresas Brasileiras de Máquinas e Implementos Agrícolas**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. USP/SC. São Carlos, 2006.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARDLAND, C.; HARRISON, A. e JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2002.

SLACK N. **Vantagem Competitiva em Manufatura**. São Paulo: Atlas, 1993.

SPEAR, S; **Learning to Lead at Toyota**. Harvard Business Review, May 2004.

SPEAR, S; BOWEN, H. K. **Decoding the DNA of the Toyota Production System**. Harvard Business Review, september-october 1999.

STIER, K. W. **Teaching Lean manufacturing Concepts through Project-Based Learning and Simulation**. Journal of Industrial Technology, v. 19, n.4, August to October 2003.

TAYLOR, F. W. **Princípios de Administração Científica**. 8ª ed. São Paulo: Atlas, 1990.

THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. São Paulo: Atlas, 1997.

WALTON, M. **O Método Deming de Administração**. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1989.

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

WOMACK, P. J; JONES, T. J. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

YAMASHITA, H. **JOT – Just on Time**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1988.

ANEXO A – Check-list de *setup* – Preparação ExternaCHECK-LIST DE SET-UP - PREPARAÇÃO EXTERNA
ATIVIDADES REALIZADAS ANTES DE PARAR A INJETORA

Matéria-prima		OK	NA
1	Verificar se a matéria-prima está disponível e preparada (desumidificação).		
2	Verificar se será necessário material de limpeza do cilindro e transportar para perto da máquina		
3	Providenciar saco plástico para retirar o material que está no funil da máquina		

Molde a entrar		OK	NA
1	Definição do próximo molde a entrar na máquina injetora. Molde nº:		
2	Localizar ficha técnica dos parâmetros de regulagem da injetora para este molde.		
3	Verificar se o molde já produziu na máquina. Caso negativo avisar o técnico de processos para acompanhar a troca e a regulagem da injetora e fazer ficha técnica.		
4	Localizar o molde, verificar se o mesmo está disponível para a produção, se existe opção de versões do produto e se molde está montado de acordo com a versão programada para injeção.		
5	Providenciar os olhais de sustentação do molde e transportar para perto da injetora..		
6	Anel de centragem		
7	Chamar um eletricista para verificar através da tomada da câmara-quente se a mesma não possui resistências queimadas ou termopares abertos (com defeito).		
8	Verificar micro de proteção da placa extratora		

Molde a sair		OK	NA
1	Providenciar os olhais de sustentação do molde que está saindo		
2	Spray protetivo do molde		

Periféricos		OK	NA
1	Painel de câmara-quente: Localizar o(s) painel(eis) compatível(eis), transportá-los para perto da injetora, ligar o aparelho na máquina, ligar a tomada do controlador no molde, ligar o controlador e verificar se o funcionam. Se OK desconectar a tomada do molde. Se não OK acionar manutenção.		
2	Aquecedores		
3	Dispositivos de resfriamento/conformação, dispositivos de controle, dispositivos de processo, bancadas..		

Acessórios		OK	NA
1	Varão de extração		
2	Bico de Injeção		
3	Bicos de refrigeração		
4	Mangueiras de refrigeração		
5	Abraçadeiras		
6	Mangueiras para ligação de mold-master - Hidráulico		
7	Mangueiras para ligação de mold-master - Pneumático		
8	Mangueiras para acionamento hidráulico de gavetas		
9	Garras, parafusos e calços		
10	Máscara do robô		
11	Desmoldante		
12	Providenciar e se certificar que todas as ferramentas necessárias para a troca estão disponíveis e no local da troca (chaves Allen, de fenda, cano de prolongamento, maçarico, etc.)		

Embalagem e Componentes da O.F.		OK	NA
1	Verificar se os componentes e a embalagem do próximo produto está disponível e preparada (pallets, caixas, divisórias, tabuleiros, etc). Colocar ao lado da injetora.		

ANEXO B – Check-list de *setup* – Preparação InternaCHECK-LIST DE SET-UP - PREPARAÇÃO INTERNA
ATIVIDADES REALIZADAS DEPOIS DE PARAR A INJETORA

T1 = TROCADOR 1 - T2 = TROCADOR 2

	T1	T2	ATIVIDADES	OK	NA
1			Afastar o funil de matéria-prima. Quando o tempo de dosagem exceder o limite deve-se parar a máquina (Passar para o modo MANUAL)		
2			Recuar o bico de injeção e injetar fora do molde o resto de material no cilindro		
3			Esvaziar o funil de alimentação		
4			Quando necessário, deve-se retirar o bico de injeção e passar o material de limpeza (orientado pelo regulador) e colocar um bico de injeção limpo.		
5			Ajustar a temperatura do bico e do cilindro conforme FTI do molde a entrar		
6			Abrir o molde e extrair a peça		
7			Verificar se não ficou nenhum resíduo de material no interior do molde, limpar as cavidades do molde com pano úmido de thinner, aplicar o spray protetivo, fechar o molde (tomar cuidado se o molde tiver gaveta com acionamento hidráulico) e desligar bomba hidráulica		
8			Fixar trava de segurança entre as partes móvel e fixa		
9			Fechar registros de entrada e saída água		
10			Desligar os controladores de temperatura do molde		
11			Desligar o painel da câmara-quente		
12			Desconectar as tomadas do molde		
13			Desconectar mangueiras de refrigeração do molde		
14			Desconectar mangueiras do mold-master		
15			Desconectar mangueiras de gaveta hidráulica		
16			Desconectar varão de extração		
17			Colocar os olhais de sustentação no molde		
18			Encaixar gancho da ponte rolante no olhal do molde e pré-tensionar		
19			Soltar garras de fixação do molde		
20			Ligar bomba hidráulica e abrir lentamente o molde		
21			Suspender e retirar o molde da injetora		
22			Ajustar a altura de molde		
23			Suspender o molde a entrar e posicionar na placa fixa, encaixando o anel de centragem na placa da injetora		
24			Fixar molde na placa fixa da máquina		
25			Encaixar varão de extração no molde		
26			Encostar placa móvel no molde		
27			Fixar molde na placa móvel da máquina		
28			Fixar varão de extração na máquina		
29			Soltar ganchos dos olhais e afastar a ponte rolante		
30			Conectar mangueiras de refrigeração e testar vazamentos		
31			Conectar tomada de proteção da placa extratora		
32			Conectar tomada da câmara-quente		
33			Ligar painel da câmara-quente e regular as temperaturas		
34			Conectar mangueiras de mold-master		
35			Fazer programação do mold-master e testar		
36			Conectar mangueiras de gaveta hidráulica		
37			Fazer programação da gaveta hidráulica e testar		
38			Abrir o molde (tomar cuidado se o molde tiver gaveta com acionamento hidráulico)		
39			Ajustar força de fechamento		
40			Ajustar extração e abertura/fechamento do molde conf. FTI		
41			Atualizar datadores		
42			Abastecer funil		
43			Ajustar injeção conf. FTI		
44			Montar máscara no robô		
45			Injetar peças e após estabilização comparar com a peça-padrão, realizar medições se necessário		

APÊNDICE A

Questionário sobre os projetos de Manufatura Enxuta

Prezado(a) colaborador(a): Este questionário tem a finalidade de avaliar os resultados, dificuldades e benefícios da implementação dos projetos de Manufatura Enxuta e também avaliar o desempenho do coordenador do programa. Não é necessário se identificar, as respostas são confidenciais e tem finalidade de pesquisa acadêmica. Somente é necessário colocar a sua função.

Função: _____

Instruções de preenchimento:

Perguntas 1 e 2: Você deve assinalar a coluna que mais se aproxima da sua opinião. Ver exemplo abaixo:

Em sua opinião, o projeto atingiu o resultado esperado?	SIM, em nível:			NÃO	
	Alto	Médio	Baixo	Indiferente	Piorou
1.1 Cinco "S"		X			

Perguntas 3 e 4: Você deve responder objetivamente (resumindo com poucas palavras) por ordem de importância. Ver exemplo abaixo:

Cite, em sua opinião e por ordem de importância, quais foram os três principais benefícios para a implementação do projeto:	1°	2°	3°
3.1 Cinco "S"	Facilita a limpeza	Melhor a o ambiente	Elimina objetos não usados

Devolução: após responder as perguntas, verifique se não ficou nenhuma sem resposta e devolva para a pessoa que lhe entregou o questionário no máximo em 3 dias.

Preenchendo corretamente e devolvendo este questionário você está colaborando para que este conhecimento seja compartilhado e ajude no seu trabalho. **Muito obrigado!**

PERGUNTA 1					
Em sua opinião, o projeto atingiu o resultado esperado?	SIM, em nível:			NÃO	
	Alto	Médio	Baixo	Indiferente	Piorou
1.1 Cinco "S"					
1.2 Manutenção Produtiva.					
1.3 Qualidade.					
1.4 Alteração do leiaute da montagem.					
1.5 Implementação do sistema de abastecimento da célula.					
1.6 Implementação do sistema de programação e controle da célula.					

PERGUNTA 2		SIM, em nível:			NÃO	
		Excelente	Ótimo	Bom	Regular	Ruim
2	Em sua opinião, o coordenador do programa agiu de acordo com as suas responsabilidades contribuindo para o bom andamento dos trabalhos e gerando resultados positivos para a empresa e para a equipe?					

PERGUNTA 3

Cite, em sua opinião e por ordem de importância, quais foram as três principais dificuldades para a implementação do projeto:		1°	2°	3°
3.1	Cinco "S"			
3.2	Manutenção Produtiva.			
3.3	Qualidade.			
3.4	Alteração do leiaute da montagem.			
3.5	Implementação do sistema de abastecimento da célula.			
3.6	Implementação do sistema de programação e controle da célula.			

PERGUNTA 4

Cite, em sua opinião e por ordem de importância, quais foram os três principais benefícios para a implementação do projeto:		1°	2°	3°
4.1	Cinco "S"			
4.2	Manutenção Produtiva.			
4.3	Qualidade.			
4.4	Alteração do leiaute da montagem.			
4.5	Implementação do sistema de abastecimento da célula.			
4.6	Implementação do sistema de programação e controle da célula.			

Autorizo cópia total ou parcial desta obra, apenas para fins de estudo e pesquisa, sendo expressamente vedado qualquer tipo de reprodução para fins comerciais sem prévia autorização específica do autor.

MSc. Eng. Nilton M. Yamaute

Taubaté, 15 de janeiro de 2010.