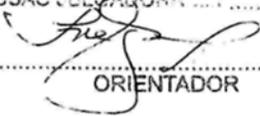


ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR Renato Azambuja
buja É APROVADA
PELA COMISSÃO JULGADORA EM 26/07/2011

ORIENTADOR

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Renato Azambuja

**“INFLUÊNCIA DO CONHECIMENTO DOS
TRABALHADORES EM SISTEMA DE MANUFATURA
ENXUTA SOBRE OS INDICADORES DE PRODUÇÃO DE
UMA EMPRESA AUTOMOBILÍSTICA”**

Campinas, 2011.

Renato Azambuja

**“INFLUÊNCIA DO CONHECIMENTO DOS
TRABALHADORES EM SISTEMA DE MANUFATURA
ENXUTA SOBRE OS INDICADORES DE PRODUÇÃO DE
UMA EMPRESA AUTOMOBILÍSTICA”**

Dissertação de mestrado profissional apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Automobilística.

Área de Concentração: Manufatura

Orientador: Prof. Dr. Iris Bento da Silva

Campinas, 2011.

SP – Brasil

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE – UNICAMP

Si38i Azambuja, Renato
Influência do conhecimento dos trabalhadores em sistema de manufatura enxuta sobre os indicadores de produção de uma empresa automobilística / Renato Azambuja. --Campinas, SP: [s.n.], 2011.

Orientador: Iris Bento da Silva.
Dissertação de Mestrado (Profissional) -
Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Produção enxuta. 2. Trabalhadores. I. Silva, Iris Bento da. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

Título em Inglês: Influence of workers's knowledge in lean manufacturing system in the production indicators from the automobile company

Palavras-chave em Inglês: Lean manufacturing, Workers

Área de concentração: Manufatura

Titulação: Mestre em Engenharia Automobilística

Banca examinadora: Olívio Novaski, Gilmar Ferreira Batalha

Data da defesa: 26-07-2011

Programa de Pós Graduação: Engenharia Mecânica

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL

**“INFLUÊNCIA DO CONHECIMENTO DOS
TRABALHADORES EM SISTEMA DE MANUFATURA
ENXUTA SOBRE OS INDICADORES DE PRODUÇÃO DE
UMA EMPRESA AUTOMOBILÍSTICA”**

Renato Azambuja
Orientador: Prof. Dr. Iris Bento da Silva

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:



Prof. Dr. Iris Bento da Silva, Presidente
UNICAMP



Prof. Dr. Olivio Novaski
UNICAMP



Prof. Dr. Gilmar Ferreira Batalha
USP-SP

Campinas, 26 de Julho de 2011.

Dedicatória

Dedico este trabalho,

À Caroline, minha amada esposa, que não hesitou em me incentivar à busca da oportunidade de um mestrado e assumiu toda a responsabilidade de cuidados aos nossos filhos nos dias em que estive ausente por motivos de viagem para estudo nestes três anos. E claro, aos meus amados filhos, João Vitor e Eduardo, que recarregavam a minha energia e motivação com todo o seu entusiasmo e alegria nas inúmeras chegadas de retorno ao aeroporto.

E aos meus pais e irmão, que com certeza estão muito orgulhosos de mim e a minha cunhada Cristina e afilhado Augusto que integram a minha considerada família.

Agradecimentos

À minha querida esposa que esteve sempre presente no apoio e no incentivo para superar este grande desafio.

Aos meus pais e ao meu irmão pelo incentivo em todos os momentos da minha vida.

Ao meu orientador, Prof^o Dr. Iris Bento da Silva, que foi participativo e me encaminhou para as melhores alternativas no desenvolvimento deste trabalho.

À Prof^a Dra Inês Joekes, com a sua ajuda para elaboração de um trabalho na estrutura correta e solicitada.

À Prof^a Dra Maria Helena Robert, que foi fonte inspiradora na busca incansável pelo conhecimento aqui documentado.

Aos professores e colegas de curso que reforçaram os ensinamentos e o meu aprendizado.

Aos meus colegas da MWM International os quais sou extremamente agradecido, pois sem a ajuda deles não poderia finalizar este desafio junto com minhas atividades profissionais na empresa.

Em especial: Leandro Brys, Alberi, Evandro, Alexandre Bottega, Ruy, Elias Fonseca, Lisiane Porto Gomes. E em especial à Elmar Malavolta, que soube compreender este período de ausência durante as sextas-feiras.

Ao grupo de colegas do Mestrado, e em especial a Laércio Nikititz, Daniel de Moraes, Carlos Antônio Meyer Machado e Francioni Pinheiro que muito mais que colegas, tornaram-se verdadeiros amigos nestes três anos de convívio semanal.

"Conhecer é um ato. A ciência pertence, portanto, ao âmbito da moral. Agir é seguir um pensamento. A moral pertence, portanto, ao campo da ciência."
(Henri Frédéric Amiel)

Resumo

Atualmente, a manufatura enxuta tem sido utilizada como um diferencial competitivo pelas indústrias automobilísticas. O objetivo deste trabalho é a aplicação das ferramentas, conceitos e metodologias do sistema de manufatura enxuta numa linha de montagem de motores diesel pelos próprios trabalhadores de chão-de-fábrica a partir da disseminação do conhecimento sobre o tema. O método pesquisa-ação será utilizado para o desenvolvimento deste estudo, a fim de se propor melhorias no ambiente produtivo por meio da aplicação dos conhecimentos adquiridos pelos trabalhadores em um sistema de manufatura enxuta, visando maior produtividade, menor custo, menor desperdício, ganho de qualidade, melhor organização, proporcionando mudanças no ambiente de trabalho que contribuam para a agregação de valor nas atividades dos trabalhadores envolvidos.

Palavras-chaves: manufatura enxuta, trabalhadores, conhecimento.

Abstract

Currently, the lean manufacturing has been used as a competitive differential for the automobile companies. The objective of this work is the application of the tools, concepts and methodologies of the lean manufacturing in a diesel engine assembly line by the proper workers through the dissemination of the knowledge about the subject. The method research-action will be used for the development of this study, in order to consider improvements in the productive environment by means of the knowledge application acquired for the workers in a lean manufacturing system, aiming at more productivity, less cost, less wastefulness, increase of quality, better organization, providing changes in the work environment that contribute for the value's aggregation in the worker's activities.

Keywords: lean manufacturing, workers, knowledge.

Lista de Figuras

Figura 1: Representação gráfica esquemática do conceito de competência.....	3
Figura 2: Estrutura do trabalho proposto	8
Figura 3: A casa do Sistema Toyota de Produção (Liker, 2006).....	14
Figura 4: Classificação do trabalho (Adaptado de Ohno, 1997)	16
Figura 5: Perdas em um sistema de valor (Adaptado de Liker, 2006).....	17
Figura 6: Fluxo Tradicional de Produção versus Fluxo Contínuo (Ohno, 1997)	31
Figura 7: Balanceamento de Operações Tradicional (Ohno, 1997)	32
Figura 8: Balanceamento de Operações na Toyota (Ohno, 1997).....	33
Figura 9: Separação entre o Homem e a Máquina (Ohno, 1997).....	36
Figura 10: Sistema Kanban - Produção puxada (Ohno, 1997).....	40
Figura 11: Sistema puxado com base em supermercado (Rother e Shook, 2003)	42
Figura 12: Exemplo de Retirada compassada de Kanban (Rother e Shook, 2003).....	43
Figura 13: Exemplo de configuração de células de produção no Sistema Toyota de Produção (Ghinato, 1999).....	45
Figura 14: Quadro <i>Heijunka</i> para nivelamento de produção (Tardin; Lima, 2000)	50
Figura 15: Estabilidade de processo (Reali, 2006)	51
Figura 16: Etapas iniciais do Mapeamento do Fluxo de Valor (Rother e Shook, 2003)	54
Figura 17: Fluxo de materiais e informações (Rother e Shook, 2003)	55
Figura 18: Ícones utilizados no mapeamento do fluxo de valor (Rother e Shook, 2003).....	56
Figura 19: Mapa do Fluxo de Valor (Rother e Shook, 2003).....	57
Figura 20: Autogerenciamento no ambiente empresarial. (Adaptado de Wellins et al., 1994)	70
Figura 21: <i>Kaizen</i> e Padronização (Ohno, 1997).....	73
Figura 22: Metodologia de pesquisa e de desenvolvimento do trabalho	79
Figura 23: Arranjo físico da linha de montagem HS com distribuição da mão-de-obra para produção de 60 motores no 1º turno de trabalho	84
Figura 24: Faixa etária dos trabalhadores do 1º turno da linha de montagem HS.....	85
Figura 25: Tempo de empresa dos trabalhadores do 1º turno da linha de montagem HS	86
Figura 26: Grau de escolaridade dos trabalhadores do 1º turno da linha de montagem HS	86
Figura 27: Detalhamento dos assuntos desenvolvidos durante treinamento sobre o STP.....	96
Figura 28: Mapeamento do fluxo de valor do modelo de motor montado na linha HS (99% do volume total de produção desta linha de montagem).....	97
Figura 29: Mapeamento do processo produtivo da linha HS por operação (posto a posto)	98
Figura 30: Mapeamento do fluxo de valor do modelo de motor montado na linha HS considerando o tempo de agregação de valor total por operação	99
Figura 31: Mapeamento do estado futuro proposto pelos pesquisados	101
Figura 32: Área total da operação 185 SM da linha de montagem de motores HS.....	103
Figura 33: Bancada de submontagem da operação 185 SM da linha de montagem de motores HS	104
Figura 34: Esteira da operação 185 SM que alimenta a linha de montagem de motores	104

Figura 35: Estoque em processo de dutos de entrada de ar na operação 185 SM	105
Figura 36: Prateleira de armazenamento de componentes da operação 185 SM	105
Figura 37: Levantamento de falhas no teste quente do motor da linha HS em 2010	108
Figura 38: Folha de Operação Padrão (FOP)	112
Figura 39: Dispositivo de montagem do conjunto eixo balanceiro do motor NGD3.0E.....	114
Figura 40: Sistema de Inspeção Visual Eletrônico da presença e posição das pontes de válvula	114
Figura 41: Redução das falhas em ppm no ano fiscal de 2010	115
Figura 42: Estrutura hierárquica do chão-de-fábrica da NUMMI. Baseada na descrição de Adler (1993).	117
Figura 43: Estrutura organizacional da Engenharia de Processo da MWM-International	118
Figura 44: Estrutura de Times de Trabalho proposta para a linha de montagem HS	119
Figura 45: Estrutura da metodologia de treinamento para a formação de trabalhadores competentes	122
Figura 46: Questão 2: “Os processos são planejados de forma a reduzir ao máximo os desperdícios (retrabalho, movimentação, estoques, sucata, transporte, etc)”	147
Figura 47: Questão 3: “Altos estoques de material em processamento e acabado são vistos como uma segurança de que não faltará matéria-prima para o processo seguinte, nem produto para o cliente”	147
Figura 48: Questão 4: “Algumas pessoas e equipamentos trabalham sobrecarregados enquanto outras apresentam ociosidade em determinados períodos da jornada de trabalho”	147
Figura 49: Questão 5: “Tenho autonomia para interromper ou desacelerar o processo quando percebo um problema que afeta a qualidade do produto”	148
Figura 50: Questão 6: “Problemas de qualidade são resolvidos no momento em que aparecem, procurando descobrir as causas fundamentais”	148
Figura 51: Questão 7: “Executo minhas tarefas conforme os padrões existentes”	148
Figura 52: Questão 8: “Participo da melhoria e incorporação de melhores práticas aos padrões existentes”	149
Figura 53: Questão 12: “Compreendo, compartilho e vivencio os valores e crenças da empresa”	149
Figura 54: Questão 13: “Recebi capacitação suficiente para entender os objetivos deste sistema e colaborar para a sua implantação e melhoria”	149
Figura 55: Questão 14: “O trabalho em equipe é uma característica forte na minha área”	150
Figura 56: Questão 16: “As decisões são tomadas por consenso, envolvendo todas as partes afetadas e analisando todas as oportunidades”	150
Figura 57: Questão 18: “As melhores práticas são padronizadas e incorporadas ao processo”	150
Figura 58: Questão 19: “Costumo contribuir com sugestões de melhorias no processo”	151
Figura 59: Questão 20: “Meus superiores valorizam minhas sugestões e me incentivam a contribuir com a melhoria contínua do processo”	151
Figura 60: Percepção do conhecimento sobre a origem do sistema Toyota de Produção	153
Figura 61: Percepção do conhecimento sobre os objetivos do sistema de manufatura enxuta	153
Figura 62: Percepção do conhecimento sobre os tipos de desperdícios da manufatura enxuta ...	153
Figura 63: Percepção do conhecimento sobre a utilização do 5S como ferramenta da manufatura enxuta	154
Figura 64: Percepção do conhecimento sobre a utilização do TPM como ferramenta da manufatura enxuta.....	154

Figura 65: Percepção do conhecimento sobre aplicação e conceito de troca rápida de ferramenta	154
Figura 66: Percepção do conhecimento sobre JIT como um dos pilares do STP.....	155
Figura 67: Percepção do conhecimento sobre <i>Jidoka</i> como um dos pilares do STP	155
Figura 68: Percepção do conhecimento sobre fluxo contínuo (takt time) na manufatura enxuta	155
Figura 69: Percepção do conhecimento sobre aplicação e conceito de poka yoke na manufatura enxuta	156
Figura 70: Percepção do conhecimento sobre conceito de <i>Kanban</i> (produção puxada) na ME ..	156
Figura 71: Percepção do conhecimento sobre <i>Shojinka</i> (flexibilização da mão-de-obra) na ME	156
Figura 72: Percepção do conhecimento sobre padronização das operações no STP.....	157
Figura 73: Percepção do conhecimento sobre conceito de Nagara (operações simultâneas de duas ou mais operações) na ME	157
Figura 74: Percepção do conhecimento sobre conceito de Heijunka (nivelamento de produção) na ME.....	157
Figura 75: Percepção do conhecimento sobre o VSM como ferramenta de diagnóstico na ME .	158
Figura 76: Percepção do conhecimento sobre aplicação de times de trabalho na ME	158
Figura 77: Percepção do conhecimento sobre aplicação de metodologia Kaizen no STP	158

Lista de Tabelas

Tabela 1: Nota calculada para cada questão da pesquisa para avaliação do nível cultural <i>lean</i>	90
Tabela 2: Notas calculadas para avaliação do grau de conhecimento dos trabalhadores em sistema de manufatura enxuta	92
Tabela 3: Princípios e capacitadores da Manufatura Enxuta – adaptado de Godinho Filho e Fernandes (2004)	142
Tabela 4: Condições desfavoráveis para implementação do sistema Kanban	143
Tabela 5: Descrição de cada operação por posto de trabalho da linha de montagem HS	144
Tabela 6: Os 14 princípios de gestão da Toyota (Liker, 2006)	145
Tabela 7: Questões da pesquisa aplicada aos trabalhadores da linha de montagem HS.....	146
Tabela 8: Questionário elaborado com base no Referencial Teórico	152
Tabela 9: Conteúdo específico do treinamento dos trabalhadores participantes do trabalho	159
Tabela 10: Detalhamento dos tempos de processamento conforme balanceamento de 60 motores por turno	160
Tabela 11: Detalhamento do estoque em processo nas operações 175, 185, 190 e 200.....	161
Tabela 12: Levantamento das falhas operacionais no teste quente de motor no ano fiscal de 2010	162
Tabela 13: Descritivo das etapas da metodologia proposta para treinamento	163

Índice

Resumo	vii
Abstract	viii
Lista de Figuras	ix
Lista de Tabelas	xii
Índice	xiii
1. Introdução	1
1.1. Contexto	1
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo Geral	3
1.2.2. Objetivos Específicos	4
1.3. Justificativa	4
1.4. Metodologia	6
1.5. Estrutura do Trabalho	7
2. Referencial Teórico	9
2.1. Origem do Sistema Toyota de Produção	9
2.1.1. A Manufatura Enxuta	12
2.1.2. Abrangência da Manufatura Enxuta	13
2.2. A eliminação de desperdícios: a essência da Manufatura Enxuta	15
2.2.1. Desperdício por Superprodução	17
2.2.2. Desperdício por Espera	18
2.2.3. Desperdício por Transporte	19
2.2.4. Desperdício no Próprio Processamento	19
2.2.5. Desperdício por Estoque	20
2.2.6. Desperdício por Movimentação	21
2.2.7. Desperdício por Fabricação de Produtos Defeituosos	22
2.2.8. Desperdício por Subutilização da Criatividade dos Empregados	22
2.3. As Ferramentas da Manufatura Enxuta	22
2.3.1. 5S	23
2.3.2. Manutenção Produtiva Total (TPM)	25
2.3.3. Troca Rápida de Ferramenta	27
2.4. Os pilares do Sistema Toyota de Produção (TPS): Just-in-Time e Jidoka	29
2.4.1. <i>Just-in-Time</i>	29
2.4.2. <i>Jidoka</i>	34
2.5. Produção Puxada (Kanban)	37
2.5.1. Conceitos Básicos	40
2.5.2. O Sistema <i>Kanban</i> da Toyota	41
2.5.3. Funcionamento e Regras	42
2.5.4. Limitações do <i>Kanban</i>	44
2.6. Shojinka (Flexibilização da mão-de-obra)	44
2.6.1. Arranjo Físico	45
2.6.2. Operadores Multifuncionais	46
2.6.3. Operações Padronizadas	46

2.7.	Nagara (Operação simultânea de duas ou mais operações)	47
2.8.	Heijunka: Nivelamento da Produção	48
2.9.	Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM)	52
2.9.1.	Mapeamento do estado atual	58
2.9.2.	Mapeamento do estado futuro	59
2.10.	Times de Trabalho	62
2.10.1.	Grupos de Trabalho Semi-Autônomos (GSA)	64
2.10.2.	Times Auto-Dirigidos	67
2.10.3.	<i>Empowered Teams</i>	68
2.11.	Kaizen – Melhoria Contínua	70
2.12.	Trabalhadores como agentes de mudança	73
3.	Metodologia de pesquisa e de desenvolvimento do trabalho	74
3.1.	Natureza da pesquisa	74
3.2.	Abordagem do problema de pesquisa	74
3.3.	Objetivos da pesquisa	75
3.4.	Procedimentos técnicos de pesquisa	76
4.	Aplicação da Metodologia na Empresa Estudada	80
4.1.	Histórico	80
4.2.	A Manufatura Enxuta dentro da empresa estudada	82
4.3.	Definição da linha de montagem escolhida para o estudo	83
4.3.1.	Arranjo físico da linha de montagem HS	83
4.3.2.	Indicadores produtivos	84
4.3.3.	Trabalhadores do chão-de-fábrica	85
4.3.4.	Avaliação do nível cultural <i>lean</i>	87
4.3.5.	Avaliação do grau de conhecimento em manufatura enxuta	91
4.3.6.	A definição dos trabalhadores participantes	93
4.4.	Treinamento dos trabalhadores envolvidos	94
4.4.1.	Conhecimentos específicos desenvolvidos	94
4.4.2.	Cronograma de Treinamento	95
4.5.	Mapeamento do Estado Atual	96
4.6.	Mapeamento do Estado Futuro	100
4.7.	Identificando oportunidades	102
4.7.1.	Oportunidade nº 01 (mapeamento do estado atual)	103
4.7.2.	Oportunidade nº 02 (dados reais de produção)	107
4.7.3.	Oportunidade nº 03 (pesquisa do grau de conhecimento)	108
4.7.4.	Oportunidade nº 04 (sugestão dos pesquisados)	109
4.8.	Melhorias propostas	110
4.8.1.	Melhorias propostas (oportunidade nº 01)	110
4.8.2.	Melhorias propostas (oportunidade nº 02)	113
4.8.3.	Melhorias propostas (oportunidade nº 03)	115
4.8.4.	Melhorias propostas (oportunidade nº 04)	121
5.	Resultados e Discussões	125
5.1.	Hipótese H1	125
5.2.	Hipótese H2	128
5.3.	Correlação entre conhecimento <i>lean</i> e mudança cultural na empresa	129
6.	Conclusões	131

6.1. Sugestão para trabalhos futuros	132
Referências	133
APÊNDICE	142

1. Introdução

1.1. Contexto

No final do século XIX e início do século XX, pensadores como Taylor, Henry Gantt, Frank e Lilian Gilbreth desenvolveram idéias e princípios de projetos de trabalho que coletivamente desenvolveram a Administração Científica (Chiavenato, 2000). A Administração Científica era baseada em métodos científicos de controle e execução de tarefas e objetivava uma maior eficiência dos trabalhadores. Esse panorama industrial foi aplicado com sucesso por Henry Ford nas linhas de montagem da *Ford Motor Company*, onde os produtos moviam-se ao longo de uma linha e eram montados por operadores repetindo uma única operação. Ford (1967) pregava, entre outras idéias, a padronização dos projetos, intercambiabilidade dos componentes e economia de tempos e movimentos. Com isso, Ford conseguiu reduzir seus custos, aumentar o volume de produção e melhorar a qualidade dos seus produtos. A variedade de produtos era limitada a ponto de surgir à idéia de “qualquer Ford Modelo T desde que seja preto”. Segundo Slack et al. (1999), este modelo de trabalho ainda é o modelo predominante de projeto de trabalho dos produtos produzidos em massa.

Com a recessão mundial gerada pelas guerras e mais tarde pela crise do petróleo de 1973, a demanda se modificou tornando-se menor do que as capacidades instaladas nas empresas. Isto ocasionou um acirramento da concorrência em muitos setores de economia. Consumidores tornaram-se mais exigentes quanto à qualidade, variedades de produtos e custo dos produtos, fatores que se tornaram “chave” para a competitividade das empresas.

Este novo modelo de demanda fez com que as empresas procurassem maneiras para garantir a competitividade a fim de assegurar a sua sobrevivência e crescimento no mercado. A necessidade de fabricação com custos reduzidos, resposta rápida as exigências do mercado e diversidade de produtos exigiu alterações na maneira de produzir das empresas. Essas características foram buscadas na maneira de produzir da empresa japonesa *Toyota MotorCompany*, a qual foi chamada Sistema Toyota de Produção. Desenvolvido a partir de 1945,

porém, chamando a atenção do mercado mundial somente após a crise do petróleo (1973), quando seu crescimento superior aos demais concorrentes por três anos consecutivos promoveu sua divulgação pelos Estados Unidos e Europa no final da década de 70 (Ohno 1997).

O Sistema Toyota de Produção caracteriza-se por ser extremamente flexível (adaptável as variações de demanda), somando-se níveis elevados de qualidade e resposta rápida à demanda de mercado. Isto foi conseguido pela constante busca à identificação dos desperdícios e posterior eliminação dos mesmos. O sistema é composto por um conjunto de ações práticas desenvolvidas por seus criadores ao longo de quase 30 anos desde a criação da *Toyota Motor Company* e, segundo Antunes Júnior (1998), constituíram-se em um *benchmark* internacional dentro da indústria automobilística. Esse modelo deu início ao sistema produtivo definido como Produção Enxuta. Esse termo surgiu a partir de um estudo chamado IMVP (*International Motor Vehicle Program* – Programa Internacional de Veículos Automotores), por meio do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), sobre as técnicas de produção de automóveis das indústrias no mundo, particularmente as do Japão, em especial a Toyota (Womack et al. 2004, 4ª Edição).

Segundo Taiichi Ohno, conhecido como o pai do Sistema Toyota de Produção, desperdício é qualquer atividade humana que absorve recursos, mas não cria valor. Assim sendo, identificar valor e combater metodicamente as atividades que não criam valor (desperdícios) se faz necessário àqueles que buscam ser competitivos. O Pensamento Enxuto, base da “Manufatura Enxuta”, é uma forma de enxergar o processo de produção com enfoque na eliminação de desperdícios (Womack & Jones, 1998). A proposta é de se fazer cada vez mais com menos: menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo e menos espaço, e ao mesmo tempo, estar cada vez mais próximo do que os clientes desejam (Womack & Jones, 1998).

Para combater e eliminar os desperdícios podem ser identificadas algumas ferramentas da Manufatura Enxuta, reconhecidamente eficaz em eliminá-los.

Conhecer melhor cada uma dessas ferramentas e incorporar os conceitos e metodologias da Manufatura Enxuta não somente como um programa gerencial, mas sim como conhecimento científico dos trabalhadores ligados diretamente ao sistema produtivo, onde pode ser aplicado com o intuito de eliminar desperdícios, criar valor agregado e influenciar positivamente os indicadores da produção.

Apresentar os conceitos, mostrar um trabalho de aplicação das ferramentas, metodologias e conseqüentes resultados, por meio da disseminação dos conhecimentos em Manufatura Enxuta aos trabalhadores de chão-de-fábrica de uma linha de montagem de motores diesel: é neste contexto que este trabalho se desenvolverá.

H1: De que maneira a disseminação dos conhecimentos específicos sobre manufatura enxuta entre os trabalhadores de chão-de-fábrica pode contribuir para um sistema produtivo?

H2: A disseminação dos conhecimentos específicos sobre manufatura enxuta entre os trabalhadores de chão-de-fábrica pode influenciar na mudança cultural *lean*?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Aplicação das ferramentas, conceitos e metodologias do sistema de manufatura enxuta numa linha de montagem de motores diesel (linha HS - *High Speed*) pelos próprios trabalhadores de chão-de-fábrica a partir da disseminação do conhecimento sobre o tema.



Figura 1: Representação gráfica esquemática do conceito de competência

1.2.2. Objetivos Específicos

O presente trabalho tem o intuito de atingir os seguintes objetivos:

Avaliar o nível cultural em manufatura enxuta dos trabalhadores de chão-de-fábrica de uma linha de montagem de motores diesel;

Avaliar a percepção do grau de conhecimento dos trabalhadores mencionados anteriormente nas ferramentas, conceitos e metodologias de manufatura enxuta;

Proporcionar a disseminação dos conhecimentos específicos referente às ferramentas, conceitos e metodologias da manufatura enxuta entre os trabalhadores selecionados para o presente estudo;

Utilizar os conhecimentos específicos disseminados entre os trabalhadores para aplicação de ferramentas, conceitos e metodologias da manufatura enxuta na linha de montagem de motores diesel, objetivando identificar oportunidades de redução de desperdícios, aumento da produtividade, ganhos de qualidade e maior organização do ambiente de trabalho;

Propor melhorias para as oportunidades identificadas, bem como, executar as melhorias propostas quando possível;

Identificar os indicadores produtivos impactados pelas melhorias propostas e/ou executadas, mostrando quais os ganhos alcançados ou possíveis de serem atingidos;

Aumentar o conhecimento científico sobre o tema proposto para este trabalho.

1.3. Justificativa

O sucesso da Toyota como empresa está bem documentado. Ela possui uma merecida reputação pela excelência em qualidade, pela redução de custos e por levar ao mercado veículos

que vendem. O resultado é uma empresa altamente lucrativa em todos os sentidos. Ganhar bilhões de dólares por ano e reunir, a qualquer momento, de 30 a 50 bilhões de dólares em reservas financeiras seriam razões suficientes para convencer qualquer um de que essa empresa deve estar fazendo a coisa certa. Desde que ‘O Modelo Toyota’ chegou às prateleiras em janeiro de 2004, a Toyota continuou a quebrar recordes, ganhando mais de 10 trilhões de ienes (cerca de 10 bilhões de dólares) naquele ano e tornando-se a empresa mais lucrativa na história do Japão. Esse padrão manteve-se em 2005, com continuas quebras de recordes em lucratividade, enquanto muitas de suas concorrentes perdiam mercado e lutavam para obter lucro. Em 2005, a Toyota da América do Norte também ganhou prêmios importantes no *J.D. Power Initial Quality Award*, conquistando o primeiro lugar em 10 das 18 categorias. A Toyota foi reconhecida pela *Harbour Associates* como possuidora das plantas mais produtivas da América do Norte. Tudo isso foi realizado ao mesmo tempo em que constantemente aumentava o volume de vendas na América do Norte, em uma época em que seus concorrentes domésticos estavam perdendo volume. Mas o impacto da Toyota no mundo vai além de produzir dinheiro. Vai além até mesmo da produção de excelentes veículos que as pessoas gostam de dirigir. A Toyota tem contribuído com um novo paradigma de manufatura. A “produção enxuta”, termo cunhado em *The Machine that Changed the World* (A Máquina que Mudou o Mundo), é amplamente considerada como o próximo grande passo na evolução da manufatura além da produção em massa da Ford. (Liker&Meier, 2007).

Na tentativa das empresas automobilísticas de ocuparem essas posições de destaque no atual cenário mundial, estão as oportunidades por mudanças estruturais, principalmente no setor produtivo por meio da busca constante pela melhoria contínua de seus produtos e processos, a fim de se tornarem cada vez mais competitivas. Nessa concorrência globalizada, as empresas procuram maneiras para diminuir seus custos, melhorar a qualidade de seus produtos, aumentar a produtividade e se projetarem em novos mercados. Com estes objetivos traçados, administradores e engenheiros buscam soluções diferentes em cada nível da empresa, isto é, altos administradores preocupam-se em definir estratégias específicas para melhorar a rentabilidade e liquidez das empresas, enquanto que engenheiros de produção tentam aperfeiçoar a eficiência do sistema produtivo para atenderem aos clientes com a qualidade exigida e o mínimo de desperdício possível. Bañolas (2008) acredita que o sucesso da transformação em direção à Produção Enxuta passa pela compreensão dos fatores organizacionais e humanos da empresa, bem como de um

apurado conhecimento relacionado às práticas e ferramentas do sistema.

Para tanto, a centralização destes conhecimentos no personagem do engenheiro de produção objetivando o aperfeiçoamento dos sistemas produtivos, vai contra os fundamentos da manufatura enxuta. Portanto, os trabalhadores envolvidos diretamente com o processo produtivo necessitam de tais conhecimentos específicos para a busca das melhorias citadas e desta forma contribuir para o crescimento competitivo da empresa em que estão inseridos.

Porém, vale salientar que o Modelo Toyota possui restrições e problemas como sistema de produção incorporado as realidades do Brasil e não é perfeito, haja visto inúmeros *recalls* realizados pela Toyota nos últimos anos. Podemos citar como tais restrições e problemas: qualidade dos produtos dos seus fornecedores, localização geográfica dos seus fornecedores e condições das estradas no Brasil.

1.4. Metodologia

Considerando, conforme explicado por Silva e Menezes (2000), existe inúmeras maneiras de se classificar as pesquisas, nesta seção se demonstra de forma sucinta a natureza da pesquisa e procedimentos técnicos da mesma, uma vez que a metodologia será detalhadamente descrita mais adiante na presente dissertação.

A solução de problemas aplicando-se a teoria, geração de conhecimento para aplicação prática (Silva e Menezes, 2000), conceitua a pesquisa aplicada, que também possui a preocupação na solução de problemas locais. A natureza desta pesquisa está centrada na pesquisa aplicada.

Procedimentos técnicos de pesquisa para Silva e Menezes (2000) ou estratégia de pesquisa para Yin (2001), são divididos em: pesquisa bibliográfica, pesquisa experimental, levantamento, estudo de caso, pesquisa ex-post-facto, pesquisa participante e pesquisa-ação, onde, a partir de um dado problema, os envolvidos compõem um grupo com metas comuns e desempenham papéis diversos, na necessidade de associar pesquisa e ação para sua solução. Este

será o procedimento utilizado neste trabalho.

1.5. Estrutura do Trabalho

No capítulo 2 será exposto o referencial teórico em que se baseia este trabalho, inicia-se pela origem do Sistema Toyota de Produção, depois, define-se e conceituam-se os desperdícios identificados como a essência da manufatura enxuta e por fim se apresenta as ferramentas, conceitos e metodologias da manufatura enxuta para eliminação destes desperdícios.

No capítulo 3 a metodologia de pesquisa e desenvolvimento do trabalho será detalhada com o objetivo de justificar a sua utilização para o desenvolvimento do presente trabalho.

No capítulo 4 a empresa estudada será apresentada, bem como, em que situação o sistema de manufatura enxuta encontra-se dentro da mesma. Será realizada uma avaliação do nível cultural em manufatura enxuta e dos conhecimentos em ferramentas, conceitos e metodologias de manufatura enxuta dentre os trabalhadores de chão-de-fábrica de uma das linhas de montagem de motores diesel desta empresa.

Também neste capítulo, será aplicada a metodologia proposta deste trabalho, aperfeiçoam-se os trabalhadores selecionados nos conhecimentos específicos das ferramentas, conceitos e metodologias da manufatura enxuta. Mapeia-se o estado atual, identificam-se oportunidades de melhorias, propõem-se ações para tais oportunidades, implantam-se melhorias quando possível e se demonstram os indicadores produtivos que serão impactados.

No capítulo 5 se apresentará a análise dos resultados oriundos do presente trabalho.

No capítulo 6 se relatará as conclusões do trabalho e se apontará outras oportunidades de pesquisas.

Na Figura 2 a seguir, a estrutura do trabalho proposto é apresentada.

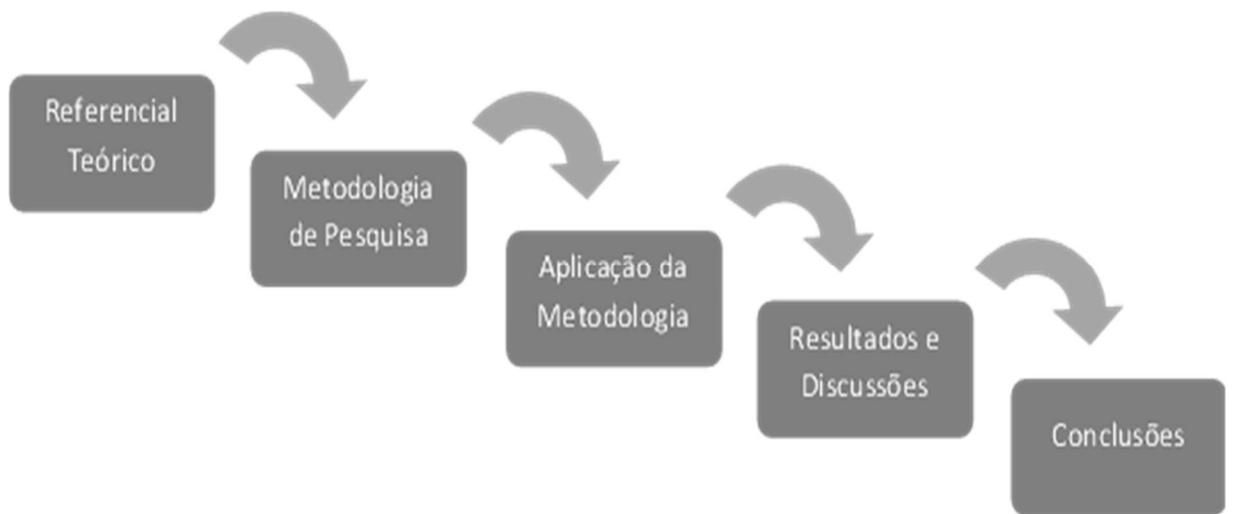


Figura 2: Estrutura do trabalho proposto

2. Referencial Teórico

No referencial teórico serão elucidados tópicos e conceitos importantes para o entendimento do sistema Toyota de produção, também conhecido como sistema de manufatura enxuta, bem como de algumas referências já publicadas de interesse ao tema.

2.1. Origem do Sistema Toyota de Produção

As origens do Sistema Toyota de Produção possuem a contribuição e o espírito empreendedor de quatro pessoas: Toyoda Sakichi¹, Toyoda Kiichiro², Ohno Taiichi³ e Shingo Shigeo⁴ (No Japão, o sobrenome vem antes do nome, em bibliografias é comum encontrar-se ao contrário).

A *Toyota Motor Company* nasceu como mais um dos empreendimentos da família Toyoda⁵, a qual iniciou seus negócios com a *Toyoda Spinning & Weaving* e a *Toyoda Automatic Loom Works Ltda* (Ghinato, 1996).

Toyoda Sakichi 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. Permaneceu na América por quatro meses e, em seu retorno ao Japão, dizia estarem, então, na era dos automóveis (Ohno, 1997).

¹ Toyoda Sakichi (1867-1930) foi o fundador dos negócios no ramo têxtil da família Toyoda. Pai de Toyoda Kiichiro e inventor do tear autoativado.

² Toyoda Kiichiro (1894-1952), industrial japonês fundador da Toyota Motor Company.

³ Ohno Taiichi foi o criador e idealizador do Sistema Toyota de Produção, ingressou na Toyota em 1943, onde ocupou a posição de vice-presidente até 1978. A partir de sua aposentadoria na Toyota, Ohno foi presidente da Toyoda Spinning e Weaving até 1990, quando faleceu.

⁴ Shingo Shigeo foi um consultor japonês renomado internacionalmente, atuante desde 1955 nas empresas Toyota, executou mais de 6000 treinamentos a funcionários da Toyota até 1986.

⁵ O sobrenome Toyoda foi mudado para “Toyota” pela divisão automotiva com fins mercadológicos. A palavra é uma leitura alternativa dos dois ideogramas com os quais é escrito o nome da família.

Em concordância com o desejo de Toyoda Sakichi, Toyoda Kiichiro entrou no ramo de automóveis e, em 1933, anunciou o objetivo de desenvolver internamente os carros de passageiros com a criação do Departamento Automobilístico na *Toyoda Automatic Loom Works Ltda.*

Em 1936, o governo japonês criou uma lei de proteção aos fabricantes domésticos de automóveis frente à concorrência externa e, em 1937, Toyoda Kiichiro funda a *Toyota Motor Company.*

Em 1942, a *Toyoda Spinning & Weaving*, empresa do ramo têxtil, fundada por Toyoda Sakichi (considerado o “pai” da *Toyota*), foi dissolvida e, um ano depois, em 1943, Taiichi Ohno foi transferido para a *Toyota Motor Company.*

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 na época, Toyoda Kiichiro, lançou o seguinte desafio: “Alcançar a América em três anos”. De outra maneira, a indústria automobilística japonesa não sobreviveria (Ohno, 1997). Ohno, então, começou a refletir sobre as dificuldades encontradas no início das atividades na *Toyota*: “(...) em 1937, quando estava trabalhando na tecelagem da *Toyoda Spinning & Weaving*, certa vez ouvi um homem dizer que um trabalhador alemão produzia três vezes mais do que um japonês. A razão entre americanos e alemães era a mesma. Isto fazia com que a razão entre força de trabalho japonesa e americana ficasse em 1 para 9 (Ohno, 1997). Isto levou Ohno a concluir que um trabalhador americano não poderia exercer dez vezes mais esforço que um trabalhador japonês e se fossem eliminadas as perdas, a produtividade poderia ser aumentada em quase dez vezes”. Esta idéia marcou o início do Sistema Toyota de Produção, onde restrições de mercado requereram a produção de pequenas quantidades de muitas variedades de itens, sob condições de baixa demanda.

Como a meta estava clara, a atividade na Toyota se mostrou focalizada e vigorosa: buscar um novo método de produção que poderia eliminar perdas e ajudar a alcançar a América em três anos. No entanto, essa meta não foi atingida em três anos. O Sistema Toyota de Produção levou mais de 20 anos para ser implementado completamente, mas o impacto foi enorme, com conseqüências positivas para a produtividade, qualidade e velocidade de resposta às demandas de mercado.

Durante este tempo, desenvolveram-se inicialmente as idéias de Operador Multifuncional, *Just-in-time* (JIT), Automação, princípios do Não-custo e a Lógica das Perdas. Posteriormente, desenvolveram-se outras várias ferramentas e técnicas, também essenciais ao bom funcionamento do Sistema Toyota de Produção. Neste período, a Toyota contou com a contribuição de Shigeo Shingo.

Em 1947, as máquinas começaram a ser arranjadas de forma que um operador trabalhasse em três ou quatro máquinas ao longo do processo (Operador Multifuncional – experiência que Ohno trouxe da indústria têxtil), o que gerou sérias resistências por parte dos trabalhadores.

Na primavera de 1950, de acordo com Wood Júnior (1992), Eiji Toyoda⁶ empreendeu uma visita de três meses às instalações da Ford em Detroit. De volta ao seu país, Toyoda e o seu especialista em produção, Taiichi Ohno, refletiram sobre o observado na Ford e concluíram que a produção em massa não poderia funcionar bem no Japão. 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 uma gama muito grande de tipos de produtos;
- A compra de tecnologia no exterior era economicamente impraticável;
- A possibilidade de exportação era remota.

Para contornar parte das dificuldades, o Ministério da Indústria e Comércio Japonês (MITI) propôs uma série de planos protegendo o mercado interno e forçando a fusão das indústrias locais.

A crise de 1973, seguida por uma recessão, afetou toda a economia japonesa, que experimentou crescimento zero, a partir de 1974. Porém, na *Toyota Motor Company*, houve crescimento nos anos de 1975, 1976 e 1977, e isto despertou o interesse sobre o sistema de produção da Toyota. Quando o crescimento rápido parou, tornou-se óbvio que a imitação do

⁶ Toyoda Eiji, engenheiro, foi presidente da *Toyota Motor Company* de 1967 a 1982. Nascido em 1913, era primo de Toyoda Kiichiro (filho do irmão de Toyoda Sackichi).

sistema tradicional de produção em massa, americano, poderia tornar-se um pouco perigosa. E a economia industrial japonesa rendeu-se, então, à lógica do JIT (Müller, 1996).

2.1.1. A Manufatura Enxuta

“O principal desafio para as indústrias no século 21 envolve a identificação e a entrega de valor a cada cliente e *stakeholder*. Ir ao encontro deste desafio requer capacidade enxuta em nível empreendedor”(Murmanet *al*, 2002).

Ferro (2002)*apud*Prado (2006) destaca ainda que a sociedade vive um momento de competitividade real causada pela eficácia das operações empresarias e não de meras e artificiais flutuações de taxas de câmbio ou ainda de vantagens passageiras. Neste contexto atual, uma das ferramentas mais fortes da indústria é a Manufatura Enxuta.

O termo *Lean Manufacturing* foi popularizado por Womack, *etal* Jones e Roos (1990). No Brasil, foi disseminado por Ferro (1992) e sendo traduzido como Manufatura ou Produção Enxuta.

Segundo Womack & Jones (2004), a Produção Enxuta pode ser resumida em cinco princípios básicos cujo objetivo é tornar as empresas mais flexíveis e capazes de responder efetivamente às necessidades dos clientes:

- Determinar precisamente o *valor* por produto específico: é o ponto de partida e deve ser definido segundo as perspectivas dos clientes finais;
- Identificar o *fluxo de valor* para cada produto: é o conjunto de todas as atividades para se levar um produto específico a passar pelas tarefas de desenvolvimento, de gerenciamento da informação e da transformação física propriamente dita;
- Fazer o *valor fluir* sem interrupções: é necessário fazer com que as etapas que criam valor fluam. Isso exige uma mudança de mentalidade. O produto e suas necessidades devem ser o foco, e não as máquinas e equipamentos. O objetivo é reduzir as atividades que não agregam valor;

- Deixar com que o cliente *puxe o valor* do produto: é fazer o que os clientes (internos ou externos) obtenham o que precisam no momento certo, permitindo que o produto seja puxado quando necessário, isso minimiza os desperdícios comumente encontrados em sistemas “empurrados”;
- Buscar a *perfeição*: fazer os quatro princípios anteriores interagirem em um círculo na eliminação dos desperdícios.

Segundo MacDonald, Aken e Rentes (2000) o sistema de manufatura enxuta reúne uma série de princípios para eliminar desperdícios durante a produção dos produtos, buscando atingir (ou até superar) as expectativas dos clientes. Suas técnicas procuram minimizar as perdas dentro da empresa, gerando produtos a um menor custo e possibilitando à organização produzir a um preço menor e sem perda de qualidade.

2.1.2. Abrangência da Manufatura Enxuta

Godinho Filho e Fernandes (2004) definem a Manufatura Enxuta como: “um modelo estratégico e integrado de gestão, direcionado a certas situações de mercado, que propõe auxiliar a empresa a alcançar determinados objetivos de desempenho”. Esses indicadores de desempenho são principalmente qualidade e produtividade. Esse modelo é composto por uma série de princípios (idéias, fundamentos, regras que norteiam a empresa) e capacitadores (ferramentas, tecnologias e metodologias utilizadas).

O agrupamento de trabalhos anteriores sobre produção enxuta por Simons e Zokaei (2005), conclui que o sucesso da Produção Enxuta resulta em uma combinação de práticas, políticas e filosofias.

Para Motwani (2003), há muitas ferramentas disponíveis para se alcançar a manufatura enxuta. Ela é o guarda-chuva sobre todos esses conceitos e, apesar de muitos deles serem implementados individualmente, o potencial completo da companhia não pode ser atingido sem a implementação de todas essas iniciativas. Assim, elas constituem sistemas fortemente integrados.

Como resultado tem-se a redução dos *lead times*, gerenciamento *just-in-time*, diminuição dos custos, fluxo contínuo de produção, melhoria na satisfação no trabalho, maior produtividade, menores inventários e maiores níveis de qualidade (Kasul; Motwaini, 1997).

Muitas dessas ferramentas estão representadas na Figura 3, que contém a estrutura do Sistema Toyota de Produção. Mas, como lembra Liker (2006), o diagrama conhecido como a casa do Sistema Toyota de Produção é a representação de um “sistema baseado em uma estrutura, não apenas um conjunto de técnicas”. Assim, cada elemento do diagrama tem sua importância, e o mais importante é como estes elementos reforçam uns aos outros.



Figura 3: A casa do Sistema Toyota de Produção(Liker, 2006)

O todo desse sofisticado sistema tem a contribuição de todas as partes, e na sua base foca o apoio e estímulo às pessoas para que continuamente melhorem os processos com que trabalham.

Liker (2006), explica que a figura começa com as metas de melhor qualidade, menor custo e menor *lead time* – representando o telhado. As duas colunas externas – *just-in-time* e *autonomação (jidoka)* sustentam as formas de atendimento dessas metas, e são considerados os pilares do Sistema Toyota de Produção.

A casa do Sistema Toyota de Produção é um modelo clássico e completo de representação da Produção Enxuta, no entanto, há alguns aspectos não evidenciados que são citados em outros trabalhos como integrantes desse paradigma. A Tabela 1 em Apêndice, com base no trabalho de Godinho Filho e Fernandes (2004), resume algumas das diversas classificações encontradas na bibliografia para os princípios mais importantes da manufatura enxuta e seus capacitores relacionados – metodologias, tecnologias e ferramentas – que não podem deixar de ser citadas. Muitos desses aspectos também estão representados na Figura 3 e evidenciados nos trabalhos de Motwani (2003) e Simons e Zokaei (2005).

2.2. A eliminação de desperdícios: a essência da Manufatura Enxuta

A essência do Sistema Toyota de Produção é a perseguição e eliminação de toda e qualquer perda. É o que na Toyota se conhece como “princípio do não-custo”.

Na Toyota, a redução dos custos através da eliminação das perdas passa por uma análise detalhada da cadeia de valor, isto é, a seqüência de processos pela qual passa o material, desde o estágio de matéria-prima até ser transformado em produto acabado. O processo sistemático de identificação e eliminação das perdas passa ainda pela análise das operações, focando na identificação dos componentes do trabalho que não adicionam valor.

Ohno (1988) define o Sistema Toyota de produção como sendo a perseguição pela absoluta eliminação de perdas.

Na Figura 4, Ohno (1997) mostra o movimento dos trabalhadores divididos em trabalhos com valor adicionado e perdas. O trabalho com valor adicionado é composto pelo trabalho líquido e pelo trabalho sem valor adicionado, este sendo considerado um tipo de perda. O trabalho líquido caracteriza-se por ser o processamento em si, isto é, por mudar a forma ou característica de um produto ou montagem. Pode-se citar como trabalho que adiciona valor como usinar, forjar, montar, soldar, pintar ou polir. O trabalho sem valor adicionado é toda a atividade necessária para o suporte ao processamento propriamente dito, como acionar o botão de partida

da máquina ou alimentar e descarregar peças da máquina. As perdas, segundo Antunes Júnior (1998), são atividades que geram custo e não adicionam nenhum valor ao produto, devendo ser eliminadas e, como exemplo, pode-se citar a fabricação de produtos defeituosos, esperas, estocagem de material em processo ou produto acabado e transporte.

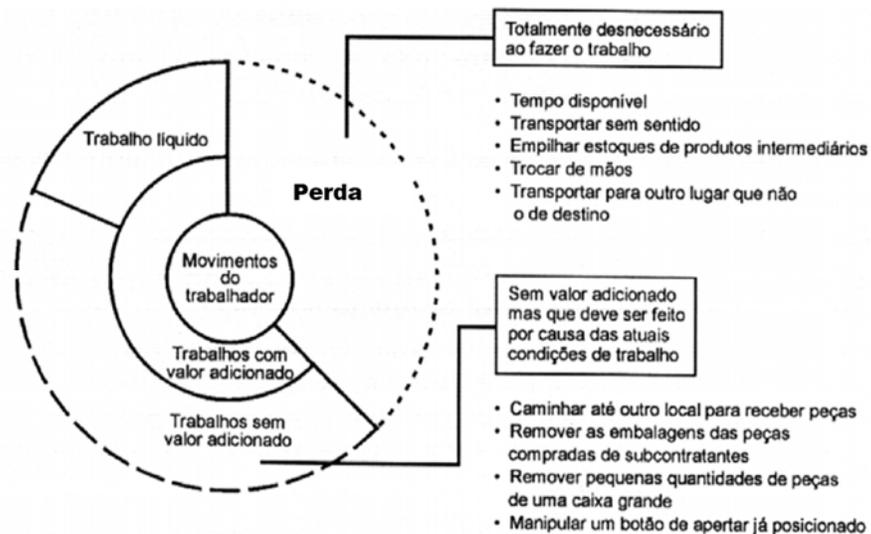


Figura 4: Classificação do trabalho (Adaptado de Ohno, 1997)

Na linguagem da engenharia industrial consagrada pela Toyota, perdas (*MUDA* em japonês) são atividades completamente desnecessárias que geram custo, não agregam valor e que, portanto, devem ser imediatamente eliminadas. Ohno, idealizador do Sistema Toyota de Produção, propôs que as perdas presentes no sistema produtivo fossem classificadas em sete grandes grupos, a saber:

- Desperdício por superprodução (quantidade e antecipada);
- Desperdício por espera;
- Desperdício por transporte;
- Desperdício no próprio processamento;
- Desperdício por estoque;
- Desperdício por movimentação;

- Desperdício por fabricação de produtos defeituosos.

Existe uma oitava categoria de desperdício proposta por Liker (2006), o desperdício da criatividade dos empregados.

Esses desperdícios podem ser visualizados na Figura 5 proposta por Liker (2006).

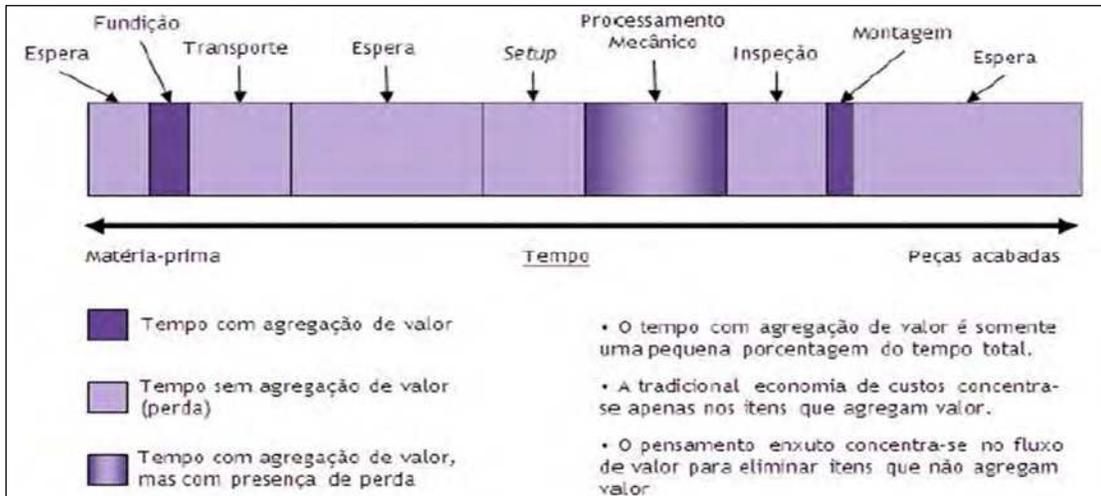


Figura 5: Perdas em um sistema de valor (Adaptado de Liker, 2006)

2.2.1. Desperdício por Superprodução

De todas os 8 desperdícios, o desperdício por superprodução é o mais danoso. Ele tem a propriedade de esconder as outras perdas e é a mais difícil de ser eliminada.

Existem dois tipos de desperdícios por superprodução:

- Desperdício por produzir demais (superprodução por quantidade);
- Desperdício por produzir antecipadamente (superprodução por antecipação).

Desperdício por Superprodução por Quantidade: é o desperdício por produzir além do volume programado ou requerido (sobram peças/produtos). Este tipo de desperdício está fora de

questão quando se aborda a superprodução no Sistema Toyota de Produção. É um tipo de desperdício inadmissível sob qualquer hipótese e está completamente superada na Toyota.

Desperdício por Superprodução por Antecipação: é o desperdício decorrente de uma produção realizada antes do momento necessário, ou seja, as peças/produtos fabricadas ficarão estocadas aguardando a ocasião de serem consumidas ou processadas por etapas posteriores. Este é o desperdício mais perseguido no Sistema Toyota de Produção, pois é a comum de ser encontrada.

2.2.2. Desperdício por Espera

O desperdício com o tempo de espera origina-se de um intervalo de tempo no qual nenhum processamento, transporte ou inspeção é executado. O lote fica “estacionado” à espera de sinal verde para seguir em frente no fluxo de produção.

Podemos destacar basicamente três tipos de desperdício por espera:

- Desperdício por Espera no Processo;
- Desperdício por Espera do Lote;
- Desperdício por Espera do Operador.

Desperdício por Espera no Processo: o lote inteiro aguarda o término da operação que está sendo executada no lote anterior, até que a máquina, dispositivos e/ou operador estejam disponíveis para o início da operação (processamento, inspeção ou transporte);

Desperdício por Espera do Lote: é a espera a que cada peça componente de um lote é submetida até que todas as peças do lote tenham sido processadas para, então, seguir para o próximo passo ou operação. Esta perda acontece, por exemplo, quando um lote de 1000 peças está sendo processado e a primeira peça, após ser processada, fica esperando as outras 999 peças passarem pela máquina para poder seguir no fluxo com o lote completo. Esta perda é imposta sucessivamente a cada uma das peças do lote. Supondo que o tempo de processamento na

máquina M seja de 10 segundos, a primeira peça foi obrigada a aguardar pelo lote todo por 2 horas e 47 minutos (999 peças x 10 segundos) desnecessariamente.

Desperdício por Espera do Operador: ociosidade gerada quando o operador é forçado a permanecer junto à máquina, de forma a acompanhar/monitorar o processamento do início ao fim, ou devido ao desbalanceamento de operações.

2.2.3. Desperdício por Transporte

O transporte é uma atividade que não agrega valor, e como tal, pode ser encarado como desperdício que deve ser minimizado. A otimização do transporte é, no limite, a sua completa eliminação. A eliminação ou redução do transporte deve ser encarada como uma das prioridades no esforço de redução de custos, pois em geral, o transporte ocupa em média 45% do tempo total de fabricação de um item, conforme Shingo (1987).

As melhorias mais significativas em termos de redução dos desperdícios por transporte são aquelas aplicadas ao processo de transporte, obtidas através de alterações do arranjo físico que dispensem ou eliminem as movimentações de material.

Somente depois de esgotadas as possibilidades de melhorias no processo é que, então, as melhorias nas operações de transporte são introduzidas. É o caso da aplicação de esteiras rolantes, transportadores aéreos, braços mecânicos, talhas, pontes rolantes, etc.

2.2.4. Desperdício no Próprio Processamento

São desperdícios que estão presentes na forma de parcelas do processamento que poderiam ser eliminadas sem afetar as características e funções do produto.

A utilização de técnicas de Engenharia e Análise de Valor (EAV) na determinação das características e funções do produto e dos métodos de fabricação a serem empregados, é extremamente recomendável como forma de otimizar o processamento (Shingo, 1981 citado por Ghinato, 1996). De acordo com Shingo (1996), o EAV é uma técnica integrante do Sistema Toyota de Produção.

O EAV questiona o custo dos produtos e dos processos através da análise do valor das funções exercidas pelas diversas partes que os compõem (Basso, 1991). A aplicação desta técnica questiona a necessidade de certas características no produto, visando simplificar a etapa de fabricação.

Podem ainda ser classificados como desperdícios no próprio processamento situações em que o desempenho do processo encontra-se aquém da condição ideal.

2.2.5. Desperdício por Estoque

É o desperdício sob a forma de estoque de matéria-prima, material em processamento e produto acabado. Uma grande barreira ao combate aos desperdícios por estoque é a “vantagem” que os estoques aliviam os problemas de sincronia entre os processos.

No Ocidente, os estoques são encarados como um “mal necessário”. O Sistema Toyota de Produção utiliza a estratégia de diminuição gradativa dos estoques intermediários como uma forma de identificar outros problemas no sistema, escondidos por trás dos estoques.

Segundo Shingo (1996), a idéia de fluxo unitário de peças é adotada na *Toyota* como forma de reduzir os estoques.

Shingo (1996), afirma que nos sistemas de produção tradicionais, os estoques são elementos necessários para amenizar o impacto de problemas no processo produtivo, tais como:

- Demandas não prevista;

- Elevado tempo de *set⁷up*;
- Problemas de paradas de máquinas para manutenção;
- Problemas de produtos defeituosos;
- Absenteísmo.

Na medida em que se diminuem os estoques entre processos, as carências e ineficiências do sistema produtivo começarão a aparecer e com elas a necessidade da eliminação dos desperdícios responsáveis pelos problemas.

2.2.6. Desperdício por Movimentação

Os desperdícios por movimentação relacionam-se aos movimentos desnecessários realizados pelos operadores na execução de uma operação. Este tipo de desperdício pode ser eliminado através de melhorias baseadas no estudo de tempos e movimentos. Tipicamente, “a introdução de melhorias como resultado do estudo dos movimentos pode reduzir os tempos de operação em 10 a 20%”, Ohno (1977).

A racionalização dos movimentos nas operações é obtida também através da mecanização de operações, transferindo para a máquina atividades manuais realizadas pelo operador. Contudo, vale alertar que a introdução de melhorias nas operações via mecanização é recomendado somente após terem sido esgotadas todas as possibilidades de melhorias na movimentação dos operários, e eventuais mudanças nas rotinas das operações.

Ohno (1997) postula que na *Toyota* existe a preocupação em “Poupar Trabalhador”, com o objetivo de dispensar o mesmo da função de observar a máquina em operação, ao invés de “Poupar Mão-de-obra”, isto é, poupar apenas o trabalho manual do operador.

⁷*Setup* no âmbito industrial significa o tempo decorrente entre a troca de um modelo de produto por outro considerando preparação e ajuste da máquina até a produção da primeira peça conforme especificação do cliente.

2.2.7. Desperdício por Fabricação de Produtos Defeituosos

O desperdício por fabricação de produtos defeituosos é o resultado da geração de produtos que apresentem alguma de suas características de qualidade fora de uma especificação ou padrão estabelecido e que por esta razão não satisfaçam a requisitos de uso. A consequência deste desperdício é o retrabalho ou sucateamento dos produtos com defeito. Segundo Ghinato (1996), dentre os sete desperdícios identificados por Ohno, este é o mais comum e visível nos processos produtivos.

No Sistema Toyota de Produção, a eliminação das perdas por fabricação de produtos defeituosos depende da aplicação sistemática de métodos de controle na fonte, ou seja, junto à causa raiz do defeito.

2.2.8. Desperdício por Subutilização da Criatividade dos Empregados

Representado pelo desperdício de tempo, idéias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem por não envolver ou ouvir os empregados – essa nova categoria de desperdício foi proposto por Liker (2006), constituindo um oitavo desperdício ainda não amplamente citado na literatura.

2.3. As Ferramentas da Manufatura Enxuta

Para combater os desperdícios, a manufatura enxuta é sustentada por sete ferramentas de ação: 5S, Manutenção Produtiva Total (*TPM*), Troca Rápida de Ferramenta, Fluxo Contínuo, Sistema de Puxar (*Kanban*), Trabalho Padrão e Sistema à Prova de Erro (*Poka Yoke*). O sistema

ainda conta com uma ferramenta de Planejamento, que é o Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Map*).

A seguir, neste capítulo, detalharemos sobre as seguintes ferramentas: 5S, Manutenção Produtiva Total (*TPM*) e Troca Rápida de Ferramenta, as demais ferramentas serão detalhadas nos capítulos seguintes pertinentes a cada assunto estudado.

2.3.1. 5S

A metodologia 5S é um conjunto de princípios e atividades que contribui para manter o alto desempenho em qualquer ambiente de trabalho. É um apoio essencial para a manufatura enxuta e para qualquer iniciativa de melhoria contínua.

A metodologia 5S surgiu formalmente no meio empresarial japonês no início da década de 50, com objetivo de melhorar as condições de trabalho das pessoas.

Esta ferramenta é composta de cinco palavras em japonês, que se iniciam com a letra “S” e que no Brasil foram procedidas pela palavra *senso* (Osada, 1992).

O 5S é uma metodologia fácil, de simples entendimento, onde as pessoas aprendem praticando. Ao mesmo tempo, é profundo, pois envolve transformações e desenvolvimento no ambiente físico e social da organização.

O objetivo principal da implantação da metodologia 5S é o aperfeiçoamento do comportamento das pessoas, envolvendo uma mudança de hábitos e atitudes, visando à melhora da qualidade do ambiente de trabalho e a eliminação de desperdícios.

Os cinco “senso” que constituem essa metodologia são:

SEIRI – Senso de Utilização: Fundamenta-se em manter no local de trabalho apenas o que você realmente precisa e usa, na quantidade certa; ou seja, utilizar os recursos disponíveis, com

bom senso e equilíbrio, evitando ociosidades e carências. Baseando-se na classificação, seleção de utensílios, materiais e equipamentos adequados para cada trabalho ou atividade.

SEITON – Senso de Ordenação: A ordenação facilita a utilização, diminuindo o tempo de busca. A proximidade entre os dois sentidos é tal que não há uma linha divisória clara entre eles sendo que, no Japão, geralmente se faz referência ao *Seiri/Seiton* como constituindo um conceito unitário.

É preciso definir o arranjo físico da área de trabalho, padronizando nomes, guardando objetos semelhantes no mesmo lugar e usando rótulos e cores vivas para identificação, é necessário padronizar e criar referências visuais para que essa prática se torne um hábito, marcando o lugar exato de cada coisa, de forma inconfundível.

SEISOU – Senso de Limpeza: Ter senso de limpeza é eliminar a sujeira ou objetos estranhos para manter limpo o ambiente (parede, armário, teto, gaveta, estante, piso, etc), bem como manter dados e informações atualizados para garantir a correta tomada de decisões.

O mais importante neste conceito não é o ato de limpar, mas o ato de não sujar. Isto significa que além de limpar é preciso identificar a fonte de sujeira e as respectivas causas, de modo a evitar que isto ocorra.

SEIKETSU: Senso de Saúde: No 5S, o senso de saúde refere-se ao estado atingido com a prática dos três S's anteriores, acrescidos de providências rotineiras e habituais em termos de higiene, segurança no trabalho e saúde pessoal. Ter senso de saúde significa criar condições favoráveis à saúde física e mental, garantir um ambiente não agressivo e livre de agentes poluentes, manter boas condições sanitárias nas áreas comuns (lavatórios, banheiros, cozinha, restaurante, etc), zelar pela higiene pessoal, e cuidar para que as informações e comunicados sejam claros, de fácil leitura e compreensão.

SHITSUKE – Senso de Autodisciplina: Segundo Silva (1992), se fosse possível desenvolver nas pessoas apenas o senso de autodisciplina, não seria necessário fazer qualquer referência ao desenvolvimento dos outros sentidos, pois a pessoa autodisciplinada toma a iniciativa

para fazer o que deve ser feito. Entretanto, a própria tecnologia de desenvolvimento da autodisciplina passa pela prática dos sentidos anteriores.

Ter senso de autodisciplina é desenvolver o ato de observar e seguir normas, regras, procedimentos, atividades, atender especificações, sejam elas escritas ou informais. Este hábito é resultado do exercício da força mental, moral e física.

Poderia ainda ser traduzido como desenvolver o “querer de fato”, “ter vontade de”, “se predispor a”. Ter este senso de autodisciplina é educar-se para a criatividade, e traçar metas e se dedicar ao máximo a fim de cumpri-las.

2.3.2. Manutenção Produtiva Total (TPM)

Conforme Corrêa e Corrêa (2004) a Manutenção Produtiva Total é uma metodologia de manutenção suportada pelo enriquecimento do trabalho, ou seja, pela busca de maior eficiência da manutenção produtiva por meio de um sistema compreensivo baseado no respeito individual e na total participação dos empregados.

Em um sistema enxuto de produção a disponibilidade de máquina é fator de fundamental importância para a redução ou eliminação dos desperdícios presentes no fluxo de valor. Associado à disponibilidade das máquinas, podemos citar os desperdícios da espera, do estoque, qualidade e superprodução. Todos são decorrentes, de uma forma ou de outra, da falta de disponibilidade das máquinas. Assim, os sistemas de manutenção dos equipamentos ganham importância fundamental para a implementação com sucesso do Sistema Toyota de Produção em qualquer tipo de fábrica. Tanto é assim, que a Manutenção Produtiva Total é um dos elementos da base da casa do Sistema Toyota de Produção.

O que a TPM tenta fazer é que este tipo de indisponibilidade inesperada, não mais aconteça, ou então, que aconteça com menor frequência. Para isso, o método padrão de manutenção, a manutenção corretiva, perde força. E ganha força os métodos de manutenção preventiva, manutenção preditiva e autônoma descrita a seguir:

Manutenção Preventiva: É o tipo de manutenção que ocorre antes mesmo de o problema ocorrer. Baseado no histórico de apresentação de falhas do equipamento, define-se a vida útil de alguns componentes, e estes são trocados antes mesmo de falhar. Deste modo, a equipe da fábrica pode se programar para fazer a parada para a troca do componente que está se aproximando do limite de sua vida útil. O problema deste tipo de estratégia é que os gastos com peças e componentes de reposição das máquinas são sempre maiores que os gastos do sistema de manutenção corretiva.

É aquela efetuada segundo critérios predefinidos com o intuito de diminuir a probabilidade de falha ou degradação de um produto ou equipamento que não podem ser detectadas antecipadamente ou se for imposta pelas exigências da produção ou segurança. E obedece a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo (Pinto, Xavier, 1998).

Manutenção Preditiva: Diferentemente da manutenção preventiva, esta estratégia de manutenção não recorre a dados históricos da vida do elemento, e sim a indícios físicos de que a vida útil dele chegou ao fim. Isso é possível com a utilização de estudos mais aprofundados de cada um dos elementos de desgaste das máquinas. Existem várias maneiras de controlar elementos de máquinas e prever quando a vida útil chegou ao fim. Os controles de vibrações, de temperatura e de ruído estão entre os mais comumente utilizados. A grande vantagem deste método para o método de manutenção preventiva é que as peças e elementos de desgaste são trocados somente quando existe a real necessidade. A vida útil da peça é mais bem aproveitada, e os custos com manutenção tendem a cair no longo prazo. A desvantagem é que os sistemas de controle geralmente custam mais caro que as peças de reposição que eles estão controlando. Os benefícios em curto prazo não compensam.

O controle preditivo de manutenção permite determinar o melhor momento de executar a manutenção preventiva num equipamento, ou seja, o ponto a partir do qual a probabilidade do equipamento falhar assume valores indesejáveis (Tavares, 1996).

Manutenção Autônoma: O sistema de manutenção autônoma é realizado pelo próprio operador da máquina, que se torna o principal responsável pelo seu bom funcionamento (Kardec & Ribeiro, 2002). Listas de verificação de pontos críticos das máquinas são elaboradas, e

afreqüência com que esses itens devem ser inspecionados é definida e colocada junto às máquinas. Os operadores então verificam no início da jornada de trabalho, cada um dos itens da lista de verificação. Caso encontrem algum problema mais sério, a equipe de manutenção é acionada. Pequenos problemas são responsabilidade do próprio operador da máquina, que deve estar treinado para resolvê-los.

Estudos comprovam que grande parte dos problemas de máquinas são causados por falta de lubrificação, ou lubrificação incorreta. Assim sendo, o primeiro passo de grande parte dos programas de manutenção autônoma é a elaboração de procedimentos de lubrificação e de controle do lubrificante. A grande vantagem deste tipo de estratégia de manutenção é o seu baixo custo e o seu elevado nível de benefício.

2.3.3. Troca Rápida de Ferramenta

A troca rápida de ferramenta é outro item da base da casa do Sistema Toyota de Produção, e embora não compartilhe o primeiro nível junto com o 5S e o TPM, é tão importante quanto os dois últimos para o combate ao desperdício presente no fluxo de valor.

O sistema de troca rápida foi desenvolvido e implementado com muito sucesso na empresa japonesa por Shingo (1987), e é elemento chave para reduzir o tamanho dos lotes de produção, criar células de produção e aumentar produtividade. É ferramenta indispensável para as indústrias que, não podendo criar linhas de produção dedicadas a um único produto, necessitam compartilhar o mesmo recurso para diversas linhas de produtos diferentes.

Shingo (1987) propõe que as atividades de troca de ferramentas possam ser divididas em:

Atividades Internas: São todas as atividades componentes da troca de ferramentas que devem ser realizadas obrigatoriamente com a máquina fora de funcionamento. Como exemplo, temos a troca das castanhas de um torno.

Atividades Externas: São todas as atividades componentes da troca de ferramentas que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento. Como exemplo, temos a busca das castanhas do torno no armário de ferramentas da máquina.

Shingo (1987) também propõe uma metodologia para a redução do tempo de troca de ferramenta, que é, de forma simplificada, o seguinte:

Separação das Atividades Internas e Externas: Todas as atividades devem ser separadas de acordo com a possibilidade de serem realizadas com a máquina parada ou com a máquina em funcionamento. Atividades que exigem máquina parada são classificadas como internas. Atividades que não exigem máquina parada são classificadas como externas.

Redução do Tempo das Atividades Externas: As atividades externas podem ser realizadas com a máquina em funcionamento, portanto não há a necessidade do operador parar o trabalho para realizar esse tipo de operação.

Transformação de Atividades Internas em Externas: Sempre que possível tentar transformar atividades internas em externas para que o tempo de trabalho da máquina seja maximizado, e o tempo de parada para o processo de troca de ferramenta seja minimizado.

Redução do Tempo das Atividades Internas: Depois de cumpridas todas as etapas anteriores, os esforços devem ser direcionados para a redução do tempo das atividades internas. Esta fase costuma ser a mais custosa, e em muitos casos ela não chega a ser implementada. A relação de custo benefício não favorece esta fase.

Seguindo esta metodologia, Shingo (1987) diz que a maioria das trocas de ferramentas pode ser realizada em menos de dez minutos. É o que foi batizado de ‘Troca de Ferramenta em 1 Dígito’ (*SMED, Single Minute Exchange of Dies*).

2.4. Os pilares do Sistema Toyota de Produção (TPS): *Just-in-Time* e *Jidoka*

Conforme Ohno (1997), o Sistema Toyota de Produção possui como dois pilares de sustentação: a Automação (*Jidoka*) e o *Just-in-time* (JIT).

O *Just-in-time* (JIT) tem a capacidade de colocar em prática o princípio da redução dos custos através da completa eliminação das perdas. Talvez, por seu impacto sobre os tradicionais métodos de gerenciamento, tenha se criado uma identidade muito forte com o próprio Sistema Toyota de Produção. No entanto, o Sistema Toyota de Produção não deve ser interpretado como sendo essencialmente o *Just-in-time*, o que por certo limitaria sua verdadeira abrangência e potencialidade. O *Just-in-time* é nada mais do que uma técnica de gestão incorporada à estrutura do Sistema Toyota de Produção que, ao lado do *Jidoka*, ocupa a posição de pilar de sustentação do sistema.

Existem diferentes formas de representar a estrutura do Sistema Toyota de Produção. A Figura 3 apresenta o Sistema Toyota de Produção com seus dois pilares – *Just-in-time* e *Jidoka* – e outros componentes essenciais do sistema. Segundo este modelo, o objetivo da Toyota é atender da melhor maneira as necessidades do cliente, fornecendo produtos e serviços da mais alta qualidade, ao mais baixo custo e no menor *lead time* possível. Tudo isso enquanto assegura um ambiente de trabalho onde segurança e moral dos trabalhadores constitua-se em preocupação fundamental da gerência.

2.4.1. *Just-in-Time*

A expressão em inglês "*Just-In-Time*" foi adotada pelos japoneses, mas segundo Manoochehri (1988), não se consegue precisar a partir de quando ela começou a ser utilizada.

Fala-se do surgimento da expressão na indústria naval, sendo incorporada, logo a seguir, pelas indústrias montadoras. Portanto, já seria um termo conhecido e amplamente utilizado nas indústrias antes das publicações que notabilizaram o *JIT* como um desenvolvimento da *Toyota Motor Company*. No entanto, Ohno afirma que o conceito *JIT* surgiu da idéia de Kiichiro Toyoda de que, numa indústria como a automobilística, o ideal seria ter todas as peças ao lado das linhas de montagem no momento exato de sua utilização.

Toomey (1996) define o Sistema *Just-in-Time* como uma filosofia que busca atender ao máximo o consumidor enquanto melhora a qualidade e a produtividade. Frisa que o *Just-in-time* pode ser também definido como: manufatura de classe mundial, manufatura de valor agregado, ou manufatura de melhorias contínuas.

Segundo Ohno (1997), *Just-in-time* é mais que um sistema de redução de estoque, mais que redução de tempo de preparação, mais que usar *Kanban*, mais que modernizar a fábrica. É fazer a fábrica operar para a empresa, assim como o corpo humano opera para o indivíduo. O sistema nervoso autônomo responde quando surge um problema no corpo. O mesmo ocorre numa fábrica: deve haver um sistema que responde automaticamente quando problemas ocorrem. Essa função é cumprida pelo *Just-in-time*.

Just-In-Time significa que cada processo deve ser suprido com os itens certos, no momento certo, na quantidade certa e no local certo. O objetivo do *JIT* é identificar, localizar e eliminar as perdas, garantindo um fluxo contínuo de produção. A viabilização do *JIT* depende de dois fatores intrinsecamente relacionados: fluxo contínuo *etakt time* que serão detalhados a seguir.

2.4.1.1. Fluxo Contínuo

O fluxo contínuo é a resposta à necessidade de redução do *lead time* (tempo necessário para que uma determinada ordem de fabricação esteja produzida a partir de sua data de liberação) de produção. A implementação de um fluxo contínuo na cadeia de agregação de valor

normalmente requer a reorganização e rearranjo do arranjo físico fabril, convertendo os tradicionais arranjos físicos funcionais (ou arranjos físicos por processos) – onde as máquinas e recursos estão agrupadas de acordo com seus processos (ex.: grupo de fresas, grupo de retíficas, grupo de prensas, etc.) – para células de manufatura compostas dos diversos processos necessários à fabricação de determinada família de produtos.

A conversão das linhas tradicionais de fabricação e montagem em células de manufatura é somente um pequeno passo em direção à implementação da produção enxuta. O que realmente conduz ao fluxo contínuo é a capacidade de implementar um fluxo unitário (um a um) de produção, onde, no limite, os estoques entre processos sejam completamente eliminados, Figura 6. Desta forma garante-se a eliminação das perdas por estoque, perdas por espera e obtemos a redução do *lead time* de produção.

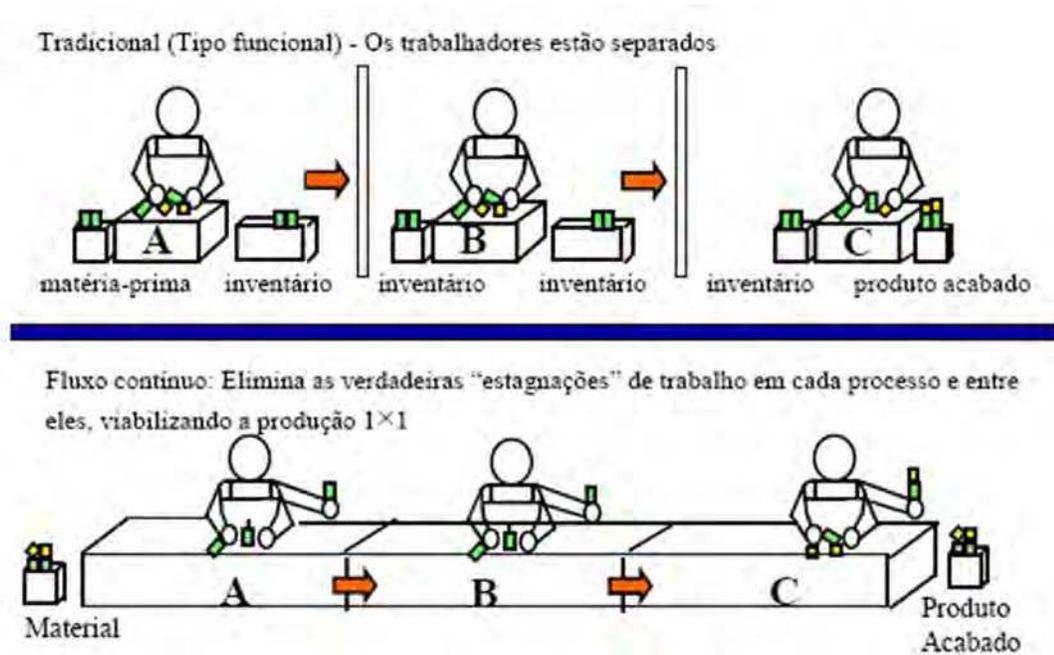


Figura 6: Fluxo Tradicional de Produção versus Fluxo Contínuo (Ohno, 1997)

A implementação de um fluxo contínuo de produção torna necessário um perfeito balanceamento das operações ao longo da célula de fabricação/montagem. A abordagem da Toyota para o balanceamento das operações difere diametralmente da abordagem tradicional.

Conforme demonstra a Figura 7, o balanceamento tradicional procura nivelar os tempos de ciclo de cada operador, de forma a fazer com que ambos trabalhadores recebam cargas de trabalho semelhantes. O tempo de ciclo é o tempo total necessário para que um trabalhador execute todas as operações alocadas a ele.

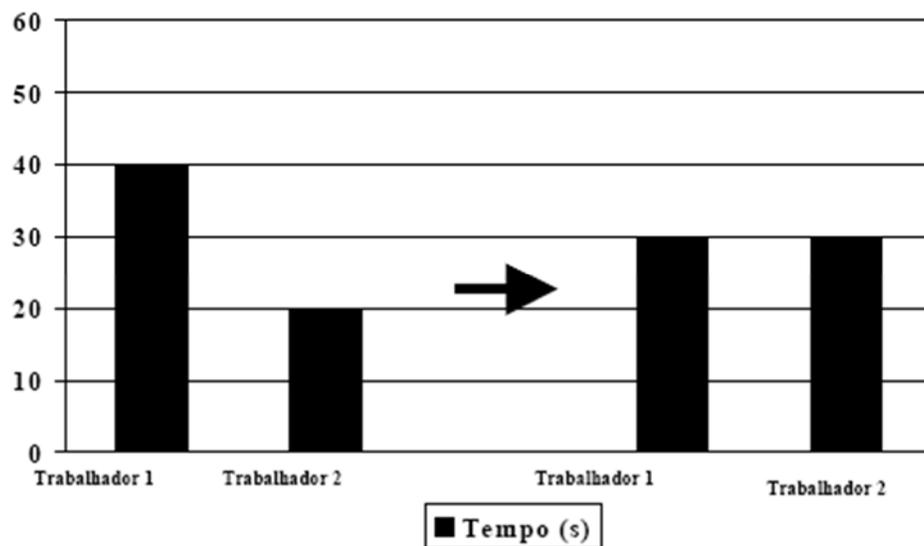


Figura 7: Balanceamento de Operações Tradicional (Ohno, 1997)

2.4.1.2. *Takt Time*

Na Toyota, o balanceamento das operações está fundamentalmente ligado ao conceito do *takt time*. O *takt time* é o tempo necessário para produzir um componente ou um produto completo, baseado 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 de seu cliente. O *takt time* é dado pela equação 1, a seguir:

$$\text{Takt time} = \text{Tempo total disponível} \div \text{Demanda do cliente} \quad (1)$$

Logo, como a lógica é “produzir ao ritmo da demanda”, o tempo de ciclo de cada operador deve ser idealmente igual ao *takt time*. Portanto, ao invés de termos dois operadores com tempos de ciclo de 30 segundos, conforme o balanceamento da Figura 7, procura-se alocar todas as operações a um único operador (vide coluna “soma dos tempos de ciclo” na Figura 8) para, logo a seguir, como resultado de um processo de melhoria (*kaizen*), reduzir o tempo de ciclo deste operador até ficar compatível com o *takt time* de 50 segundos (coluna “Depois do *Kaizen*” da Figura 8), ao final deste processo consegue-se a redução de um operador.

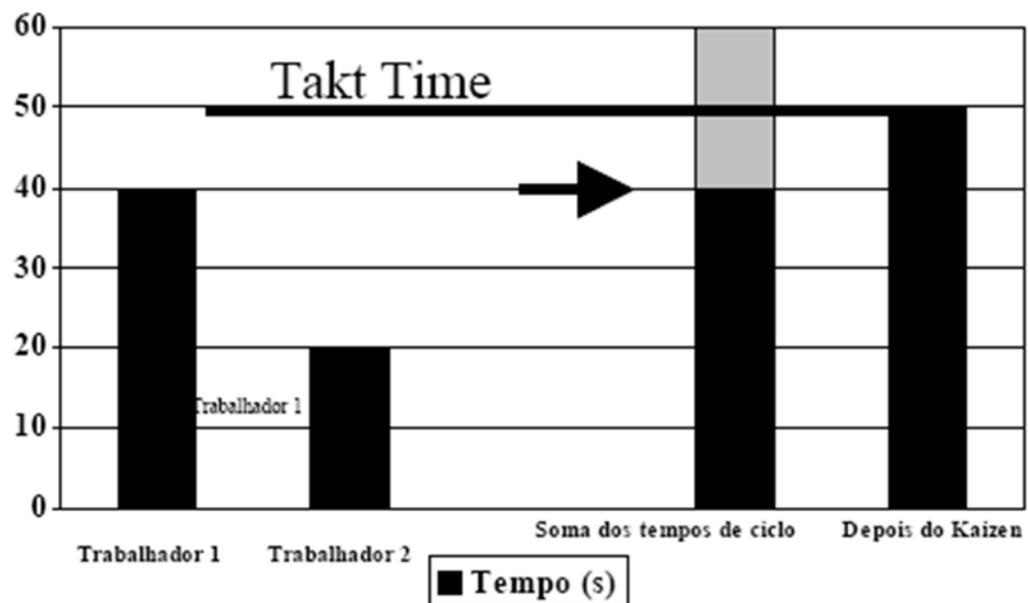


Figura 8: Balanceamento de Operações na Toyota (Ohno, 1997)

Produzir abaixo do *takt time* causa excesso de produção, que é produzir mais antes, ou mais rápido do que o requerido causa desperdício de operadores e movimentação, gera estoques e conseqüentemente custos de armazenagem desnecessários.

2.4.2. Jidoka

Em 1926, quando a família Toyoda ainda concentrava seus negócios na área têxtil, Sakichi Toyoda inventou um tear capaz de parar automaticamente quando a quantidade programada de tecido fosse alcançada ou quando os fios longitudinais ou transversais da malha fossem rompidos. Desta forma, ele conseguiu dispensar a atenção constante do operador durante o processamento, viabilizando a supervisão simultânea de diversos teares. Esta inovação revolucionou a tradicional e centenária indústria têxtil.

Em 1932, o recém-formado engenheiro mecânico Taiichi Ohno integrou-se à *Toyoda Spinning and Weaving*, onde permaneceu até ser transferido para a *Toyota Motor Company* Ltda. em 1943. Tendo recebido “carta-branca” de Kiichiro Toyoda, então presidente do grupo, Ohno começou a introduzir mudanças nas linhas de fabricação da fábrica Koromo da *Toyota Motor Company* em 1947.

Ohno sabia que havia duas maneiras de aumentar a eficiência na linha de fabricação: aumentando a quantidade produzida ou reduzindo o número de trabalhadores. Em um mercado discreto como o mercado doméstico japonês há época, era evidente que o incremento na eficiência só poderia ser obtido a partir da diminuição do número de trabalhadores. A partir daí, Ohno procurou organizar o arranjo físico em linhas paralelas ou em forma de "L", de maneira que um trabalhador pudesse operar 3 ou 4 máquinas ao longo do ciclo de fabricação, conseguindo com isso, aumentar a eficiência da produção de 2 a 3 vezes.

A implementação desta nova forma de organização exigiu de Ohno a formulação da seguinte questão: “Porque uma pessoa na *Toyota Motor Company* é capaz de operar apenas uma máquina enquanto na fábrica têxtil Toyoda uma operadora supervisiona 40 a 50 teares automáticos?” A resposta era que as máquinas na Toyota não estavam preparadas para parar automaticamente quando o processamento estivesse terminado ou quando algo de anormal acontecesse.

A invenção de Sakichi Toyoda, aplicada às máquinas da *Toyota Motor Company*, deu origem ao conceito de *Jidoka* ou *autonomação*, como também é conhecido. Na verdade, a palavra

jidoka significa simplesmente automação. *Ninben no aru jidoka* expressa o verdadeiro significado do conceito, ou seja, que a máquina é dotada de inteligência e toque humano.

Ainda que o *jidoka* esteja freqüentemente associado à automação, ele não é um conceito restrito às máquinas. No Sistema Toyota de Produção, *jidoka* é ampliado para a aplicação em linhas de produção operadas manualmente. Neste caso, qualquer operador da linha pode parar a produção quando alguma anormalidade for detectada. *Jidoka* consiste em facultar ao operador ou à máquina a autonomia de parar o processamento sempre que for detectada qualquer anormalidade.

A idéia central é impedir a geração e propagação de defeitos e eliminar qualquer anormalidade no processamento e fluxo de produção. Quando a máquina interrompe o processamento ou o operador para a linha de produção, imediatamente o problema torna-se visível ao próprio operador, aos seus colegas e à sua supervisão.

Isto desencadeia um esforço conjunto para identificar a causa fundamental e eliminá-la, evitando a reincidência do problema e conseqüentemente reduzindo as paradas da linha.

Quando Ohno iniciou suas experiências com o *jidoka*, as linhas de produção paravam a todo instante, mas à medida que os problemas eram identificados, o número de erros começou a diminuir vertiginosamente. Hoje, nas fábricas da Toyota, o rendimento das linhas se aproxima dos 100%, ou seja, as linhas praticamente não param.

Os dois elementos que fazem parte do *Jidoka* são a separação entre a Máquina e o Homem e o *Poka-yoke*, os quais são descritos a seguir.

2.4.2.1. A Separação entre a Máquina e o Homem

A relação entre a máquina e o homem, caracterizada pela permanência do homem junto à máquina durante o processamento de um produto ou processo, não é tão fácil de ser separada, pois é uma situação característica da indústria tradicional. No entanto, o aprimoramento de

dispositivos capazes de detectar anomalias durante o processo produtivo promoveu a separação entre a máquina e o homem e contribuiu para o desenvolvimento de funções ditas inteligentes nas máquinas (automação com funções humanas).

A separação entre a máquina e o homem é um requisito básico para a implementação do *jidoka*. Na prática, a separação que ocorre é entre a detecção de anomalias e a solução do problema. A detecção pode ser uma função da máquina, pois é técnica e economicamente viável, enquanto a solução ou correção do problema continua como responsabilidade do homem. Desta forma, a transferência das atividades manuais e funções mentais (inteligência) do homem para a máquina permitem que o trabalhador opere mais de uma máquina simultaneamente, Figura 9.

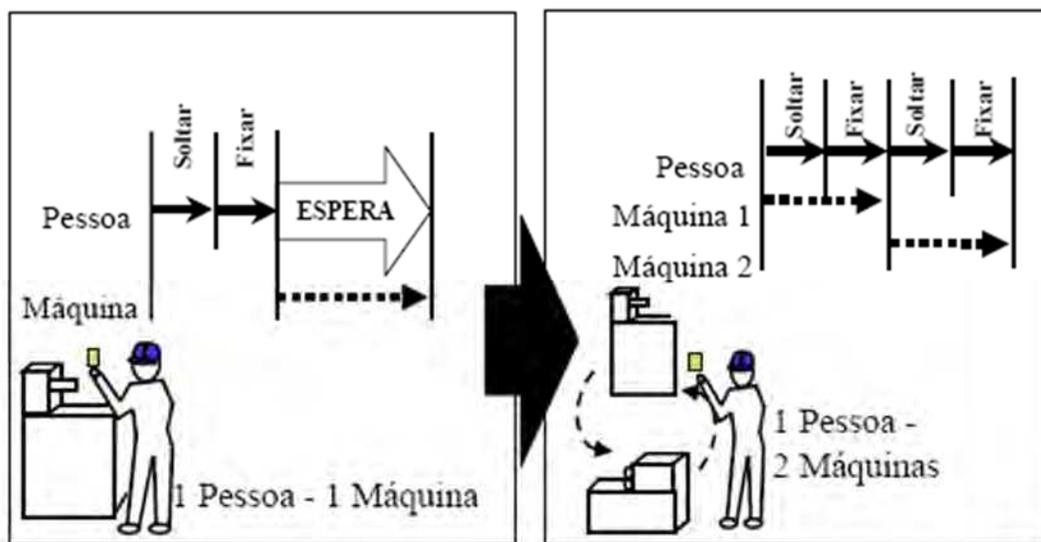


Figura 9: Separação entre o Homem e a Máquina (Ohno, 1997)

No Sistema Toyota de Produção, não importa se a máquina executa as funções de fixação/remoção da peça e de acionamento, automaticamente. O importante é que, antes disto, ela tenha a capacidade de detectar qualquer anomalia e parar de imediato.

2.4.2.2. Poka Yoke

O segundo componente do pilar *jidoka* é o dispositivo *poka-yoke*. O *poka-yoke* é um mecanismo de detecção de anomalias que, colocado em uma operação, impede a execução errada de uma atividade. O *poka-yoke* é uma maneira de impedir as principais interferências na execução da operação. Em geral, são dispositivos simples e de baixo custo utilizados na linha de produção, durante o processo de fabricação, Shingo (1986).

Os dispositivos *poka-yoke* são a forma pela qual o conceito do *jidoka* é colocado em prática. A aplicação dos dispositivos *poka-yoke* permite a separação entre a máquina e o homem e o decorrente exercício do *jidoka*.

Segundo Ohno (1997), a utilização de dispositivos a prova de erros permite retirar “das costas” do operador a culpa pelos defeitos que podem ocorrer no processo, permitindo que dispositivos especiais tenham a função de detectar tais não-conformidades.

Na *Toyota*, os dispositivos *poka-yoke* são utilizados na detecção da causa raiz dos defeitos, ou seja, os erros na execução da operação. Para tanto, são aplicados com frequência de inspeção 100% na fonte causadora da anomalia. A utilização de dispositivos *poka-yoke* associados à inspeção sucessiva ou auto-inspeção somente se justifica em casos de inviabilidade técnica ou econômica para a aplicação na fonte.

2.5. Produção Puxada (*Kanban*)

Os estudos de métodos de programação e controle da produção desenvolvidos e aplicados pela dupla Ford-Taylor enfatizavam o processo de manufatura em massa, isto é, o fator importante era a divisão das tarefas e a determinação, por meio dos estudos dos movimentos, de tempos padrão de fabricação reduzidos. Homens e máquinas deveriam produzir o máximo possível, e não deveriam permanecer em ociosidade, mesmo que o destino dos produtos fosse os

armazéns. Depois, o setor de marketing (incluindo as vendas) deveria se encarregar de disponibilizar e vender esses produtos para o mercado consumidor.

De acordo com Schonberger (1988), esse processo de produção em massa, também conhecido como processo de empurrar a produção, funciona da seguinte maneira: a Direção da empresa resolve pelo lançamento de um novo produto, comunica a decisão à Engenharia de Produto, que desenvolve a idéia, projeta o bem e envia a documentação para a Engenharia Industrial, que, por sua vez, desenvolve o processo, os dispositivos, e remete as ordens para o Setor de Produção, que fabrica o novo produto; o produto final é transferido para o armazém, de onde o Setor de Marketing se esforça para enviá-lo ao consumidor.

A produção em massa serviu aos interesses dos produtores, principalmente após a II Guerra, quando a disponibilidade de recursos financeiros norte-americanos era grande. Ocorreu um acentuado crescimento demográfico, o qual foi acompanhado por uma carência de bens; o mercado era altamente demandante, a população havia sofrido com a retração do consumo devido à catástrofe mundial e queria recuperar o "tempo perdido".

Nessa época, início da década de 50, o Japão buscava sua reconstrução. Tudo estava destruído e era necessário direcionar todos os esforços para a recuperação econômica da nação, implantar e desenvolver novamente a indústria.

Foi quando um grupo de executivos da Toyota foi para os Estados Unidos para observar e estudar os fabricantes de automóveis e de autopeças. Por curiosidade, ou motivados por necessidades individuais, tiveram contato com o sistema de atendimento ao varejo por meio dos supermercados. Motivados também pelo plano de reconstrução da nação e pelo hábito da autodisciplina, aqueles técnicos observaram e estudaram todos os aspectos, e traçaram comparações entre o sistema de trabalho das indústrias e o dos supermercados, notando que este último era completamente distinto do primeiro.

Num supermercado, os clientes desejam o atendimento de suas necessidades, e determinam, assim, como deve ser o serviço de reposição de mercadorias em relação às marcas, quantidades e períodos, principalmente num regime econômico estável, em que é desnecessário

manter estoques de produtos em casa, o que equivale a dizer que o consumidor é quem "puxa" pelas atividades daquele tipo de estabelecimento.

O sistema de produção puxada é uma maneira de conduzir o processo produtivo de tal forma que cada operação requisite a operação anterior, e os componentes e materiais para sua execução, somente para o instante exato e nas quantidades necessárias.

Esse método choca-se frontalmente com o tradicional, no qual a operação anterior empurra o resultado de sua produção para a operação posterior, mesmo que esta não necessite ou não esteja pronta para o seu uso.

Estendendo-se esse conceito a toda a empresa, conclui-se que é o cliente quem decide o que se vai produzir, pois o processo de puxar a produção transmite a necessidade de demanda específica a cada elo da corrente.

Retornando ao seu país, aqueles técnicos japoneses procuraram adaptar tudo o que tinham visto nas indústrias e nos supermercados americanos à sua tecnologia de gerenciamento de produção inventada havia um século, desde que se lançaram ao mundo moderno.

Esses estudos determinaram a criação do sistema de administração da produção "puxada", controlada por meio de cartões – *Kanban*. Dentre outros propósitos, o mais importante, no sistema de administração da produção por meio de *Kanban*, assim como em qualquer outro sistema, é o de aumentar a produtividade e reduzir os custos por meio da eliminação de todas as funções desnecessárias ao processo produtivo.

O sistema *Kanban* não é uma receita pronta que possa ser aplicada indistintamente em qualquer empresa, pois, mesmo dentro de uma única empresa, poderão ser apresentadas soluções diversas para cada uma das funções desnecessárias, Figura 10.

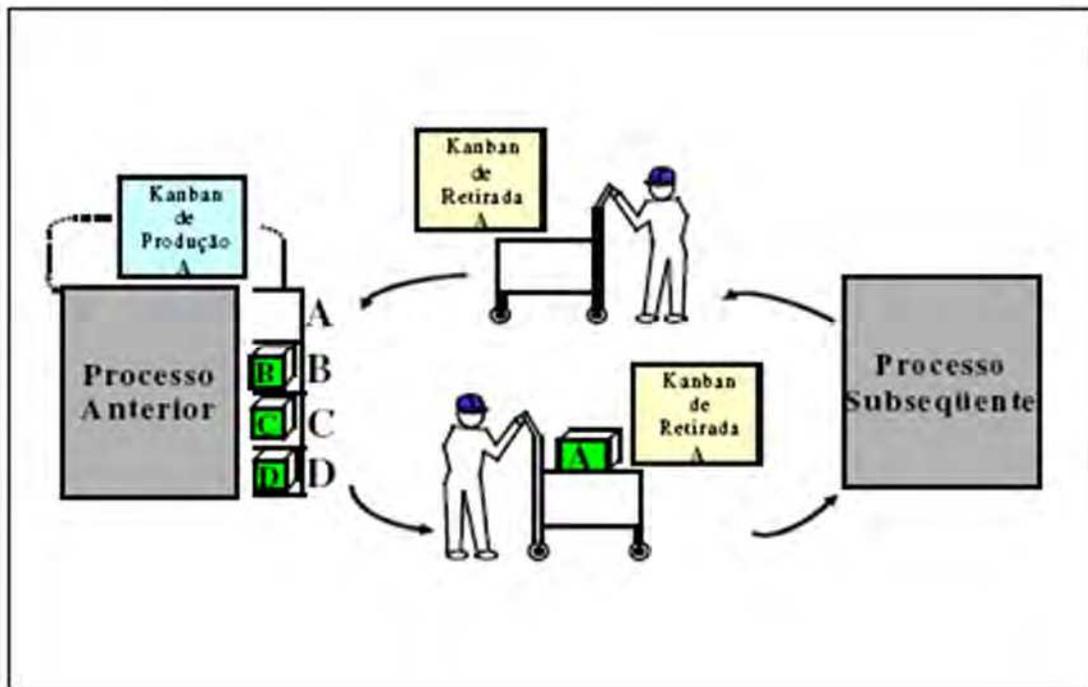


Figura 10: Sistema Kanban - Produção puxada (Ohno, 1997)

2.5.1. Conceitos Básicos

O conceito básico do sistema é fabricar bens com a completa eliminação de funções desnecessárias à produção, na quantidade e tempo necessários, nem mais nem menos, eliminando-se estoques intermediários e de produtos acabados, com a conseqüente redução dos custos e o aumento da produtividade.

A grande maioria de pessoas faz certa confusão entre o Sistema *Kanban* e o Sistema *Just-In-Time*. O Sistema *Just-In-Time*, que em português significa “no momento exato”, é um sistema de produção cuja idéia principal é fabricar produtos na quantidade necessária, no momento exato em que o item foi requisitado, entendendo-se, aqui, que a exigência pode ter origem interna ou externa à fábrica, do mercado consumidor, por exemplo. No caso da exigência interna, ela é feita por uma estação de trabalho subsequente àquela em que o item é produzido.

O Sistema *Kanban* é uma ferramenta para administrar o método de produção *JIT*, ou seja, é um sistema de informação por meio de cartões (tradução de *Kanban* para o português), para controlar as quantidades a serem manufaturadas pela empresa.

Por intermédio desse sistema, a produção de um recurso é disparada segundo a necessidade de peças do recurso que o procede. Dessa forma, partindo-se das necessidades da demanda final, todo o processo produtivo é “puxado” até que se alcancem as necessidades de produção do primeiro recurso fabril. Para viabilizar esse tipo de sistema, cartões tipo *Kanban* são utilizados, os quais determinam um lote de peças para cada item do *mix* de produção da fábrica (Liker, 2006).

2.5.2. O Sistema *Kanbana* Toyota

Segundo Shingo (1996), no sistema *Kanban* da Toyota, cada tipo de peça, ou cada número de peça tem sua caixa especial, destinada a conter determinada quantidade (exata) de peças daquele número, de preferência uma quantidade bem reduzida. Dois são os cartões correspondentes a cada caixa, chamados *Kanban*, que informam o número da peça, a capacidade da caixa e alguns outros dados.

Um *Kanban*, o da produção, destina-se ao centro produtor que fabrica a peça daquele número; o outro, o de transporte, destina-se ao centro usuário. Cada caixa caminha a partir do centro produtor (e seu ponto de estocagem) para o centro usuário (e seu ponto de estocagem), e depois volta, ocorrendo no caminho a troca de um *Kanban* pelo outro.

2.5.3. Funcionamento e Regras

Existem diversos tipos de sistema *Kanban*, Monden (1983) apresenta dois tipos de *Kanban*, como será exposto abaixo:

Kanban de Requisição: os *kanbans* de retirada/transporte funcionam como dinheiro. Eles são utilizados para comprar, ou melhor, retirar peças do almoxarifado ou de processos anteriores. O número destes cartões é calculado com base no consumo de cada componente pelo sistema produtivo e pelos seus intervalos entre abastecimentos. Assim, impede-se que um processo compre uma quantidade maior do que precisa, resultando em excesso de material na respectiva área.

Kanban de Ordem de Produção: os *kanbans* de produção também existem numa quantidade fixa, calculada com base na demanda do cliente (interno ou externo), e mais uma série de fatores. A intenção é impedir o excesso de produção, afinal, quando todos os cartões estiverem com produtos, não há como produzi-lo.

Esses dois tipos de *kanbans* podem ser visualizados abaixo, Figura 11.

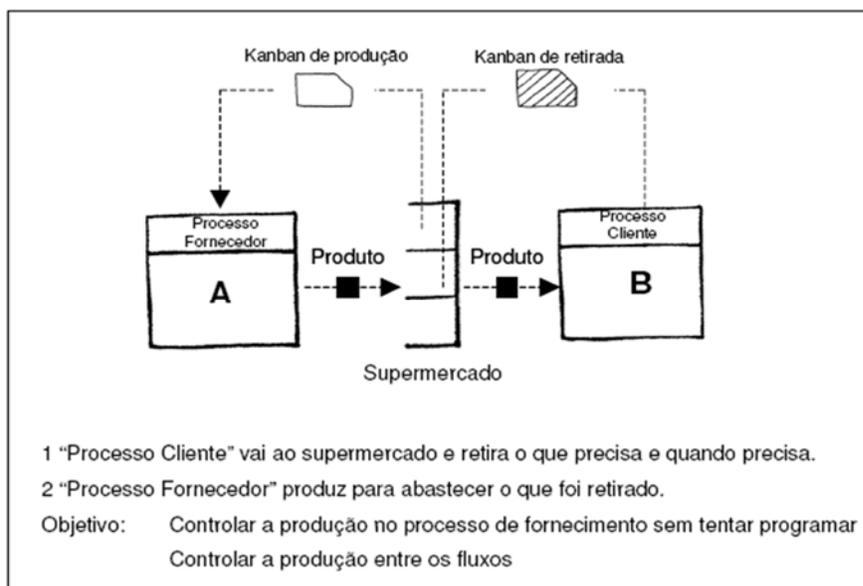


Figura 11: Sistema puxado com base em supermercado (Rother e Shook, 2003)

O sistema funciona com dois cartões: o cartão de produção dispara a produção de um pequeno lote de peças de determinado tipo, em determinado centro de produção da empresa.

O *Kanban* de retirada autoriza a movimentação do material pela fábrica, do centro de fabricação para o centro consumidor, Figura 12.

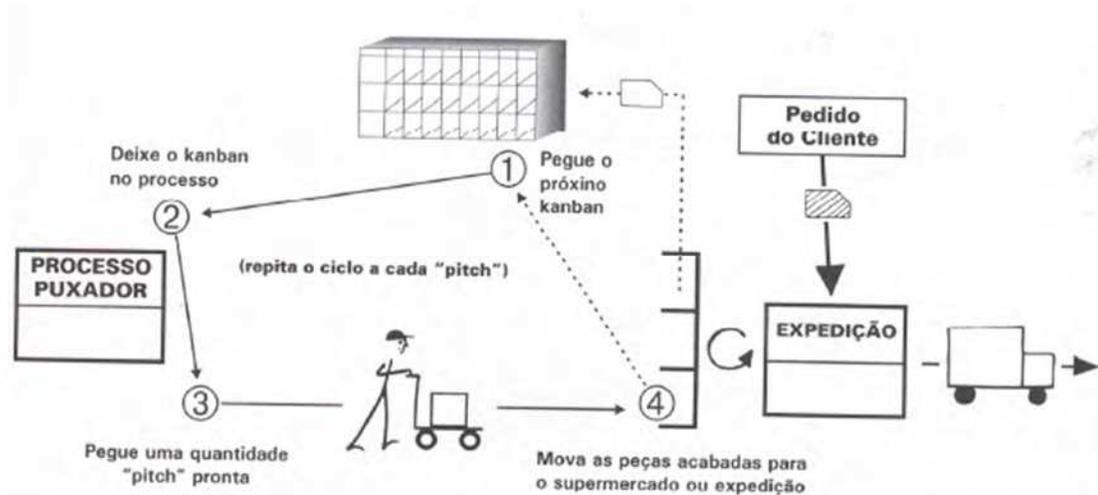


Figura 12: Exemplo de Retirada compassada de Kanban (Rother e Shook, 2003)

É importante lembrar que o sistema *kanban* apenas transmite a informação de forma fácil e imediata. Ele quase não tem sentido se o sistema de produção em si não tiver melhorado através da adoção de outras ferramentas. Uma visão meramente superficial poderá levar a mal entendidos (Shingo, 1996).

O sucesso do sistema *Kanban* está relacionado às seguintes regras:

- Somente o *Kanban* autoriza a produção, parando a célula, se necessário. Os operários poderão cuidar da manutenção ou trabalhar em projetos de melhoria, quando não houver *Kanban* na caixa de remessa.

- Há exatamente um *Kanban* para cada caixa, e a quantidade dessas caixas (com *Kanban*) por número de peça, no sistema, é fixada por decisão muito estudada pela direção da empresa.

- Só se usam caixas padronizadas.

- O número de *Kanban* deve ser projetado para cobrir o *lead time* do processo, que nada mais é do que o tempo que se leva para produzir uma peça acabada, do início ao final do processo

2.5.4. Limitações do *Kanban*

Algumas situações fazem com que a utilização do sistema *Kanban* não seja indicada, ou se aplicada não atinja os benefícios desejados, Lage Junior e Godinho Filho (2008), relatam algumas condições desfavoráveis para a implementação do *Kanban*, conforme Tabela 2 em Apêndice.

2.6. *Shojinka* (Flexibilização da mão-de-obra)

Shojinka, do japonês, é uma composição de palavras na qual *sho* significa reduzir, *jin* significa trabalhador e *ka* significa mudar. É a capacidade dos processos produtivos em responderem as oscilações de pedidos de produtos (quantidade e variedade) através da flexibilização do número de trabalhadores na linha de fabricação. Três são os fatores essenciais para que seja possível a realização da flexibilização da mão-de-obra:

- Arranjo físico de máquinas adequado;
- Operadores multifuncionais;
- Operações padronizadas.

Segundo Meyers (2005) os principais objetivos do projeto de instalações industriais são: (1), Promover o uso eficiente de pessoas, equipamentos, espaço e energia; (2) Prover aos empregados, conveniência, conforto e segurança e (3) Fornecer flexibilidade operacional

razoável para atendimento da demanda. Tal afirmativa é válida e vai ao encontro dos objetivos inerentes ao conceito de *Shojinka*.

A Figura 13 ilustra como ocorre o funcionamento do *Shojinka* na Toyota, flexibilizando a mão-de-obra e adequando-se às variações de demanda.

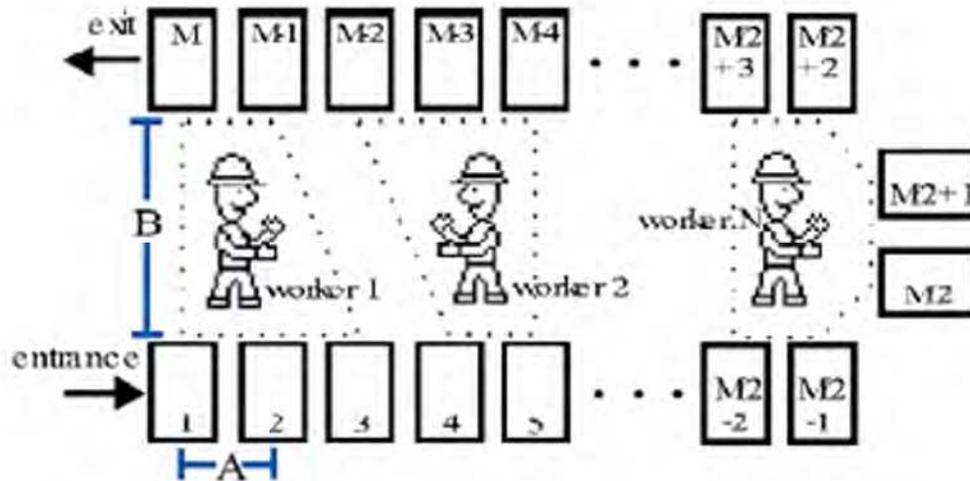


Figura 13: Exemplo de configuração de células de produção no Sistema Toyota de Produção (Ghinato, 1999)

2.6.1. Arranjo Físico

Segundo Shingo (1996), a abordagem de um problema de arranjo físico, consiste em diminuir o transporte a zero. A partir deste conceito, a Toyota desenvolveu o arranjo físico de células de manufatura com esse objetivo, reduzir o transporte dos componentes e ao mesmo tempo, manter o fluxo do processo de fabricação.

O arranjo físico, formado por células de fabricação, é caracterizado pelo formato em “U”. Este tipo de arranjo físico para sistemas de produção foi estudado e aperfeiçoado por Black (1998), onde passou a ser conhecido como Sistema de Manufatura de Células Interligadas.

2.6.2. Operadores Multifuncionais

De acordo com Ohno (1997), a *Toyota* adotou um sistema de produção multiprocessos⁸ visando estabelecer um fluxo de produção constante. Para isso os operadores são treinados para desenvolver a habilidade de operar qualquer tipo de máquina em qualquer processo, tornando-se trabalhadores multifuncionais. Na *Toyota*, a multifuncionalidade do operador é verificada através de uma rotação que o mesmo executa, operando ou podendo operar todos os equipamentos de sua área.

2.6.3. Operações Padronizadas

O conceito de operação padrão foi desenvolvido originalmente por Ohno (1997) quando o mesmo encontrava-se ainda na *Toyoda Spinning and Weaving*. Os elementos considerados em uma folha de trabalho padrão são operadores, máquinas e materiais. De acordo com Ohno (1997), a folha de trabalho padrão exerce um importante papel na *Toyota* no que rege ao controle visual do trabalho na fábrica.

Edwards citado por Antunes Júnior (1998) mostra os principais objetivos para a utilização da operação-padrão:

- Estabelecer um mecanismo que objetiva balancear as operações e ajustar a taxa de produção às demandas do cliente, visando evitar a superprodução;
- Prover uma ferramenta visual que seja passível de ser utilizada para melhorar a produtividade, a qualidade e o tempo de resposta das operações realizadas;
- Criar um mecanismo ágil para comunicar os procedimentos de trabalho padrão e assegurar que o trabalho será executado de maneira mais eficiente possível.

⁸ Sistema de operações multiprocessos caracteriza-se por um operador trabalhar em uma seqüência de processos tal como torneamento, furação ou fresamento.

A padronização das operações é utilizada em conjunto com o conceito de arranjo físico celular no processo de manufatura, balanceando-as e dimensionando-as conforme a variação de quantidade e variedade de produtos durante a sua fabricação. Esse dimensionamento consta em definir o número de trabalhadores necessários para cada célula a fim de atender a produção especificada, através da utilização do conceito de *takt time*.

2.7. Nagara (Operação simultânea de duas ou mais operações)

“O nome *Nagara* vem de uma expressão japonesa que indica a simultaneidade de duas ações” (Shingo, 1996a, p. 170).

De acordo com Shingo (1996), o sistema *Nagara* proporciona um fluxo unitário de peças, ao longo dos processos produtivos devido à simultaneidade entre operações principais e secundárias.

Esse sistema pode ser mais bem entendido através de um exemplo de montagem de automóveis. A carroceria do automóvel passa através de uma operação de solda por pontos, onde é agregada a ela uma parte da lataria. Próximo a esta operação, existe uma pequena prensa a qual se estampa a chapa que será soldada na carroceria do veículo. Quando a operação de solda é concluída, o operador coloca uma chapa na prensa e a aciona. Neste instante, a chapa anterior já está pronta e o operador a apanha e a solda na carroceria.

Shingo (1996) afirma, ainda, que a real importância do sistema *Nagara* consiste no fato de que as operações são realizadas através de um fluxo unitário de peças, são amplas e integradas e não se restringem por divisões dentro das fábricas.

Um fluxo unitário de peças aumentaria o número de transportes de peças entre as operações do processo produtivo. Evidencia-se aqui a necessidade de um rearranjo no arranjo físico.

2.8. *Heijunka*: Nivelamento da Produção

Surgiu na Toyota para o setor de manutenção, apesar de o encontrarmos comumente como controle de produção na manufatura. Os gerentes da Toyota criaram caixas com intervalo de tempo de uma hora para programar as atividades de manutenção preventiva. Com os tempos padrão das atividades, e sinalizando claramente os intervalos de tempo utilizados em cada tarefa, conseguiram aperfeiçoar o ritmo do trabalho e lembrar-se de programar todas as tarefas necessárias (evitando paradas na produção). O conceito evoluiu e os quadros de nivelamento atualmente possuem divisões de intervalos de tempo mais refinados para executar o planejamento, controle e monitoramento da produção (Smalley, 2004).

Jones (2006) lembra que para os gerentes de manufatura enxuta que aceitam a noção de que o nivelamento de *mix* e volume produzem benefícios ao longo do fluxo de valor, o problema consiste em como controlar a produção de modo que o nivelamento seja atingido consistentemente. A Toyota trouxe essa resposta na forma do *Heijunka Box*.

Nivelar é o processo de planejar e executar uma programação de produção, em que numa situação ideal uma determinada linha de produção produziria uma quantidade de produtos distribuída igualmente a cada hora, e a cada dia. Desta forma todos os itens seriam produzidos todos os dias (Tardin; Lima, 2000).

O nivelamento da produção adapta os índices da produção a variações da demanda em volume e modelos de produto. Para nivelar a produção é necessário um estudo do histórico da demanda e estabelecer, através da demanda média diária, o objetivo da produção, buscando na medida do possível produzir todos os modelos todos os dias (Liker, 2006).

Segundo Ohno (1997), o nivelamento da produção necessita, para que seja operado com sucesso, que dois pontos básicos sejam levados em consideração:

- Redução dos tamanhos dos lotes de produção;
- Diminuição no tempo de troca de ferramentas.

O quadro utilizado para o nivelamento, também conhecido por *Heijunka Box*, ajuda os trabalhadores a fazerem a programação de fabricação, através do controle dos estoques de peças acabadas. Além da quantidade a ser fabricada, é função do quadro, também, indicar o ritmo e horários em que devem ser feitos os vários produtos no processo produtivo.

O quadro é dividido em duas partes, a parte inferior é chamada de Situação de Estoque e a parte superior é chamada de Ordem de Produção. A Situação de Estoque é dividida por produtos e deve ter espaço para se colocar a quantidade total de *kanbans* de produção de cada um deles. A quantidade de *kanbans* é definida como o máximo de peças que estará no estoque de cada produto. A Ordem de Produção deve ser grande o suficiente para acomodar o número de cartões que podem ser fabricados durante o turno ou num determinado período de tempo pré-determinado (Tardin; Lima, 2000).

Segundo Tardin e Lima (2000), o quadro funciona da seguinte forma: toda vez que um produto for consumido pelo cliente, o *kanban*, que o acompanhava, entra no quadro na área do produto, dentro da Situação de Estoque. Cada uma destas áreas de produto é dividida em três faixas (verde, amarela e vermelha) que sugerem a situação em que estão os produtos, conforme Figura 14. Quando os cartões voltam para o quadro eles são inseridos primeiramente sobre a faixa verde, depois sobre a amarela e finalmente sobre a vermelha.

A faixa vermelha deve suportar cartões o suficiente para se fazer o *setup* da linha, mais o tempo de espera e mais um tempo, chamado tempo de segurança. Os operadores devem produzir o produto que atingir ou estiver próximo de atingir a faixa vermelha primeiro. Caso haja cartões somente sobre as demais faixas, não há necessidade de produzir aquele produto. Desse modo os operadores só produzem aquilo que está sendo consumido pelo cliente.

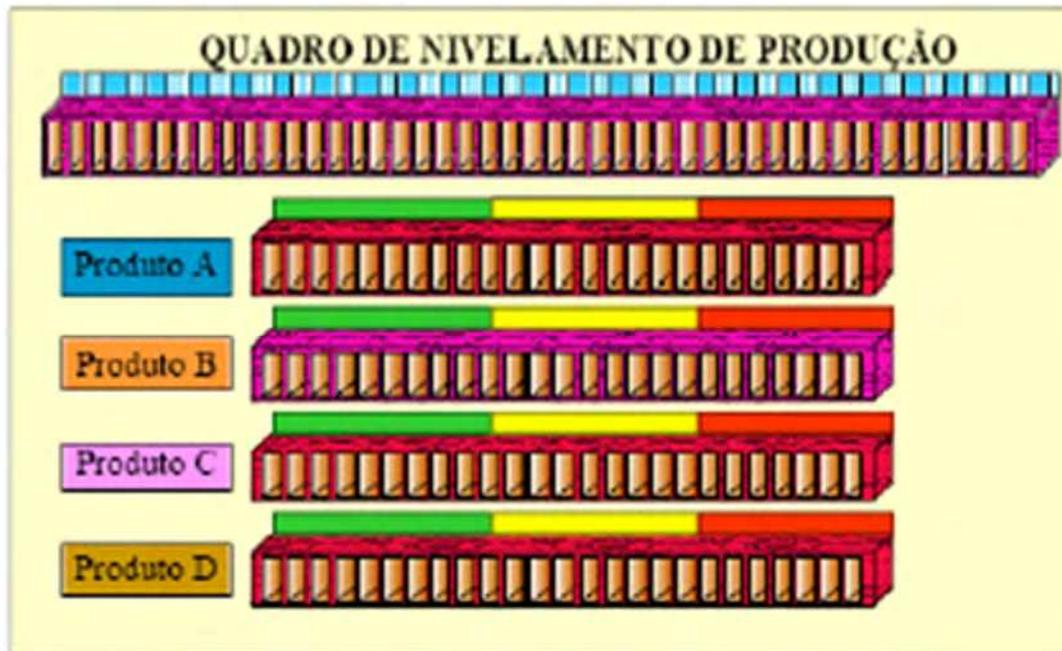


Figura 14: Quadro *Heijunka* para nivelamento de produção (Tardin; Lima, 2000)

Neste sistema, o *kanban* indica não só a quantidade a ser produzida, mas também quanto tempo se leva para produzir esta quantidade (Rother e Shook, 2003).

Tanto para a utilização de sistemas puxados como o *Kanban*, como sistemas de nivelamento como o *Heijunka*, que podem ser classificados como sistemas operacionais, também classificados de sistemas enxutos por Reali (2006), têm-se como um dos requisitos, a estabilidade e confiança das máquinas e equipamentos. Pode-se verificar, por meio da Figura 15, a jornada necessária à implementação de um novo sistema operacional.

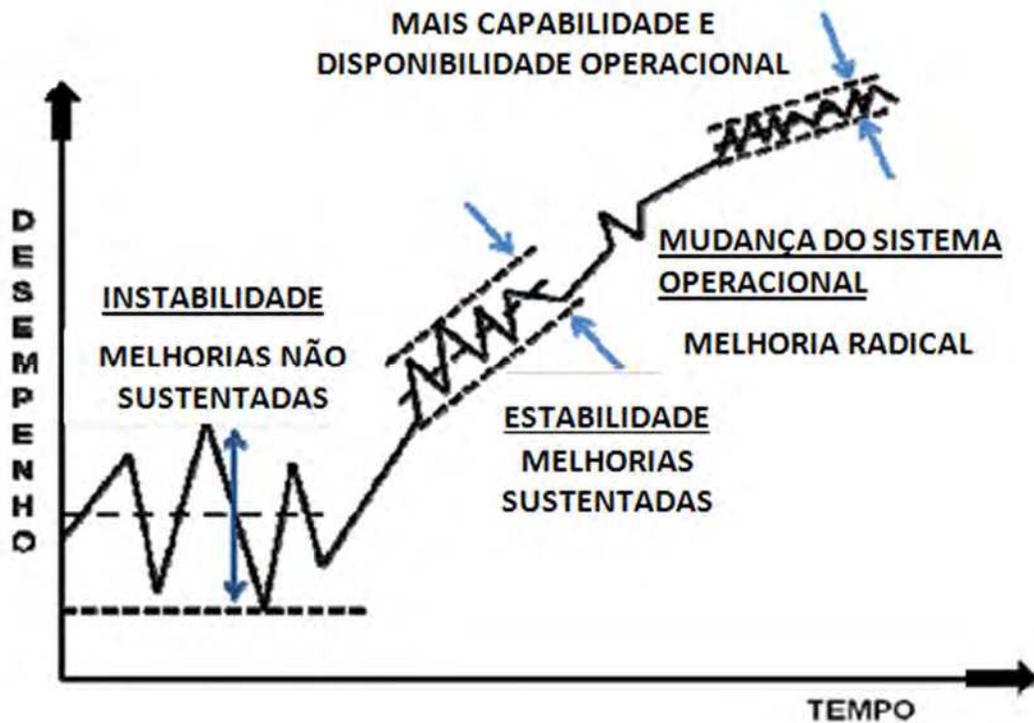


Figura 15: Estabilidade de processo (Reali, 2006)

A instabilidade mostrada por Reali (2006) na Figura 15 é gerada pela falta de qualidade, tempo de *setup* e quebras de máquinas com tempos excessivos, tornando desta maneira insustentável a abordagem da aplicação de sistemas operacionais, de algumas práticas da manufatura enxuta. A partir da estabilidade mostrada novamente na Figura 15, a garantia de um bom funcionamento das máquinas e equipamentos, *setups* padronizados e com tempos reduzidos, torna-se possível o avanço para uma etapa em que a utilização de sistemas *Kanban* e o nivelamento da produção por meio do *Heijunka Box* podem vir a dar uma resposta positiva e gerar benefícios significativos.

2.9. Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM)

Para que seja feito o mapeamento da cadeia de valores, ou *Value Stream Map* (VSM)(RotherShook, 2003), torna-se necessária a definição de valor, que, segundo Womack (1998), é feito pelo cliente e só é significativo quando expresso em termos de produto específico(bens ou serviços), que atenda às necessidades do cliente a um preço e momento específicos.

Fluxo de valor é toda ação (agregando valor ou não) necessária para trazer um produto por todos os fluxos essenciais a cada produto: o fluxo de produção desde a matéria-prima até o consumidor e o fluxo do projeto do produto, da concepção até o lançamento (ROTHER e SHOOK, 2003).

Rother e Shook (2003) descrevem a metodologia de mapeamento do fluxo de informação e material como sendo primordial para as empresas enxergarem seus desperdícios, servindo para direcionar as melhorias de fluxo que efetivamente contribuem para o alto desempenho, evitando a dispersão em melhorias pontuais, muitas das quais com pequeno resultado final e com pouca sustentação ao longo do tempo. O mapeamento do fluxo de valor, assim chamado, é utilizado para retratar o estado atual e o futuro ou “o ideal”. Por meio do mapeamento é possível enxergar o fluxo de material, informação e processo. Este processo de mapeamento ajuda a estabelecer a real necessidade e o foco apropriado de recursos disponíveis na solução de problemas. Segundo Rother e Shook (2003), o mapeamento do fluxo de valor é:

“uma ferramenta qualitativa com a qual se descreve em detalhe como a unidade produtiva deveria operar para criar fluxo. Números são bons para atuar como medida e urgência, o mapeamento é bom para descrever o que realmente deve ser feito para atingir tais números.”

Perin (2005) ressalta que o mapeamento do fluxo de valor é uma das ferramentas que mais tem contribuído para demonstrar oportunidades de reduções de desperdícios num processo produtivo, além de contribuir para sedimentar os conceitos por eles relatados:

- Identificar e agregar valor para o cliente por meio da eliminação de tudo aquilo que não agrega valor;
- Organizar a produção como um fluxo contínuo;
- Criar produtos perfeitos e criar um fluxo confiável reduzindo paradas de linha, puxando inventários, distribuindo informações e tomando decisões;
- Perseguir perfeições por expedir produtos conforme a necessidade do cliente sem inventários.

Para a correta abordagem da técnica, o fluxo de produção deve ser coberto porta-a-porta dentro da planta, incluindo a entrega na planta do cliente e o recebimento dos insumos de matéria-prima. Considerando o fluxo de produção, o que normalmente vem à mente é o fluxo de material dentro da fábrica. Mas há outro fluxo –o de informação – que diz para cada processo o que fabricar ou fazer em seguida. Os fluxos de material e de informação devem ser mapeados juntos (Rother e Shook, 1999).

Nessa abordagem é traçada uma visão do estado atual e projetada uma idéia do estado futuro desejado. A partir daí, empregam-se várias ferramentas, que são aplicadas sobre pontos críticos levantados pelo mapeamento do fluxo do processo.

Ferro (2003)*apud* Prado (2006) diz que:

“Mapear todos os fluxos de valor de uma organização pode ser um exercício relevante. Muitos ficam apaixonados pela ferramenta e a aplicam amplamente, mapeando tudo. Mas muito mais importante e, em verdade, a única coisa que importa, é a ação concreta na implementação dos estados futuros definidos. Como os recursos são limitados, inclusive o tempo dos responsáveis pelo

mapeamento, mapear por mapear não é uma estratégia válida.”

Na Figura 16 é possível visualizar o que é chamado de etapas iniciais do Mapeamento do Fluxo de Valor segundo Rother e Shook (2003).

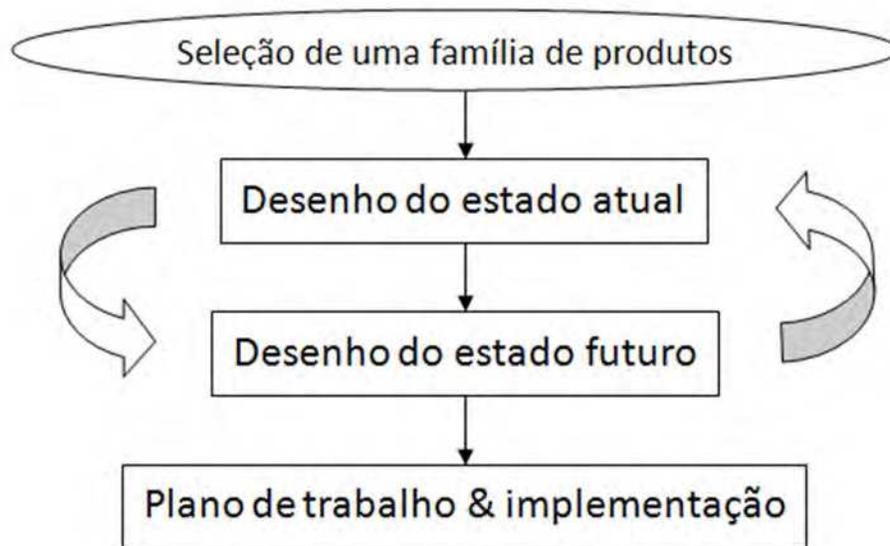


Figura 16: Etapas iniciais do Mapeamento do Fluxo de Valor (Rother e Shook, 2003)

O mapeamento do fluxo de valor pode ser efetuado em diversos níveis:

- Nível de processo;
- Planta única (porta-a-porta);
- Múltiplas plantas;
- Várias empresas.

O objetivo de mapear o fluxo de valor, segundo Rother e Shook (2003), é destacar as fontes de desperdícios e eliminá-las por meio do fluxo de valor de um estado futuro.

Na realização de um mapeamento, tanto o fluxo de processo, quanto o de informações, devem ser trabalhados com a mesma importância, pois anteriormente havia um foco somente na produção, não sendo considerado o desperdício do fluxo de informações, o qual pode aumentar

ou reduzir o valor agregado, dependendo da sua estrutura. Desta forma observa-se na Figura 17, que os fluxos são contrários, porém de mesma relevância.



Figura 17: Fluxo de materiais e informações (Rother e Shook, 2003)

Para realização de um mapeamento do fluxo de valor, alguns ícones gráficos são utilizados para que haja o perfeito entendimento do fluxo de materiais e do fluxo de informações e de que maneira eles se correlacionam. Na Figura 18 são mostrados esses ícones utilizados.

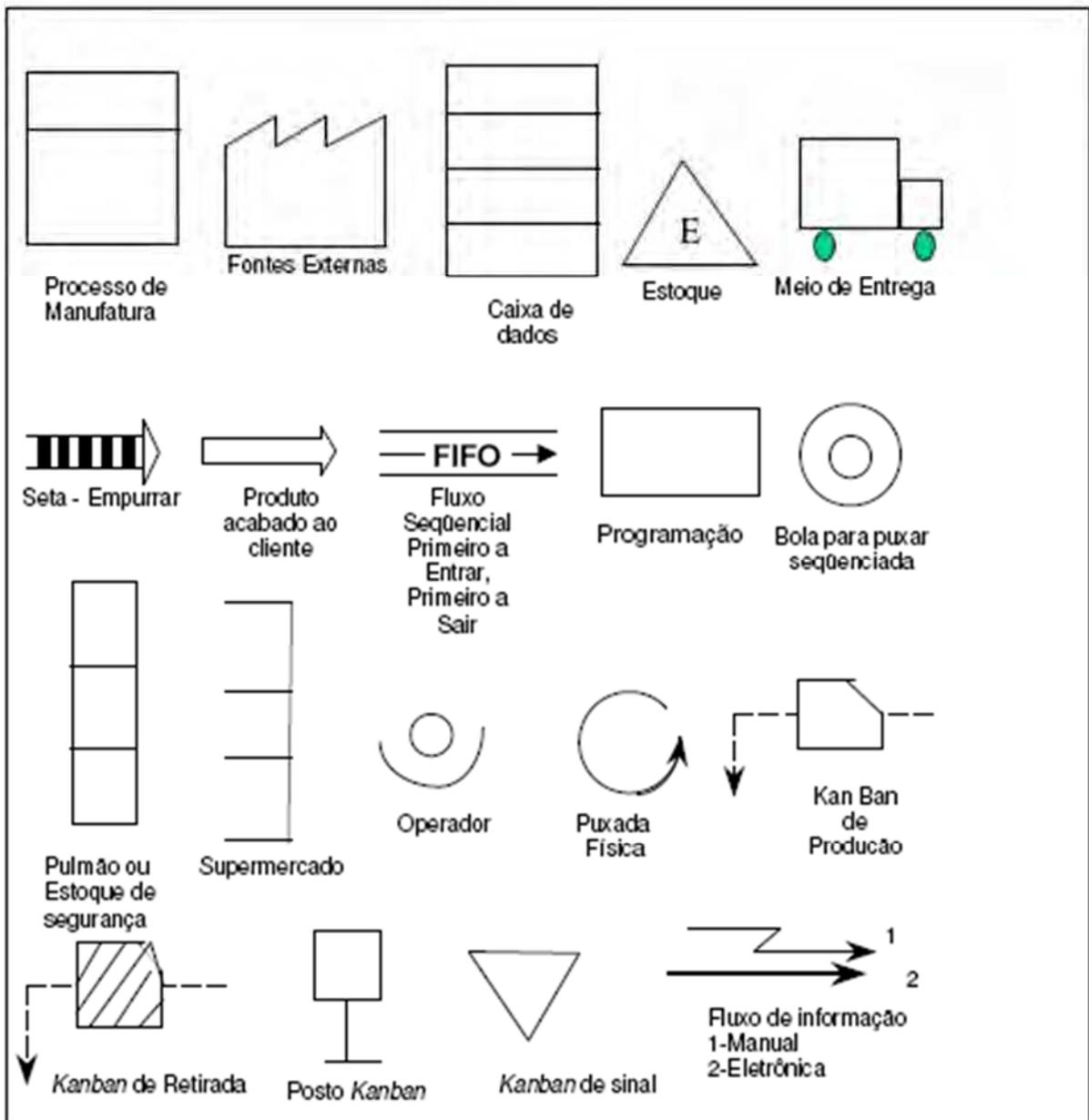


Figura 18: Ícones utilizados no mapeamento do fluxo de valor (Rother e Shook, 2003)

A partir do estudado neste capítulo, é possível visualizar um exemplo de Mapeamento do Fluxo de Valor na Figura 19.

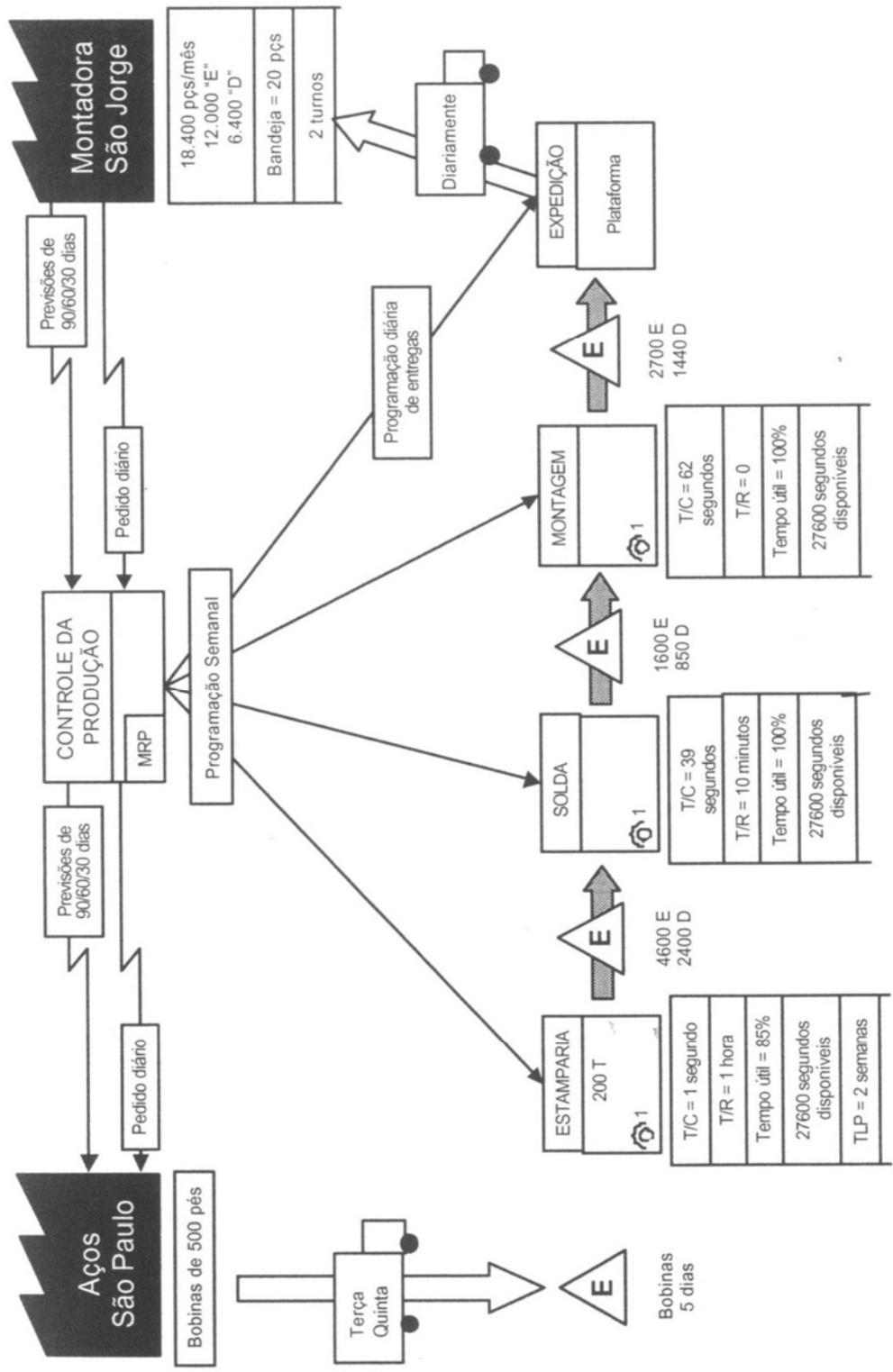


Figura 19: Mapa do Fluxo de Valor (Rother e Shook, 2003)

2.9.1. Mapeamento do estado atual

Cabe fazer uma análise do estado corrente da produção a ser estudada, para ter melhorias implementadas, garantindo, assim, a eliminação de desperdícios.

O mapeamento deve ser inicializado dentro do conceito porta-a-porta, desenhando o processo de fabricação por meio da utilização dos ícones sugeridos, ou por meio de ícones adicionais, que possam ser entendidos por todos da empresa, durante a interpretação.

Quando necessário, o nível da amplitude poderá ser mudado, focalizando o mapeamento de cada etapa individual em um tipo de processo, ou ampliando para abarcar o fluxo de valor externo à planta.

Na realização de um mapeamento, o fluxo de processo e o de informação deve ser trabalhado com a mesma importância, já que antecedendo a utilização dos conceitos de Manufatura Enxuta, havia foco somente na produção, não sendo considerado o desperdício do fluxo de informações, que pode aumentar ou reduzir o valor agregado, dependendo da sua estrutura. De acordo com Rother e Shook (2003), é eficiente a utilização de “dicas” para este mapeamento:

- As informações de estado atual, quando possível, devem ser coletadas junto dos fluxos reais de materiais e informação;
- Uma caminhada geral ao longo do fluxo deve ser feita, para a compreensão do processo. Posteriormente, informações de cada fase deverão ser reunidas;
- O trabalho de mapeamento deve começar pela expedição, ou seja, do ponto mais próximo do cliente para o início da cadeia;
- Os dados teóricos como o tempo de ciclo, devem ser medidos para evitar falhas por falta de atualização de documentações;
- O desenho do mapa deverá ser feito à mão e a lápis, para facilitar as anotações e modificações necessárias, em campo.

Durante a observação na planta estudada, dados importantes poderão ser coletados, para definir como será o estado futuro. Para isso, a utilização dos ícones deve ser considerada como fundamental, nessa coleta, como: tempo de ciclo (tempo entre a saída de um componente e do próximo, no mesmo processo); o tempo de troca (tempo para mudar a produção de um tipo de produto para o outro); número de pessoas necessárias para operar o processo, que pode ser indicado com um ícone de operador; tempo disponível no turno naquele processo; e outros dados que devem ser considerados, se julgados relevantes para o estudo.

Ainda durante o trabalho de mapeamento, provavelmente serão encontrados lugares onde o estoque se acumula. Esses pontos deverão ser devidamente representados, para serem avaliados, pois estoque representa "dinheiro parado".

Posteriormente, um segundo aspecto deverá ser considerado no mapeamento: o fluxo de informação, por meio do qual é dito o que fabricar e quando, em cada processo. Nessa fase é importante um levantamento de como as informações caminham pela fábrica, pois sua distorção ou falta pode acarretar uma produção empurrada e ocasionar perdas.

Após a elaboração de um mapa de estado atual, poderão ser facilmente observados os diversos desperdícios correntes, tendo-se oportunidades de melhorias, para a elaboração do mapa futuro.

2.9.2. Mapeamento do estado futuro

Por meio do mapeamento do fluxo de valor, os desperdícios podem ser destacados e eliminados, e esse ganho potencial é projetado no mapa do estado futuro, que pode se tornar real em pequenos intervalos de tempo, dependendo diretamente de decisões estratégicas.

O mapa do estado futuro visa à construção de uma cadeia de produção em que os processos individuais sejam articulados aos seus clientes por meio de fluxo contínuo ou puxado,

sendo produzido apenas aquilo que o cliente precisa no momento certo. Para isso, adotam-se algumas regras para que o sistema obtenha êxito em sua implantação:

- Encontre o *Takt time* para a cadeia de valor, pois ele mostrará o ritmo em que a fábrica deverá trabalhar para a obtenção de peças focadas ao fluxo contínuo, produzindo de acordo com a demanda do cliente. Dessa forma, muitos dos inventários de processo poderão ser minimizados ou até mesmo eliminados.
- Defina onde será usado sistema de puxadas, geralmente com a utilização de supermercados e *kanban* e a metodologia de trabalho do mesmo. Essa definição dependerá de fatores como os padrões de compra do cliente (interno ou externo), da confiabilidade dos processos e das características do produto.
- Introduza o nivelamento das atividades, permitindo que o operador atue de forma multifuncional, executando sempre um trabalho padrão.
- Desenvolva, ainda, o comprometimento dos operadores para com os cuidados de seu equipamento, incluindo lubrificação e algumas pequenas manutenções (*TPM*). Esse ponto é tido como base para o sucesso do sistema, pois um sistema enxuto está diretamente relacionado com as condições de seus equipamentos.
- Projete/opere usando times multifuncionais, para assegurar que o sistema (não apenas o processo) seja otimizado. O maior desperdício é não usar o raciocínio de uma equipe de trabalho. Se o desejo é assegurar que o sistema seja otimizado, é necessário envolver todas as pessoas que dão suporte ao sistema.
- Mantenha a simplicidade das atividades, evitando soluções aparentemente fantásticas, mas extremamente complexas. Isso mantém as pessoas comprometidas com o processo e capazes de melhorar o sistema, mantê-lo e facilita o treinamento e o tempo de respostas às mudanças.
- Use os recursos de informática para auxiliar em simulações. Uma simulação pode avaliar vários arranjos físicos de processos e pode ajudar a determinar qual projeto satisfaz melhor a necessidade do seu cliente. Fluxos de processos, tempos de ciclo estimados, taxas de rejeição, tempo de conserto e *downtime* de máquina fornecem a base para todos os modelos de simulação utilizados nesse processo.

- Pratique as melhorias contínuas (*Kaizen*) para eliminar desperdícios, que possam ser observados somente após a instalação da planta, pois o mapeamento da cadeia de valor é um documento “vivo” que pode ser constantemente melhorado.

A representação do estado futuro também é feita com utilização de ícones que desenham uma nova cadeia de valor esperada, a qual foi projetada a partir da identificação dos desperdícios do mapa de estado atual.

A seqüência de abordagem das regras para a projeção do estado futuro varia de caso a caso, e a distinção entre as etapas pode parecer muito sutil, pois elas acontecem praticamente ao mesmo tempo. Ainda assim, é necessário ter em mente um modelo de regras que, durante a progressão dos trabalhos, se apoiem mutuamente.

Para que se crie maior impacto financeiro por meio da utilização do mapeamento, é sugerido que a implementação seja feita por meio da utilização do fluxo contínuo, devido a sua simplicidade de execução e facilidade na identificação de desperdícios. Outras ferramentas podem ser utilizadas para se definir quais melhorias de processo serão necessárias para o fluxo de valor fluir, conforme especifica o projeto do estado futuro.

Quando houver dúvidas sobre a priorização de ferramentas, recomenda-se que sejam implementados os pontos mais evidentes, identificados no mapeamento do estado atual, que apresentem maior facilidade em sua realização. Essa decisão motiva a equipe envolvida, devido à visualização de pontos concretizados. A projeção do estado futuro permitirá à equipe envolvida uma visualização rápida dos potenciais ganhos; porém, para obter uma mensuração exata, torna-se necessária sua efetivação, pois as previsões podem ser muitas vezes otimistas ou pessimistas em excesso.

2.10. Times de Trabalho

Um time pode ser definido como “um grupo de indivíduos que trabalham em conjunto para produzir produtos ou fornecer serviços pelos quais eles são mutuamente responsáveis” (Cohen & Mohrman, 1995). 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. Há diferentes tipos de times, entre eles:

- Times de trabalho, que são formados para realizar os processos centrais de transformação numa organização. Podem ser times de produção ou, dependendo da natureza da companhia, times de desenvolvimento de produtos, de comercialização de produtos, de engenharia simultânea ou de consultoria. Os resultados esperados desses times são produtos ou serviços entregues a clientes internos ou externos. Exemplo: grupos semi-autônomos de trabalho;
- Times de integração, formados para garantir a integração entre os trabalhos desenvolvidos em partes diferentes da organização. Os resultados esperados são integração e coordenação direcionada para resultados. Times de gerenciamento é um exemplo especial de times de integração, que têm seu poder de influência reforçado pela sua posição hierárquica. O resultado esperado não é apenas o direcionamento, mas também o gerenciamento do desempenho. Exemplo: time de projeto;
- Times de melhoria, formados para realizar melhorias na capacidade da organização em entregar produtos e serviços de forma efetiva, alcançando melhores resultados. Um bom indicador da efetividade de um time é sua habilidade em melhorar constantemente seu desempenho, através de mudanças nas estratégias internas de produção e na sua forma de relacionamento com clientes. Assim, qualquer tipo de time pode ser visto como um time de melhoria. Exemplo: Círculo de Controle da Qualidade.

Morita (2001) adiciona mais dois tipos de times:

- Times inter-empresas, formados para melhorar o acesso a mercados e tecnologias num ambiente global, integrando competição e rivalidade com cooperação e colaboração, o que potencializa o aprendizado organizacional e viabiliza grandes projetos;
- Times inter-institucionais, formados entre empresas, universidades e órgãos governamentais ou não para resolver problemas como educação da força de trabalho e temas para Pesquisa e Desenvolvimento importantes para toda uma cadeia produtiva ou para a economia regional ou nacional como um todo.

Cada um desses times tem características específicas que direcionam sua forma de gerenciamento. Os times de trabalho, por exemplo, têm responsabilidade pelo gerenciamento de suas próprias atividades de trabalho. Já os times de melhoria atuam na mudança da forma de trabalho das diversas áreas da empresa, só obtendo sucesso se suas idéias são aceitas. Para isso eles precisam ter legitimidade de ação reconhecida pela liderança da companhia, da mesma forma que os times de gerenciamento. Além disso, é importante ter em mente que todos estes tipos de times de trabalho são importantes para o bom desempenho de uma empresa na chamada Nova Economia globalizada. Bons times de trabalho operacionais não são sozinhos uma garantia de sucesso organizacional (Morita, 2001).

A duração do time pode ser permanente ou temporária. No primeiro caso, o gerenciamento baseado no estabelecimento de metas, acompanhamento e recompensa é aplicável. No segundo caso, é mais fácil trabalhar com pontos-chave de acompanhamento do projeto. Outro ponto importante influenciado pela duração do time é o investimento em treinamento e autogerenciamento. Os times permanentes ou mais duradouros são o campo mais fértil e mais promissor em termos de ganho com o autogerenciamento. Outros pontos importantes na dinâmica de trabalho de uma estrutura em times são a perspectiva de grupo (foco no coletivo/time e não no indivíduo) e a clarificação da responsabilidade de decisão, deixando claro qual o domínio de decisão dos times.

Hackman (1990) *apud* Cohen & Mohrman (1995) divide os índices de *performance* dos times em três categorias:

- *Performance* produtiva: custo, qualidade, produtividade e entrega do produto ou serviço fornecido. É composta pela performance individual do time e pela sua contribuição ao resultado final da planta ou do negócio (boa utilização de recursos dentro dos times e boa relação entre os times);
- Aprendizado e melhoria: habilidade do time em trabalhar em conjunto, aumentando sua capacidade de interação e geração de resultados (desenvolvimento e utilização de habilidades chave);
- Satisfação das necessidades e ambições individuais dos membros do time, garantindo o comprometimento das pessoas.

Wellins *et al.*(1994) salientam que as condições que levam ao aprendizado e melhoria geralmente têm um impacto negativo na performance em curto prazo, devendo-se estar atento para a definição de indicadores. Uma organização baseada em times de trabalho é em essência uma organização que aprende (*learning organization*), sendo a alta-gerência o responsável pela liderança do processo de aprendizado. Também são flexíveis e mudam constantemente, evitando estruturas estáveis e padronizadas (Roy, 2003). A satisfação também é necessária para garantir a viabilidade a longo-prazo dos recursos humanos da organização. Aspectos do contexto organizacional (sistema de recursos humanos, práticas gerenciais, processos de tomada de decisão e compartilhamento de informação, visão e missão da empresa) são tão importantes para a efetividade dos times quanto seus processos internos.

2.10.1. Grupos de Trabalho Semi-Autônomos (GSA)

As equipes, times ou grupos de trabalho semi-autônomos (GSA) são baseados na melhoria contínua 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 indivíduo 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 indivíduo atua” (Marx, 1998).

As definições acadêmicas de GSA variam ao longo do tempo e também de acordo com o país, tendo como principal ponto de divergência a definição de funções e a responsabilidade pelo trabalho. Abaixo estão algumas dessas definições:

A definição utilizada originalmente no Brasil por Fleury & Vargas (1983) era:

“Um grupo semi-autônomo (GSA) é uma equipe de trabalhadores que executa, cooperativamente, as tarefas que são designadas ao grupo, sem que haja uma predefinição de funções para os membros”.

Roy (2000) fornece o seguinte conceito de grupos semi-autônomos:

“Um modo de organização do trabalho no quais 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 certos limites, funções de gestão além das tarefas de produção”.

Borsoi (2002), em sua dissertação de mestrado, define-os como:

“Equipes de caráter permanente, que frente a um contexto técnico e organizacional específico, têm poder de decisão em diferentes dimensões e profundidades, compatível para se auto conduzir e encaminhar assuntos do dia-a-dia.”

Os GSA desenvolveram-se originalmente na indústria de mineração inglesa como uma reação ao descontentamento dos trabalhadores e à baixa produtividade (Dankbaar, 1997). Assim, o principal objetivo da introdução de GSA foi um aumento de motivação e de produtividade.

Posteriormente, nos países do norte da Europa nas décadas de 60 e 70, com o aumento da escolaridade e capacitação da força de trabalho, a monotonia do trabalho de curto-ciclo (menos de 1 minuto) típico da produção em massa levou a um grande aumento das taxas de absenteísmo e rotatividade, com conseqüente redução da qualidade dos produtos e serviços. Foi quando as experiências prático-acadêmicas na área de Projeto de Sistemas Sócio-Técnicos

(*Sociotechnical Systems Design - STSD*) estruturaram-se e desenvolveram-se, tendo como um dos seus principais objetivos a melhoria da qualidade de vida no trabalho. A abordagem europeia de STSD foi fortemente afetada pelo fechamento em 1993 da planta da Volvo em Uddevalla, o principal resultado de anos de estudo (Dankbaar, 1997). Os princípios dos sistemas sócio-técnicos são:

- Economia gerada pela integração de tarefas e auto-regulação dos times de trabalho;
- Unidade entre preparação, execução e controle;
- Grupos autônomos como a unidade básica da organização;
- Aumento dos ciclos de trabalho individuais pelo enriquecimento do trabalho;
- Fluxos produtivos paralelos baseados em tecnologia de grupo;
- Automação flexível.

Os times são vistos como unidades básicas da organização para a preparação, execução e controle do trabalho, sendo responsáveis pelos resultados obtidos, desde que tenham recebido os meios adequados para absorver esta responsabilidade (Dankbaar, 1997). Para Roy (2000), que utiliza muito mais o termo “equipe” do que “grupo”, é intrinsecamente necessário uma relação de longo prazo entre os membros e a existência de um “espírito de equipe” que ultrapassa a soma dos indivíduos e do qual eles tenham consciência. O nível de autonomia dos times é limitado - por isso grupos semi-autônomos - por decisões tecnológicas, determinação de tarefas e limites impostos pelas regras de funcionamento da organização. Alguns preceitos básicos são a multifuncionalidade (flexibilidade), equipamentos flexíveis, opção de coordenação, controle dos processos internos, participação nos limites de controle e responsabilidade pelas melhorias e inovações operacionais e estruturais.

2.10.2. Times Auto-Dirigidos

A denominação "Grupos Semi-Autônomos" passou por adaptações e evoluções ao longo do tempo, passando a ser chamado de time auto-dirigido (*self-directed work team*) ou autogerenciável (*self-managed work team*) a partir dos anos 80. A diferença conceitual básica desses times para os GSA está no foco maior dado aos ganhos de produtividade em detrimento da melhoria da qualidade de vida no trabalho. Os objetivos mais comuns são a melhoria da qualidade, produtividade e serviço, maior flexibilidade, redução dos custos operacionais, maior rapidez de resposta às mudanças tecnológicas, categorias funcionais menores e mais simples, mais eficiência de resposta aos novos valores dos colaboradores, habilidade para atrair e reter as melhores pessoas, melhorar a satisfação no trabalho, redução do número de níveis hierárquicos, redução da mão-de-obra indireta.

Estudos realizados por Roy (2003) no Québec também mostram uma grande correlação entre o trabalho em equipes auto-dirigidas e a performance em segurança das empresas. Índices de rotatividade, absenteísmo e acidentes de trabalho apresentaram uma redução considerável. A pressão entre os membros da equipe, quando reconhecida legitimamente, influencia positivamente atitudes e comportamentos seguros, levando as empresas a níveis de segurança no trabalho acima da média da indústria. Por outro lado esta pressão, quando não reconhecida legitimamente pelos membros da equipe, pode causar tensão no time e situações de estresse.

Essas abordagens remodeladas dos GSA's podem ser consideradas mais práticas e acessíveis às empresas do que o sistema sócio-técnico original, mais acadêmico. Quanto às características dos times, elas continuam praticamente as mesmas, como pode ser visto na descrição abaixo de Wellins *et al.*(1994) para os grupos auto-dirigidos:

- 1) Grupo íntegro que trabalha em conjunto contínua e diariamente, não sendo formado para uma finalidade específica;
- 2) O trabalho normalmente é projetado para dar à equipe a propriedade de um produto ou serviço;
- 3) Membros são capacitados a compartilhar funções de gerenciamento e liderança;

4) Membros são responsáveis pelo planejamento, controle e melhoria dos processos de trabalho;

5) Membros podem ser responsáveis por todas as atividades da equipe relativas a controle orçamentário, de estoque, treinamento, contratação, qualidade.

Os pré-requisitos para se adotar uma organização baseada em equipes auto-gerenciáveis são a cooperação, troca de informações, flexibilidade, paciência e tolerância a erros.

Geralmente empresas que partem para uma abordagem de times auto-dirigidos já apresentam bons índices de *performance* gerencial e operacional.

2.10.3. Empowered Teams

Outra faceta dos Grupos Semi-autônomos são os *empowered teams*. A tradução literal de *deempowerment* é:

“investir” ou “cobrir com” (prefixo *em-*)

“controle, autoridade, domínio” (*power-* poder).

“Ocorre quando, pela transferência de atividades, os indivíduos adquirem a sensação de propriedade e controle sobre suas tarefas, demonstrando mais iniciativa, autoridade e responsabilidade” (Wellins et al., 1994).

No entanto, para Babson (1995) *empowerment* significa não apenas maior responsabilidade e autoridade formal pelas atividades cotidianas, mas também a “capacidade de mobilizar” os recursos internos da empresa (tempo, pessoas, ferramentas, etc.) para a solução de seus problemas cotidianos. Esta “capacidade de mobilizar” é um determinante crucial de poder.

Empowerment também subentende a propriedade de conhecimentos, habilidades, informação, recursos e poder para “fazer a diferença”. Poder no sentido de ter autoridade para tomar decisões e influenciar decisões que impactam nas atividades do time.

Empowerment também não significa autonomia completa, uma vez que os times estão inseridos em unidades de negócios com metas e objetivos específicos. Assim, é impossível para qualquer time ter autonomia completa para a tomada de decisões. Também exige um forte direcionamento dos gerentes, que não devem de forma alguma se afastar.

Dessa forma, o *empowerment* necessita direcionamento, desenvolvimento de habilidades de grupo e um contexto organizacional apropriado. O direcionamento é importante primeiro para concentrar atenção e esforços, e em segundo para facilitar o alinhamento dos objetivos individuais dos membros aos objetivos da organização. Habilidades de grupo incluem habilidades técnicas, de negócios, relacionamento interpessoal e organizacional. O contexto organizacional inclui informação sobre metas e resultados obtidos nos diversos níveis organizacionais: time, empresa e corporação. Maskell (2002) adaptou estes termos para a produção enxuta como sendo célula, fluxo de valor e corporação.

Um processo interessante foi o que ocorreu na CAMI, *joint-venture* formada no início da década de 90 pela *General Motors* com a *Suzuki* na cidade de Ingersoll, em Ontário (Canadá), onde os times de trabalho eram vistos muito mais como uma expressão de engenharia social do que como um novo sistema ou unidade fundamental de produção (Rinehart *et al.*, 1995). Apesar desta interpretação interessante, os resultados obtidos não eram os melhores esperados: as ações da empresa eram voltadas muito mais para a própria companhia do que para o desenvolvimento dos times, o relacionamento entre os membros do time e o *team leader* (escolhido pela companhia) era ruim, a política de reposição e retorno ao trabalho de operadores com restrições e problemas médicos não era satisfatória e as melhorias propostas pelos times não eram nem implementadas e nem mantidas. Nestas condições de trabalho, os operadores realizaram uma greve de cinco semanas e obtiveram grandes melhorias, entre elas: o *team leader* passou a ser escolhido por eleição entre os membros do time, o número de pessoas nos times ficou limitado a doze, para evitar uma fácil redistribuição do trabalho em casos de absenteísmo, atraso e afastamento médico. Melhorias estas que aumentaram a coesão do time e melhoraram o ambiente de trabalho.

As informações obtidas até agora podem ser condensadas na Figura 20, que representa estruturalmente as necessidades para uma empresa baseada em times de trabalho obter sucesso:



Figura 20: Autogerenciamento no ambiente empresarial. (Adaptado de Wellins et al., 1994)

2.11. *Kaizen* – Melhoria Contínua

Em japonês, *kaizen* significa melhoria contínua. A palavra implica melhoria que envolve todos e envolve relativamente poucas despesas. A filosofia *kaizen* assume que seu estilo de vida deve ser o foco dos esforços de melhoria contínua (Imai, 1996).

Araujo & Rentes (2006) definem *Kaizen* como sendo esforços de melhoria contínua, executados por todos dentro da corporação, sendo que o seu foco central é a busca pela eliminação dos desperdícios. Já a definição de um Evento *Kaizen* pode ser compreendida como sendo um time dedicado a uma rápida implantação de um método ou ferramenta da manufatura enxuta, em uma área em particular e em um curto período de tempo.

Segundo Rother & Shook (1999, *apud* Araújo e Rentes, 2006) há dois níveis de *kaizen*:

- *Kaizen* de fluxo: ou de sistema, que enfoca no fluxo de valor, dirigido ao gerenciamento;

- *Kaizen* de processo: que enfoca em processos individuais, dirigido às equipes de trabalho e líderes de equipe;

O *kaizen* também é um processo de resolução de problemas, pois exige o uso de várias ferramentas de solução de problemas. O melhoramento atinge novas alturas, a cada problema resolvido. No entanto, para consolidar o novo nível, o melhoramento deve ser padronizado.

Quando relacionado à aplicação de mapeamento do fluxo de valor, o *kaizen* tem como objetivo identificar os focos de desperdícios e definir a melhor ferramenta para suportar um trabalho para a sua eliminação. Normalmente, no mapa do estado atual, utilizam-se ícones para ilustrar o ponto de geração de desperdícios, citando-se a ferramenta a ser aplicada para solucioná-los e demonstrando uma projeção de estado futuro após a minimização ou eliminação dos desperdícios.

Os projetos de *kaizen* normalmente se manifestam em forma de sugestões. Portanto, a atenção e a receptividade da administração para com o sistema de sugestões é essencial, se deseja ter “operários pensantes”, que procurem por maneiras melhores de realizar o seu serviço. Dessa forma, a administração deve implantar um plano bem projetado, para assegurar que o sistema de sugestões seja dinâmico. Esses sistemas de sugestões estão em operação na maioria das grandes empresas de manufatura e em cerca da metade das pequenas e médias empresas.

Segundo a Associação Japonesa de Relações Humanas, os principais temas das sugestões, nesse sistema das empresas japonesas, são:

- Melhoramentos no próprio trabalho;
- Economia de energia, de materiais, e outros recursos;
- Melhoramentos no ambiente de trabalho;
- Melhoramentos nas máquinas e processos;
- Melhoramentos nos dispositivos e ferramentas;
- Melhoramentos no trabalho de escritório;
- Melhoramentos na qualidade do produto;
- Idéias de novos produtos;
- Serviços e relações com o consumidor;

A prática do *kaizen* depende do contínuo monitoramento dos processos, através da utilização do ciclo de Deming (ciclo *PDCA* ou *PDSA*). Neste sentido a análise dos processos é relevante para a manutenção e melhoria dos mesmos, contemplando inclusive o planejamento, padronização e a documentação destes. O uso do *PDCA* pode ser assim descrito:

P (*Plan* = Planejar): Definir o que queremos, planejar o que será feito, estabelecer metas e definir os métodos que permitirão atingir as metas propostas.

D (*Do* = Executar): Tomar iniciativa, treinar, implementar, executar o planejado conforme as metas e métodos definidos.

C (*Check* = Verificar): Verificar os resultados que se está obtendo, verificar continuamente os trabalhos para ver se estão sendo executados conforme planejado.

A (*Action* = Agir): Fazer correções de rotas se for necessário, tomar ações corretivas ou de melhoria, caso tenha sido constatada na fase anterior a necessidade de corrigir ou melhorar processos.

A Figura 21 apresenta a importância da relação entre padronização e o *Kaizen*. A melhoria estável, que permitirá lançar o processo no próximo nível, só pode ser alcançada a partir de processos padronizados. A subida pela escada (processo de *Kaizen*) só pode ser considerada segura e contínua se todos os degraus (padronização das operações), um após o outro, forem construídos de forma sólida e consistente. A prática do *Kaizen* sem padronização corresponde a tentativa de subir a escada, depositando-se todo o peso do corpo sobre um degrau mal estruturado; o risco do degrau ruir e com ele nos levar escadaria abaixo é iminente.

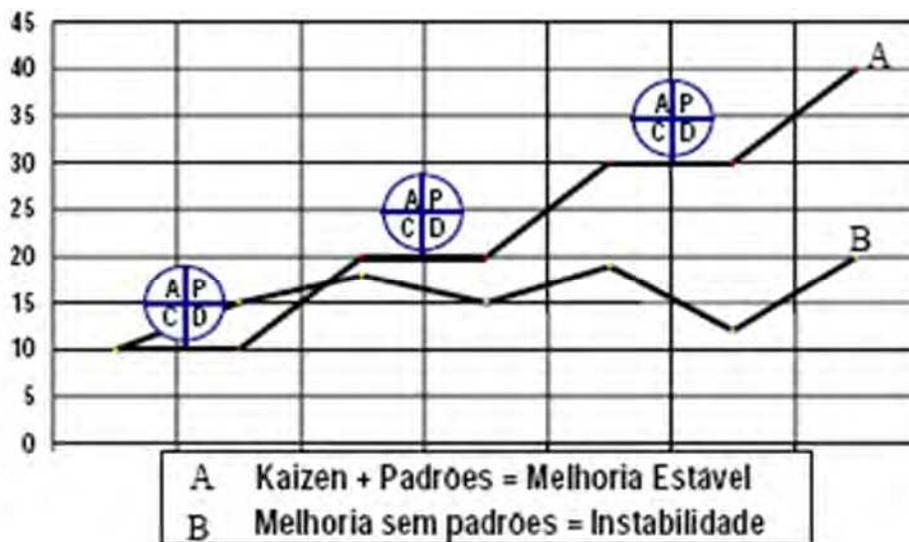


Figura 21: *Kaizen* e Padronização (Ohno, 1997)

2.12. Trabalhadores como agentes de mudança

No processo de mudança do sistema de produção os funcionários desempenham um papel fundamental, pois tem participação direta neste processo de mudança. Os funcionários devem estar comprometidos com os conceitos do produto, trabalhando ativamente para criar novos métodos e processos muito antes da criação do primeiro protótipo.

Outro benefício adicional é o da gerencia poder usar o comprometimento dos funcionários como oportunidade para ensinar noções de objetivos financeiros a eles, por exemplo, relacionar um bom dia de produção aos desafios do mercado.

Quando os funcionários entendem que a nova estrutura está lhes oferecendo estabilidade de emprego e oportunidades diárias de motivação, eles sentem maior satisfação no trabalho e passam a discutir de maneira mais aberta os fatos que realmente tem influência em suas operações. Estruturas organizacionais *lean* podem ajudar a construir esta confiança e abertura.

3. Metodologia de pesquisa e de desenvolvimento do trabalho

Segundo Silva e Menezes (2000), existem diversas maneiras de classificar as pesquisas, neste capítulo são detalhadas essas formas clássicas e em que categoria dentro delas o trabalho proposto está referenciado.

3.1. Natureza da pesquisa

Esta categoria é dividida em pesquisa básica – desenvolvimento de uma nova teoria, geração de novos conhecimentos – e pesquisa aplicada – solução de problemas aplicando-se a teoria, geração de conhecimento para a aplicação prática (Silva e Menezes, 2000). A pesquisa aplicada também possui preocupação centrada na solução rápida de problemas locais.

O trabalho em questão está no âmbito de pesquisa aplicada.

3.2. Abordagem do problema de pesquisa

A abordagem do problema de pesquisa pode definir uma pesquisa em quantitativa ou qualitativa. Na primeira, considera-se que tudo pode ser quantificado, que é possível transformar em números as opiniões e informações para possibilitar a sua classificação e análise, isto pode ser realizado muitas vezes com a aplicação de técnicas estatísticas. Na segunda, há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, uma ligação indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números (Silva e Menezes, 2000).

Para a pesquisa qualitativa, segundo Silva e Menezes (2000), a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas e não requerem utilização de métodos e

técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para a coleta de dados e o pesquisador é o instrumento chave. É uma pesquisa descritiva e o pesquisador tende a analisar seus dados indutivamente.

Pode-se classificar o presente trabalho em pesquisa qualitativa, uma vez que se baseia nas interpretações do pesquisador em relação a uma situação específica, cujas análises e interpretações são realizadas de maneira subjetiva. Utiliza dados numéricos para ilustrar assuntos particulares, sem qualquer utilização de métodos e técnicas estatísticas.

3.3. Objetivos da pesquisa

Visualizando a partir dos objetivos de uma pesquisa, Gil (1991) define que a pesquisa pode ser:

- Exploratória: visando proporcionar maior familiaridade com o problema de modo a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Envolve levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos que estimulem sua compreensão.
- Descritiva: para permitir descrição das características de determinada população ou fenômeno, ou estabelecimento de relações entre variáveis envolvendo uso de técnicas padronizadas de coleta de dados – questionário e observação sistemática.
- Explicativa: visa identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de fenômenos, aprofunda conhecimento da realidade explicando a razão e o porquê das coisas.

Este trabalho constitui uma pesquisa exploratória, por serem os seus objetivos definidos para a busca de informações e relações para permitir a conclusão acerca da proposta definida.

3.4. Procedimentos técnicos de pesquisa

Procedimentos técnicos de pesquisa para Silva e Menezes (2000) ou Estratégia de pesquisa para Yin (2001), são divididos em:

- Pesquisa Bibliográfica: elaborada a partir de material já publicado (livros, artigos de periódicos, material de internet);
- Pesquisa Documental: a partir de documentos ou material que não recebeu tratamento analítico;
- Pesquisa Experimental: quando se determina um objetivo de estudo, selecionando-se as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definem-se as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto;
- Levantamento: quando a pesquisa envolve a interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer;
- Estudo de caso: estudo profundo e exaustivo de uns poucos objetos de maneira a permitir seu amplo e detalhado conhecimento. É um método aplicável para o exame de acontecimentos contemporâneos, constituindo-se de uma investigação empírica que analisa um fenômeno dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos (Yin, 2001).
- Pesquisa *Ex-Post-Facto*: quando o experimento é realizado após os fatos;
- Pesquisa-ação: a partir de um dado problema, os envolvidos compõem um grupo com metas comuns e desempenham papéis diversos, na necessidade de associar pesquisa e ação para sua resolução;
- Pesquisa Participante: desenvolve-se a partir da interação entre pesquisadores e membros das situações investigadas.

Nesta dissertação, a pesquisa-ação é a estratégia utilizada porque é a que mais colabora para que os objetivos propostos neste trabalho sejam alcançados, e pela maneira como a relação entre pesquisador e pesquisados será conduzida neste trabalho, sendo necessário seu detalhamento a seguir.

Pesquisa-ação: O conceito clássico de pesquisa-ação dado por Thiollent (2000) é de que “a pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo”.

Para Franco (2005) a opção do pesquisador de trabalhar com pesquisa-ação presume que ele “tem a convicção de que pesquisa e ação podem e devem caminhar juntos quando se pretende a transformação da prática.”

A pesquisa-ação pode ser considerada segundo Lavoie, Marquis e Laurin⁹ (1996 *apud* Franco, 2005):

- Uma abordagem de pesquisa, com característica social, associada a uma estratégia de intervenção e que evolui num contexto dinâmico;
- É uma pesquisa que parte do pressuposto que pesquisa e ação podem estar reunidas;
- Essa pesquisa pode ter por objetivos a mudança, a compreensão das práticas, a resolução dos problemas, a produção de conhecimentos e/ou a melhoria de uma situação dada, na direção proposta pelo coletivo;
- Deve ser originada das necessidades sociais reais, estar vinculada ao meio natural de vida, contar com a participação de todos os envolvidos em todas as etapas;
- Metodologicamente, deve ter procedimentos flexíveis, ajustar-se progressivamente aos acontecimentos, estabelecer uma comunicação sistemática entre seus participantes e se auto-avaliar durante todo o processo;
- Ter característica empírica, estabelecer relações dinâmicas com o vivido e enriquecer-se com categorias interpretativas de análise;
- Deve possuir um *design* inovador e uma forma de gestão coletiva, na qual o pesquisador é também participante e os participantes também são pesquisadores.

⁹ LAVOIE, L. MARQUIS, D.; P. La recherché-action: théorie et pratique. *Manuel d'autoformation*. Canadá; Presses de l'Université Du Québec, 1996.

Ainda pode-se dividir a pesquisa-ação em três conceituações diferentes: pesquisa-ação colaborativa, pesquisa-ação crítica e pesquisa-ação estratégica, dependendo respectivamente de quem desencadeiam a motivação para a ação, grupo, pesquisador e grupo, e pesquisador. Pesquisa-ação colaborativa, na qual é baseado esse trabalho, é aquela em que a função do pesquisador é de, a partir da busca de transformação pelo grupo, fazer parte e cientificar o processo de mudança (Franco, 2005).

Neste caso, os pesquisadores e membros da organização colaboram na definição do problema, na busca de soluções e, simultaneamente, no aprofundamento do conhecimento científico (Thiollent, 2000).

De acordo com Koch e Kornicki (2008), a Manufatura Enxuta quebra as tradicionais causas de variabilidade com o uso de ferramentas para melhoria do sistema. Com o objetivo de demonstrar a influência do conhecimento dos trabalhadores em manufatura enxuta sobre os indicadores de produção de uma empresa automobilística, este trabalho constitui-se em pesquisa-ação uma vez que utiliza os conceitos de manufatura enxuta para aperfeiçoamento dos pesquisados a partir da mediação do pesquisador.

A Figura 22 a seguir ilustra a metodologia de pesquisa e de desenvolvimento deste trabalho.

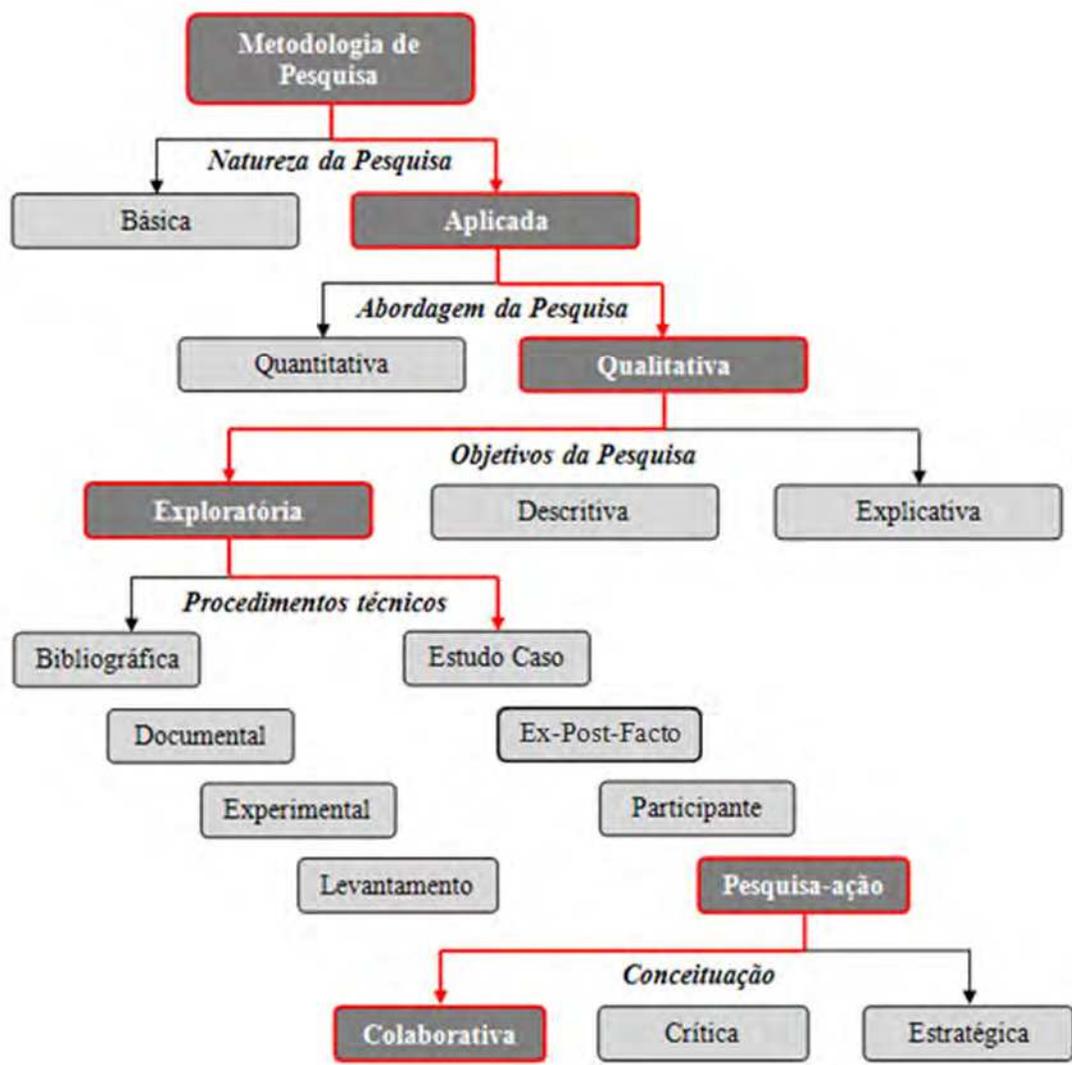


Figura 22: Metodologia de pesquisa e de desenvolvimento do trabalho

4. Aplicação da Metodologia na Empresa Estudada

Este capítulo servirá para conhecer a MWM-International, empresa onde será desenvolvido todo trabalho, conhecendo a sua história e entendendo o sistema de manufatura enxuta dentro da mesma, compreendendo a escolha da linha de montagem e dos seus indicadores produtivos e também os critérios para escolha dos trabalhadores participantes do estudo proposto.

Logo em seguida, serão mostrados os primeiros resultados deste trabalho, a pesquisa referente ao nível cultural *lean* dos trabalhadores do 1º turno da linha de montagem escolhida, bem como os resultados da pesquisa referente ao grau de conhecimento destes trabalhadores nos conceitos, ferramentas e metodologias do sistema de manufatura enxuta.

Também neste capítulo será apresentado o desenvolvimento do trabalho proposto por meio da aplicação da metodologia escolhida, desde o conhecimento específico disseminado em treinamento para os trabalhadores envolvidos neste estudo, o desenvolvimento do mapeamento do estado atual, a identificação de oportunidades de melhorias no processo produtivo analisado, as propostas de melhorias com base nos conhecimentos específicos disseminados entre os trabalhadores escolhidos para o estudo e os indicadores produtivos impactados por essas propostas.

4.1. Histórico

A MWM INTERNATIONAL Motores, subsidiária da norte-americana Navistar International um dos principais fabricantes de motores diesel do mundo, é líder em tecnologia e desenvolvimento de motores diesel da América Latina.

Com mais de 3,4 milhões de motores produzidos em 55 anos de história, conta com uma completa linha de motores da mais avançada tecnologia - de 2,5 a 9,3 litros e de 50 cv a 375 cv de potencia - que cumprem as mais rígidas normas de emissões de poluentes. Os produtos da

companhia atendem, de forma competitiva, qualquer mercado dos segmentos veicular, agrícola, industrial e marítimo.

Com Centro de Tecnologia e de Negócios em São Paulo, e três unidades industriais, instaladas em São Paulo (Capital), Canoas (RS) e Jesus Maria (Córdoba, Argentina), a MWM INTERNATIONAL Motores conta com 2,3 mil colaboradores.

A empresa está estrategicamente instalada no MERCOSUL com o objetivo de atender os clientes da região e trabalhar como base para exportação de produtos para todo o mundo. Hoje a empresa exporta para mais de 30 países, na América do Sul, América do Norte, América Central, Europa e Oceania.

Linha do tempo:

1953 - Início das operações no Brasil;

1995 - Inauguração da fábrica de Jesus Maria (Córdoba - Argentina);

1995 - Inauguração da fábrica de Canoas (Rio Grande do Sul - Brasil);

2001 - Lançamento da família Sprint Eletrônica 4.07 TCE de 2.8 L;

2004 - Lançamento da família de motores eletrônicos Acteon 4.12 TCE e 6.12 TCE;

2005 - Lançamento do motor eletrônico NGD 3.0E;

2005 - Início da Produção do Sprint 4.08 TCE de 3.0 L;

2005 - Criação da MWM INTERNATIONAL Motores a partir da união da MWM Motores Diesel e International Engines South América.

4.2. A Manufatura Enxuta dentro da empresa estudada

No *site* da MWM-International em Canoas as ações referentes à implementação dos conceitos, ferramentas e metodologias da manufatura enxuta tem início no ano de 2002 com o nome de MIMS (*MWM-International Manufacturing System*), onde com base no sistema de avaliação Q1 da Ford, definiu-se um questionário padrão com 72 perguntas para determinar o quão enxuto eram os processos produtivos na empresa, a primeira avaliação foi realizada em abril de 2002, posicionando a empresa no nível 2 com 102 pontos.

Em maio de 2003 foi realizada a 4ª avaliação, onde a pontuação atingiu os 142 pontos, classificando-a no nível 3 e superando os objetivos propostos, isto fez com que o questionário padrão sofresse uma reformulação e passasse a ter 101 perguntas, levando em consideração as auditorias dos clientes e também a norma SAE J4000, o item “pessoas” foi incluso no processo de avaliação.

Em fevereiro de 2004 foi realizada a 1ª avaliação com o novo formato, onde se atingiu 117 pontos, classificando-a no nível 3, esse novo modelo foi apresentado aos clientes em junho de 2004. Todas essas avaliações tinham como resultado um plano de ação para melhorar os itens com menor pontuação dentro do sistema de avaliação.

Ao longo dos anos de 2004 e 2005 ocorreram mais 2 avaliações, com 120 e 135 pontos atingidos, demonstrando evolução nos sistemas produtivos. Essa evolução foi reconhecida por meio do prêmio Q1 recebido da Ford pelos avanços e melhorias nos processos de manufatura e pelas iniciativas no programa *lean manufacturing*.

As avaliações continuaram durante os anos de 2006 e 2007, sendo realizada a última em março de 2008, desde então o programa de avaliação do quão enxuto estão os processos produtivos da MWM-International está parado.

Todavia, a disseminação dos conhecimentos dos conceitos, ferramentas e metodologias do sistema de manufatura enxuta de maneira sistêmica entre os trabalhadores de chão de fábrica

nunca foi objetivo do MIMS, essa disseminação acontecia de maneira esporádica entre os envolvidos nos programas de melhorias resultantes das avaliações citadas anteriormente.

4.3. Definição da linha de montagem escolhida para o estudo

A MWM-International possui no site de Canoas-RS três linhas de montagem de motores diesel. Uma linha chamada de MS (*Medium Speed*) destinada à produção de motores diesel para aplicações agrícolas e geradores, a segunda linha de montagem chamada de I6 destinada à produção de motores diesel para caminhões pesados e a terceira linha de montagem chamada de HS (*High Speed*) destinada à produção de motores diesel para utilização em veículos leves (*pick up*). Essa última por se tratar de uma linha onde o pesquisador possui atuação direta como engenheiro de processo e os trabalhadores já trabalham cooperativamente com o mesmo, definiu-se como a linha de montagem a ser estudada.

4.3.1. Arranjo físico da linha de montagem HS

Definida a linha de montagem HS para desenvolvimento do estudo proposto, faz-se necessário o detalhamento do arranjo produtivo atual da mesma, onde será explícito o arranjo físico posto a posto de trabalho com a quantidade de trabalhadores necessários para cumprimento do volume de produção de 60 motores no 1º turno de trabalho (Figura 23), bem como, a descrição de cada operação posto a posto de trabalho do sistema produtivo em evidência (Tabela 3 do Apêndice).

Com essa definição, objetiva-se o entendimento de todo o processo produtivo da linha de montagem HS, bem como, a forma que os trabalhadores de chão de fábrica atuam no mesmo.

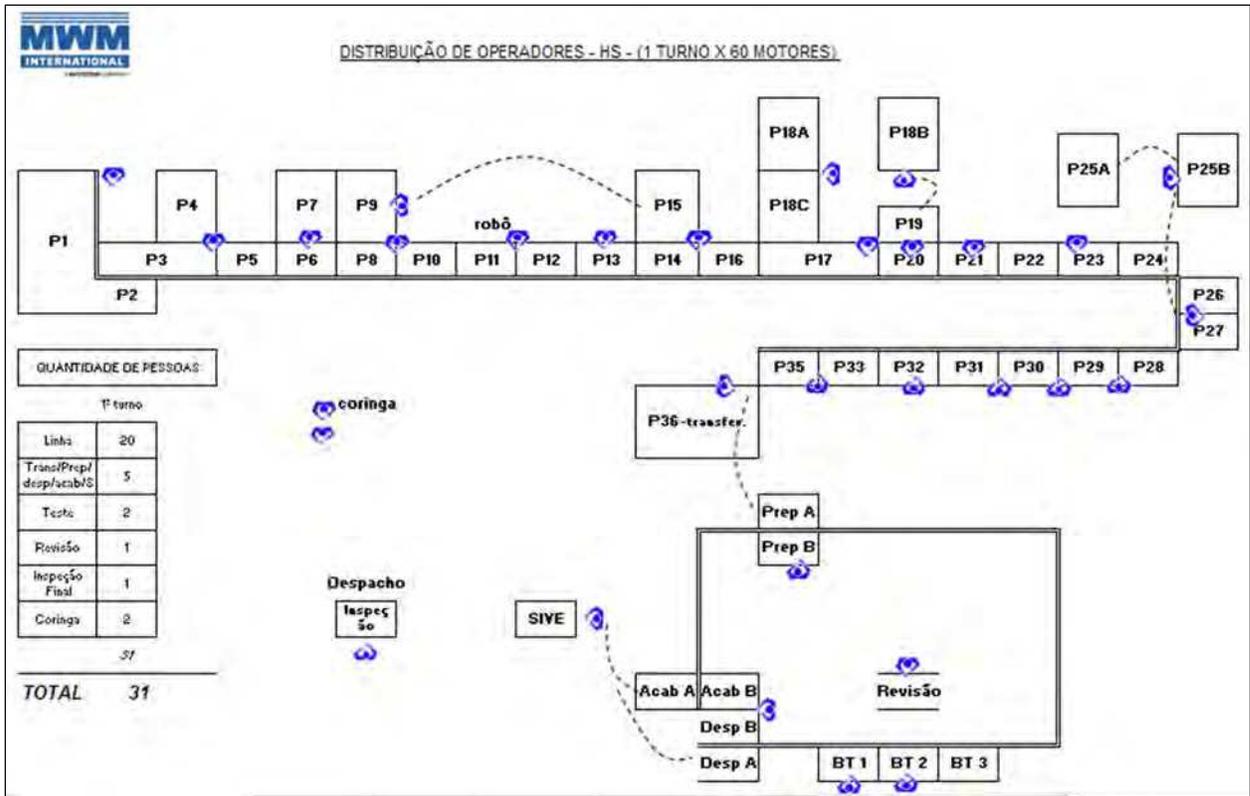


Figura 23: Arranjo físico da linha de montagem HS com distribuição da mão-de-obra para produção de 60 motores no 1º turno de trabalho

4.3.2. Indicadores produtivos

A manufatura enxuta é um paradigma que contribui principalmente com melhorias nos objetivos qualidade e produtividade (Fernandes & Maccarthy, 1999; Godinho Filho, 2004).

A utilização de determinados indicadores produtivos representa a estabilidade e evolução produtiva, demonstra o aumento de produtividade, melhora da qualidade, aumento da eficiência de equipamentos e de mão-de-obra e melhora na organização do ambiente de trabalho.

Definido quais serão os objetivos principais que são esperados com relação à implementação dos princípios da manufatura enxuta, ou seja, se a aplicação dos mesmos visa à melhoria dos objetivos da manufatura qualidade ou produtividade separadamente, ou ambos ao

mesmo tempo, a análise dos indicadores deve ser feita em função dos objetivos definidos.

Podem-se citar como indicadores utilizados pelo setor da Montagem HS da MWM-International e que servirão para análises futuras dos resultados decorrentes da implementação dos conceitos, ferramentas e metodologias da manufatura enxuta, os seguintes: rejeições de qualidade interna, estoque em processo, eficiência da produtividade (produção & meta diária), eficiência global de equipamento, *lead time*, tempo de ciclo & *takt time*, programa 5S, melhorias no processo.

4.3.3. Trabalhadores do chão-de-fábrica

Definiu-se que os trabalhadores do primeiro turno de trabalho desta linha, turno este que está compreendido entre às seis horas e quinze horas e 48 minutos, seriam os participantes deste estudo, uma vez que são as pessoas deste turno que passam a maior parte do período coincidindo com o turno de trabalho do pesquisador, turno este compreendido entre às sete horas e trinta minutos e dezessete horas e trinta minutos, oportunizando um maior período de contato para desenvolvimento deste trabalho.

A partir das definições acima, a pesquisa abaixo foi realizada entre os trabalhadores do primeiro turno da linha de montagem HS (30 pessoas) considerando três características: faixa etária (Figura 24), tempo de empresa (Figura 25) e escolaridade (Figura 26).

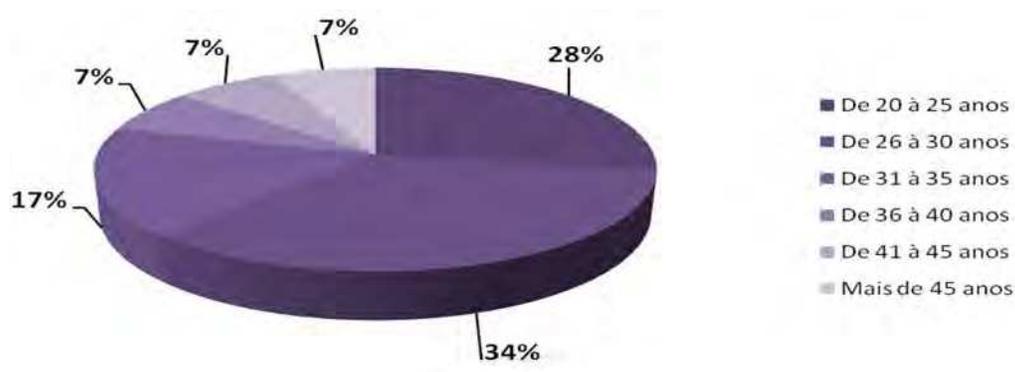


Figura 24: Faixa etária dos trabalhadores do 1º turno da linha de montagem HS

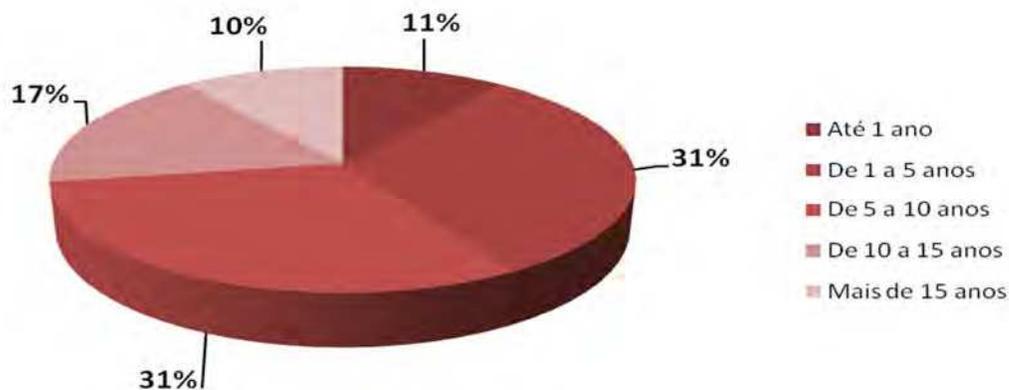


Figura 25: Tempo de empresa dos trabalhadores do 1º turno da linha de montagem HS

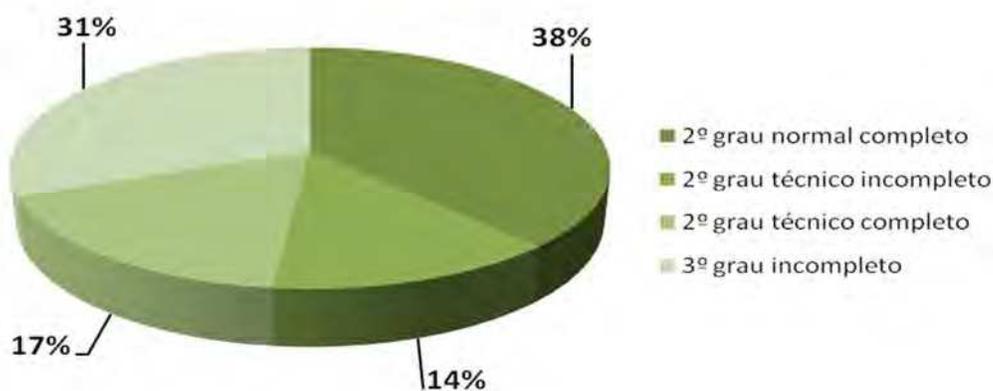


Figura 26: Grau de escolaridade dos trabalhadores do 1º turno da linha de montagem HS

Com base nos dados mostrados acima, pode-se citar como características de destaque: 72% dos trabalhadores do primeiro turno da linha de montagem HS possuem mais de 26 anos de idade, 58% dos trabalhadores possuem mais de 5 anos de trabalho na empresa e 31% dos trabalhadores possuem o 3º grau incompleto.

Vale salientar que o tempo de empresa dos pesquisados diz respeito a atividades correlacionadas ao sistema de produção de motores diesel da MWM-International, e que a formação superior incompleta diz respeito a cursos de graduação correlatos coma área de atuação

profissional dos mesmos, tais como: engenharia mecânica, engenharia de produção e gestão da produção. Conclui-se com isso, que a população objeto deste estudo possui um bom nível de maturidade.

4.3.4. Avaliação do nível cultural *lean*

Muitas empresas que desejam tornar-se “enxutas” simplesmente tentam imitar as ferramentas da Toyota e acabam com sistemas de produção rígidos e inflexíveis que funcionam bem no curto prazo, mas não resistem ao teste do tempo (Spear, 2004). De acordo com Liker (2006), “ferramentas e técnicas não são armas secretas para transformar uma empresa. O contínuo sucesso da Toyota na implementação dessas ferramentas origina-se de uma filosofia empresarial mais profunda baseada na compreensão das pessoas e da motivação humana. Seu sucesso, essencialmente, baseia-se em sua habilidade de cultivar liderança, equipes e cultura para criar estratégias, construir relacionamentos com fornecedores e manter uma organização de aprendizagem”. Na Toyota, trabalhadores e gerentes em todos os níveis e em todas as funções são capazes de viverem tais princípios e ensinar os outros a aplicá-los (Spear, 2004). Liker (2006) afirma que na Toyota as pessoas são a chave do perfeito funcionamento do sistema. Ele estimula, ampara e de fato exige o envolvimento dos funcionários. O Sistema de Produção Enxuta é um sistema criado para oferecer ferramentas para as pessoas continuamente melhorarem seu trabalho.

Liker (2006) após 20 anos estudando o Modelo Toyota identificou 14 princípios de gestão que impulsionam as técnicas e ferramentas do sistema Toyota de produção e da administração da Toyota em geral. Os princípios descritos por Liker encontram-se listados na Tabela 4 em Apêndice.

4.3.4.1. Metodologia de Avaliação

Esta etapa apresenta uma proposta de método para avaliar o quanto os trabalhadores do primeiro turno de trabalho da linha de montagem HS estão capacitados e conscientizados sobre os conceitos e objetivos da implantação de práticas do Sistema de Manufatura Enxuta na empresa.

O método escolhido foi a pesquisa qualitativa. Segundo Martins (2004), “a característica marcante dos métodos qualitativos é a flexibilidade, principalmente quanto às técnicas de coleta de dados, incorporando aquelas mais adequadas à observação que está sendo feita”.

O questionário da pesquisa foi retirado do artigo Proposta de um Método de Análise da Cultura *Lean* em uma Empresa que está Implantando Práticas do Sistema de Produção Enxuta (Geovani Furini e Tarcisio Abreu Saurin, 2008) que contém questões abordando alguns conceitos e princípios da Manufatura Enxuta onde se teve como base os princípios definidos por Liker (2006) na avaliação da cultura *lean* da empresa, Tabela 5 do Apêndice. Na entrega do questionário foram apresentados os objetivos da pesquisa ao pesquisado, que respondeu as questões em sigilo, sem identificar-se e com tempo suficiente para efetuar as respostas. O objetivo deste procedimento foi proporcionar o máximo de tranquilidade e sigilo para o pesquisado responder sobre o conteúdo das questões.

Nem todos os princípios foram abrangidos nas questões, ou por estes se referirem às práticas do Sistema de Manufatura Enxuta – e não a cultura e conceitos relacionados a ele – ou por estarem relacionados à cadeia de fornecedores, que não será abordada no trabalho.

Por outro lado, outros princípios, como os de número cinco, seis, dez, treze e quatorze, tiveram duas ou mais perguntas relacionadas a eles, com o objetivo de se aprofundar mais no nível de presença destes princípios dentro da empresa.

Para cada pergunta, deram-se as seguintes opções de escolha de acordo com a percepção de cada trabalhador sobre os princípios do Sistema de Manufatura Enxuta: Nunca, Raramente, Às Vezes, Quase Sempre e Sempre, onde cada opção foi correlacionado com um valor numa escala e

0 à 10, Nunca seria igual à zero, Raramente seria igual à dois e meio, Às Vezes seria igual à cinco, Quase Sempre seria igual à sete e meio e Sempre seria igual à dez.

Embora a avaliação seja qualitativa, isto foi feito com o intuito de adotar um valor numérico para cada pergunta do questionário, calculado conforme equação 2:

$$\text{Nota} = [(B.2,5) + (C.5,0) + (D.7,5) + (E.10,0)] / A \quad (2)$$

Onde (A) é igual ao número total de itens aplicáveis para cada pergunta, (B) é igual ao número de itens com aplicação Raramente, (C) é igual ao número de itens com aplicação Às Vezes, (D) é igual ao número de itens com aplicação Quase Sempre e (E) é igual ao número de itens com aplicação Sempre.

Com base neste procedimento, da Figura 46 a 59 do Apêndice, está representado o percentual de cada opção assinalada pelos pesquisados para cada uma das 15 questões descritas na Tabela 7 do Apêndice e aplicadas na pesquisa.

Na Tabela 1a seguir, estão as notas calculadas conforme Equação 2 para cada uma das questões relacionadas na Tabela 7 do Apêndice.

Tabela 1: Nota calculada para cada questão da pesquisa para avaliação do nível cultural *lean*

QUESTÃO	PERGUNTA DO QUESTIONÁRIO	NOTA
7	Executo minhas tarefas conforme os padrões existentes.	9,1
12	Compreendo, compartilho e vivencio os valores e crenças da empresa.	8,3
8	Participo da melhoria e incorporação de melhores práticas aos padrões existentes.	8,2
13	Recebi capacitação suficiente para entender os objetivos deste sistema e colaborar para a sua implantação e melhoria.	8
2	Os processos são planejados de forma a reduzir ao máximo os desperdícios (retrabalho, movimentação, estoques, sucata, transporte, etc).	7,6
19	Costumo contribuir com sugestões de melhorias no processo.	7,6
5	Tenho autonomia para interromper ou desacelerar o processo quando percebo um problema que afeta a qualidade do produto.	7,3
6	Problemas de qualidade são resolvidos no momento em que aparecem, procurando descobrir as causas fundamentais.	7,2
14	O trabalho em equipe é uma característica forte na minha área.	6,8
18	As melhores práticas são padronizadas e incorporadas ao processo.	6,7
20	Meus superiores valorizam minhas sugestões e me incentivam a contribuir com a melhoria contínua do processo.	6,2
16	As decisões são tomadas por consenso, envolvendo todas as partes afetadas e analisando todas as oportunidades.	5,9
4	Algumas pessoas e equipamentos trabalham sobrecarregados enquanto outras apresentam ociosidade em determinados períodos da jornada de trabalho.	5,6
17	As decisões tomadas são implementadas rapidamente.	5,3
3	Altos estoques de material em processamento e acabado são vistos como uma segurança de que não faltará matéria-prima para o processo seguinte, nem produto para o cliente.	4,8

4.3.4.2. Resultados da Avaliação

Os resultados desta pesquisa demonstram que todas as questões relacionadas aos princípios de Liker (2006) inseridas no questionário da avaliação do nível cultural lean dos trabalhadores do primeiro turno de trabalho da linha de montagem HS indicam oportunidades de aumento deste nível.

Segundo Laraia (2006), o conceito de cultura, sintetizando, simboliza tudo o que é aprendido e partilhado pelos indivíduos de um determinado grupo e que confere uma identidade dentro do seu grupo que pertença.

Com base nisso, toda disseminação dos conhecimentos específicos sobre os conceitos, ferramentas e metodologias entre os trabalhadores de chão-de-fábrica da linha de montagem HS oportunizará a elevação do nível cultural *lean* dos mesmos.

4.3.5. Avaliação do grau de conhecimento em manufatura enxuta

Vários são os fatores que impedem ou dificultam a implementação de mudanças nas organizações. Bañolas (2008) cita que as barreiras organizacionais à mudança são oriundas dos modelos mentais que governam a empresa. O autor relaciona quatro motivos básicos para a transformação enxuta não ocorrer: 1) quando os líderes não estão alinhados; 2) quando existe um déficit de conhecimento *lean*; 3) quando a abordagem de mudança é insuficiente e 4) quando é muito tarde para implementar a mudança. Ele acredita que o sucesso da transformação em direção à manufatura enxuta passa pela compreensão dos fatores organizacionais e humanos da empresa, bem como de um apurado conhecimento relacionado às práticas e ferramentas do sistema.

Com base na barreira organizacional número dois citada acima, foi proposto outra pesquisa aos trabalhadores do primeiro turno de trabalho da linha de montagem HS, onde foram consideradas as ferramentas, conceitos e metodologias elencadas no referencial teórico deste trabalho. Neste questionário para cada pergunta relacionada a uma ferramenta, conceito ou metodologia, perguntou-se aos pesquisados qual era a sua percepção sobre o seu conhecimento relacionado àquele tema em específico.

4.3.5.1. Metodologia da Avaliação

A partir da elaboração do questionário aplicado aos trabalhadores, para cada pergunta, deram-se as seguintes opções de escolha de acordo com a percepção de cada trabalhador sobre o seu conhecimento nas ferramentas, conceitos e metodologias do Sistema de Manufatura Enxuta: Excelente, Muito, Conheço, Um pouco e Desconheço, onde cada opção foi correlacionada com um valor numa escala de 0 à 10, Desconheço seria igual à zero, Um pouco seria igual à dois e meio, Conheço seria igual à cinco, Muito seria igual à sete e meio e Excelente seria igual à dez.

Embora a avaliação seja qualitativa, isto foi feito com o intuito de adotar um valor

numérico para cada pergunta do questionário, calculado conforme equação 1.

Com base neste procedimento, da Figura 60 a 77 do Apêndice está representado o percentual de cada opção assinalada pelos pesquisados para cada uma das 18 questões elaboradas com base na revisão bibliográfica deste trabalho, Tabela 8 do Apêndice.

Na Tabela 2a seguir, estão as notas calculadas conforme Equação 2 para cada uma das questões relacionadas na Tabela 8 do Apêndice.

Tabela 2: Notas calculadas para avaliação do grau de conhecimento dos trabalhadores em sistema de manufatura enxuta

	PERGUNTA DO QUESTIONÁRIO	NOTA
10	Aplicação e conceitos de <i>POKA YOKE</i>	7,2
4	Aplicação e conceitos do 5S	6,6
11	Conceitos de <i>Kanban</i> (produção puxada)	5,9
18	Conceitos da metodologia <i>Kaizen</i>	5
5	Aplicação e conceitos do TPM	4,7
7	JIT como um dos pilares do STP	4,7
13	A Padronização de Operações	4,7
1	Origem do STP	4,6
9	Fluxo contínuo (<i>takt time</i>)	4,6
6	Aplicação e conceitos do SMED	4,4
2	Objetivos do STP	4,1
3	Classificação dos desperdícios	3,9
17	Utilização e conceitos de Times de Trabalho	3,9
12	Flexibilização da mão-de-obra no STP	3,6
8	Autonomação (<i>Jidoka</i>) como um dos pilares	3,4
14	<i>Nagara</i> (operações simultâneas de 2 ou mais operações)	2,4
15	<i>Heijunka</i> (nivelamento de produção)	2,3
16	Aplicação e conceitos do VSM	2,2

4.3.5.2. Resultados da Avaliação

Os resultados desta pesquisa demonstram que para todos os temas referentes aos conceitos, ferramentas e metodologias do sistema de manufatura enxuta inseridos na avaliação da percepção dos conhecimentos dos trabalhadores do primeiro turno da linha de montagem HS existem oportunidades de desenvolvimento e aperfeiçoamento destes conhecimentos específicos.

Tendo essa pesquisa também como referência juntamente com os resultados da pesquisa sobre a avaliação da cultura *lean* dos trabalhadores, os assuntos disseminados através do treinamento dos trabalhadores selecionados para este estudo serão priorizados.

4.3.6. A definição dos trabalhadores participantes

A partir da aplicação das pesquisas para avaliar o nível cultural *lean* e o grau de conhecimento dos conceitos, ferramentas e metodologias dos trabalhadores do 1º turno da linha de montagem HS, fez-se necessário a escolha dos participantes do estudo proposto.

Os critérios citados abaixo foram levados em consideração para essa escolha:

1º) Os trabalhadores participantes devem estar comprometidos com o trabalho proposto pelo pesquisador, uma vez que todo conteúdo desenvolvido no treinamento aconteceria depois do horário normal de trabalho;

2º) Os trabalhadores participantes devem estar inseridos no trabalho por livre espontânea vontade, já que se tratava de uma atividade a parte das suas rotinas de trabalho;

3º) A relação entre pesquisador e pesquisados deveria ser a mais saudável possível e de extrema cooperação para o perfeito andamento do trabalho proposto;

4º) A quantidade de trabalhadores participantes deve ter representatividade quantitativa sobre a população total pesquisada.

Considerando os critérios acima, foram escolhidos 5 trabalhadores dos 30 pesquisados no 1º turno de trabalho da linha de montagem HS, destaca-se que todos eles possuem como escolaridade o 3º grau incompleto.

4.4. Treinamento dos trabalhadores envolvidos

Definida a metodologia do trabalho e os trabalhadores escolhidos para o estudo, o treinamento dos mesmos será ministrado em sala de aula por meio de recursos áudios-visuais e atividades práticas na linha de montagem HS. O objetivo disto é co-relacionar o conhecimento teórico desenvolvido com as atividades diárias dos trabalhadores, a fim de demonstrar quais os resultados possíveis de alcançar a partir da aplicação dos conhecimentos específicos desenvolvidos sobre os conceitos, ferramentas e metodologias do sistema de manufatura enxuta.

4.4.1. Conhecimentos específicos desenvolvidos

A partir da pesquisa necessária para desenvolvimento do referencial teórico deste presente trabalho, onde os principais temas relacionados aos conceitos, ferramentas e metodologias do sistema Toyota de produção foram selecionados e estudados, serviu de base do conteúdo a ser disseminado entre os trabalhadores participantes do estudo.

Este conteúdo foi ministrado pelo próprio pesquisador e teve a carga horária definida conforme Tabela 9 do Apêndice.

4.4.2. Cronograma de Treinamento

Considerado o conhecimento específico a ser disseminado no treinamento entre os trabalhadores, um cronograma foi proposto e acordado junto ao departamento de Recursos Humanos da MWM-International, a fim de se planejar a disponibilidade dos recursos utilizados e horário de saída dos trabalhadores participantes, uma vez que os mesmos ficariam além do horário normal de trabalho para o devido treinamento proposto.

Neste cronograma os assuntos propostos foram desenvolvidos entre os dias 17 de maio e 15 de setembro de 2010, somando uma carga horária total de 48 horas de treinamento desenvolvido em sala de aula.

O detalhamento dos tópicos desenvolvidos durante todo treinamento pode ser visto a seguir, Figura 27.

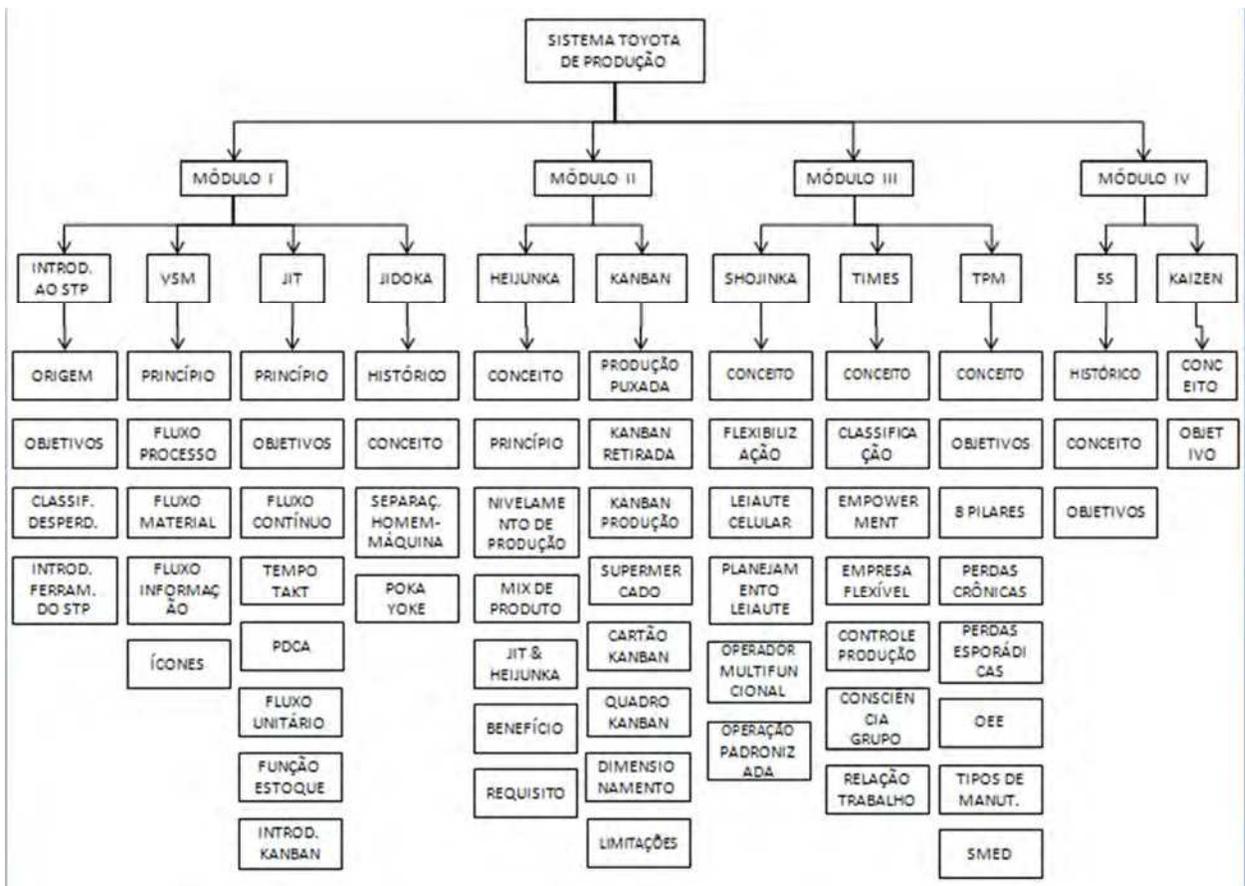


Figura 27: Detalhamento dos assuntos desenvolvidos durante treinamento sobre o STP

4.5. Mapeamento do Estado Atual

Com o objetivo de diagnosticar o estado atual da linha de montagem HS, primeiramente se realizou o mapeamento do fluxo de valor considerando todo ciclo (Figura 28), desde a cadeia de fornecimento até o cliente final. Isto foi feito com o intuito de entender como a linha de montagem HS está inserida em todo o ciclo produtivo, embora o escopo deste trabalho foque apenas o processo de fabricação da linha de montagem HS que começa no primeiro posto de trabalho e vai até a expedição.

Este mapeamento preliminar foi realizado pelos trabalhadores do estudo com base nos conhecimentos desenvolvidos nos itens 1 e 2 da Tabela 9 do Apêndice do treinamento dado.

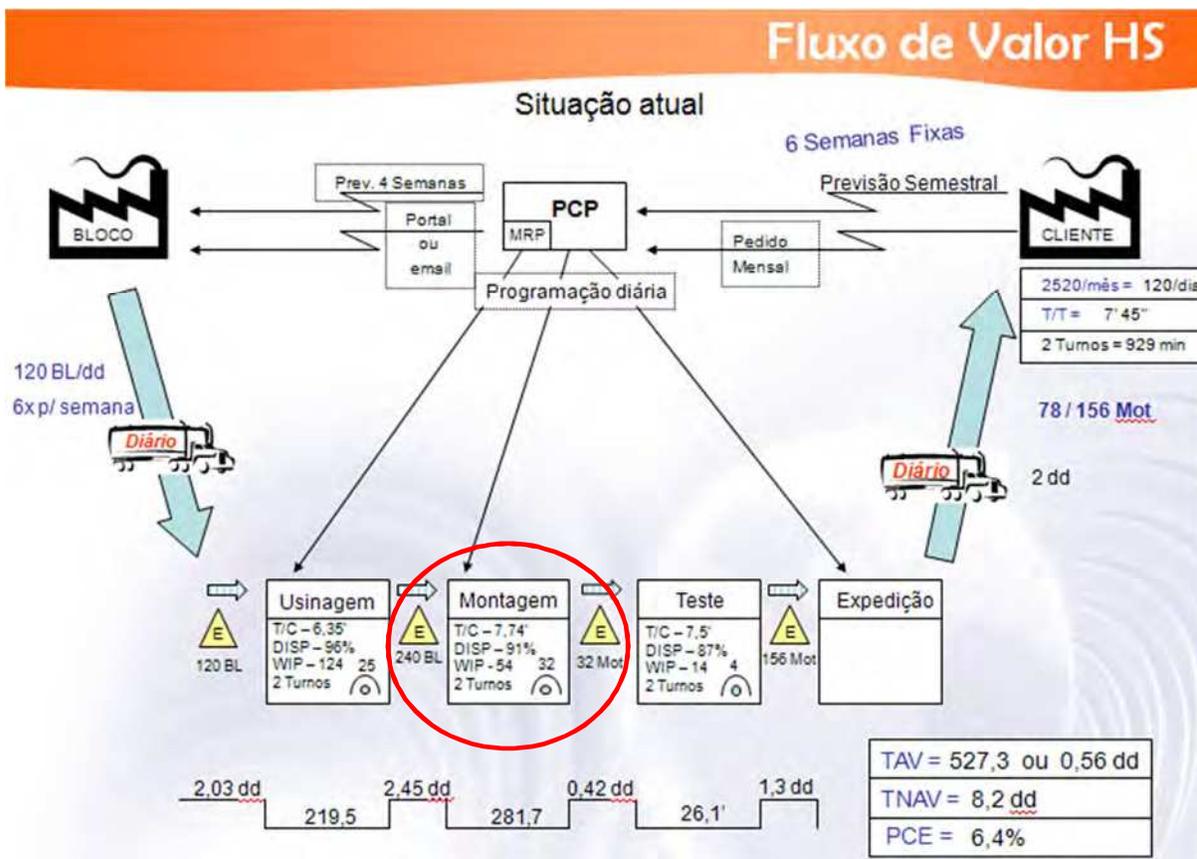


Figura 28: Mapeamento do fluxo de valor do modelo de motor montado na linha HS (99% do volume total de produção desta linha de montagem)

A partir dos dados levantados durante o mapeamento, calculou-se a eficiência do ciclo de processo (PCE – *Process Cycle Efficiency*), considerando como TAV o tempo que agrega valor em cada etapa do processo (Usinagem, Montagem e Teste), onde os tempos *takt* de cada etapa, multiplicados pelo número de operações e pelo percentual da disponibilidade de cada etapa resultaram no valor de TAV e o TNAV diz respeito ao tempo que não agrega valor, a partir da transformação dos estoques em processo em dias de estoque.

Para o cálculo do PCE utilizou-se a equação 3 a seguir:

$$PCE = \frac{\text{Tempo que agrega valor}}{(\text{Tempo que agrega valor} + \text{Tempo que não agrega valor})} \times 100\%$$

(3)

O PCE calculado foi de 6,4%.

A partir do mapeamento acima realizado, foi visto pelos pesquisados que a ferramenta VSM estudada no treinamento oferece uma variedade de informações importantes para diagnóstico do processo produtivo, tais como: fluxo de materiais, fluxo de informações, estoque em processo, eficiência do processo produtivo, dentre outras.

De posse destes resultados, os pesquisados sugeriram um mapeamento (Figura 29) onde seria considerado somente o processo de fabricação deste mesmo produto na linha de montagem HS, do primeiro posto de trabalho até a expedição, a fim de se identificar com exatidão qual o valor real do tempo de agregação de valor total somente no processo produtivo (Montagem).

Esse resultado serviu para refinar o valor do PCE calculado, vide mapeamento desenhado a partir desse novo resultado para o tempo de agregação de valor na montagem (Figura 30), uma vez que o tempo de agregação de valor diminuiu, pois se considerou para cada operação somente os tempos de montagem de componentes e o tempo utilizado para torque dos mesmos.



Figura 29: Mapeamento do processo produtivo da linha HS por operação (posto a posto)

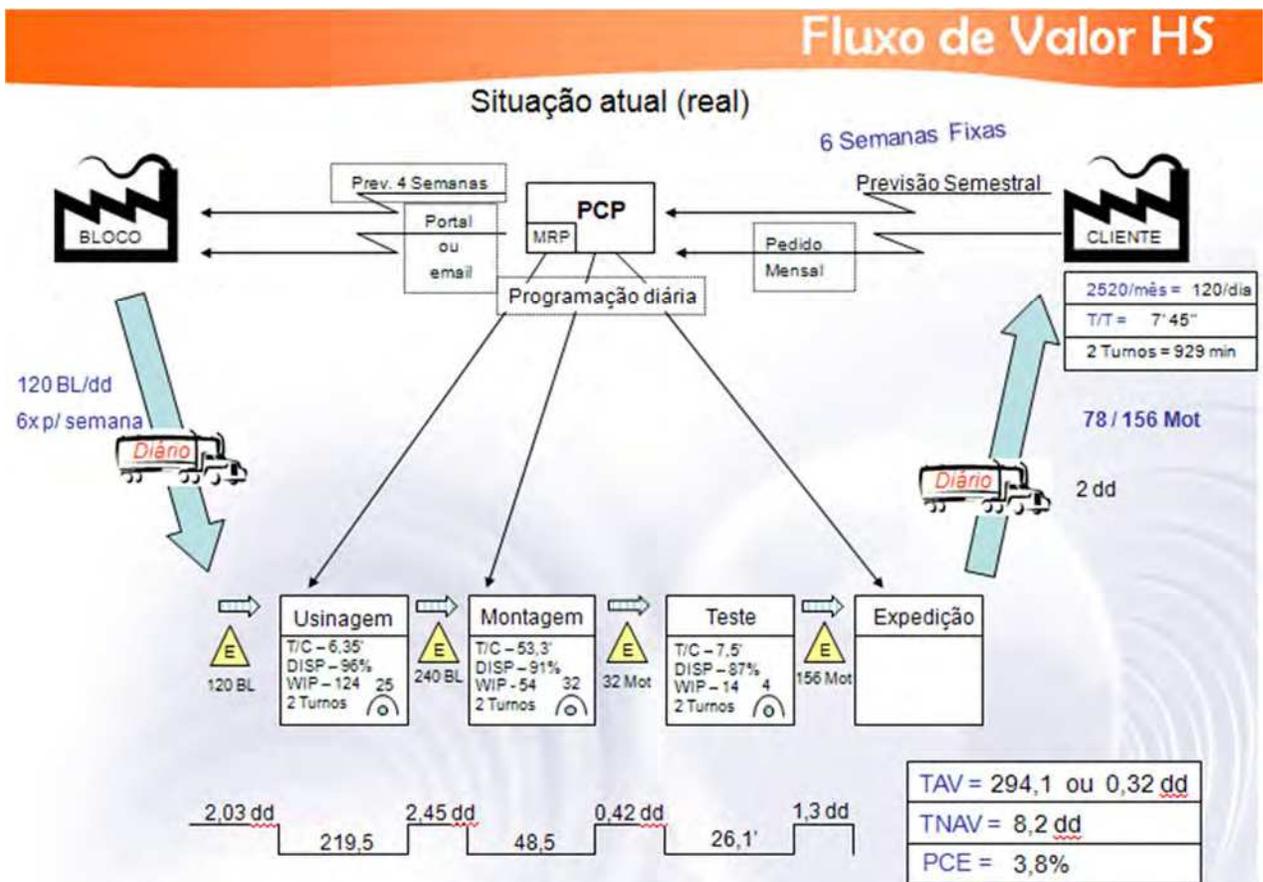


Figura 30: Mapeamento do fluxo de valor do modelo de motor montado na linha HS considerando o tempo de agregação de valor total por operação

Na Figura 29, o PCE calculado considerou o tempo de agregação de valor de todas as operações do processo produtivo e o tempo que não agrega valor foi a diferença entre o lead time do produto em questão (4,5 horas) e o tempo que agrega valor ao produto (53,3 minutos).

O PCE calculado foi de 17,5%.

Este valor demonstra uma melhora na eficiência do ciclo de processo quando se considera somente a etapa Montagem do processo produtivo.

A partir da utilização do tempo de agregação de valor considerado no mapeamento da figura 29, utilizou-se o mesmo (53,3' ou 0,057 dias) para cálculo do PCE, considerando o processo desde o fornecedor até o cliente final, Figura 30.

O PCE calculado foi de 3,8%.

Esta redução se deu devido ao refinamento do tempo de agregação de valor ao produto, uma vez que no primeiro mapeamento (Figura 28), o mesmo considerado foi o tempo takt do processo de fabricação do produto em questão.

Outra questão identificada pelos pesquisados por meio do mapeamento do processo produtivo diz respeito ao elevado estoque de componentes produtivos a serem montados ao produto final em cada posto de trabalho.

Considerando a produção neste período que é de 120 motores por dia, e visto no mapeamento realizado conforme Figura 28 que o número de componentes agregados ao produto final durante a montagem do mesmo é de 467 itens, tem-se um total de 56.040 componentes utilizados num dia de produção. Somando-se todos os componentes disponíveis posto a posto de trabalho, identificou-se um total de 172.820 itens em todo o processo produtivo. Com isso, conclui-se que existe um total de 116.780 componentes excedentes em processo diariamente.

Foi visto também pelos pesquisados que o valor do PCE calculado para cada operação do processo produtivo ficou entre 7,2% e 54,3%, onde o tempo que agrega valor considerado foram os tempos de montagem de componentes pertencentes ao produto final e o tempo utilizado para torque dos mesmos, e o tempo que não agrega valor foi considerado o tempo restante necessário para completar cada operação.

4.6. Mapeamento do Estado Futuro

Com o mapeamento do estado atual refinado pelo detalhamento dos tempos com valor agregado na área de montagem, onde está o foco deste trabalho, foi proposto aos pesquisados que os mesmos propusessem um novo mapeamento (Figura 31), o do estado futuro, a fim de se chegar a um fluxo de processo em que se pudesse incrementar o valor do PCE pela aplicação dos conhecimentos adquiridos em treinamento sobre o Sistema Toyota de Produção.

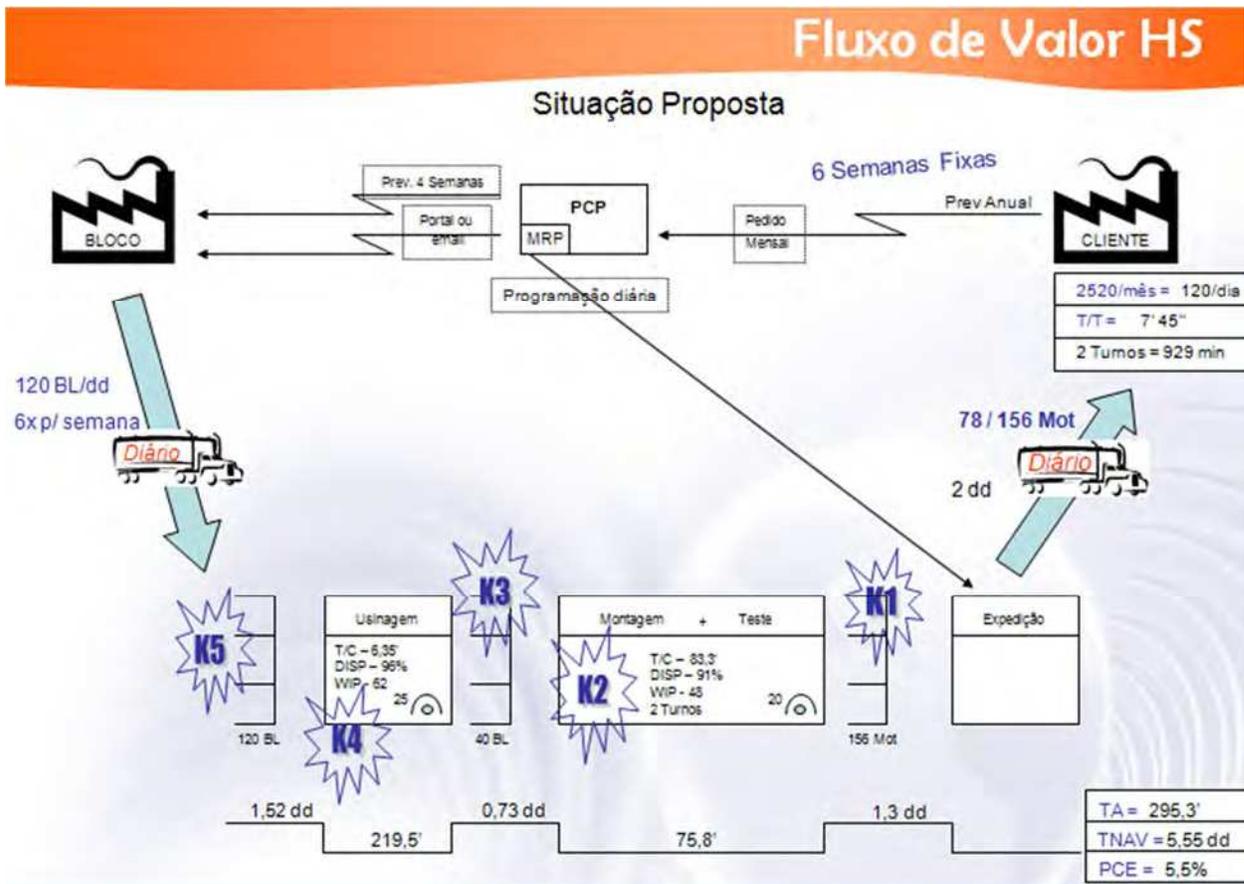


Figura 31: Mapeamento do estado futuro proposto pelos pesquisados

Nesta proposta, os pesquisados tiveram como principal foco a redução dos estoques intermediários e também dos estoques em processo pela utilização de *kanbans* estratégicos ao longo de todo processo (K1, K2, K3, K4 e K5), levando-se em conta que o mesmo não poderia parar por falta de produto ao longo de todo ciclo produtivo. Para isto, alguns dados foram levantados e considerados, como: tempo médio de parada por manutenções nas áreas de usinagem, montagem e teste, tempo médio por atraso na entrega de componentes, variação média na quantidade de produtos acabados entregues ao cliente final, etc.

Outra melhoria proposta diz respeito ao fluxo de informação, onde a programação realizada pelo PCP alimentaria a expedição prioritariamente, a fim de se implementar o conceito de produção puxada.

Foi visto que o PCE calculado no mapeamento do estado futuro aumentou para 5,5% a partir das propostas realizadas pelos pesquisados, em comparação aos 3,8% calculados no mapeamento do estado atual, teríamos um incremento de 1,7%, o que representa 45% de aumento sobre o PCE atual.

4.7. Identificando oportunidades

Nesta etapa, continua-se por meio da metodologia pesquisa-ação com o objetivo de se demonstrar qual é a influência do conhecimento dos trabalhadores em sistema de manufatura enxuta sobre os indicadores de produção da empresa em questão, para isso, oportunidades serão identificadas pelos trabalhadores para a formulação de propostas e/ou execução de melhorias que serão mostradas no capítulo seguinte.

Com o propósito de se seguir um caminho lógico nestas identificações, levou-se em consideração os seguintes critérios elencados na seqüência abaixo:

- Dados coletados na atividade anterior (mapeamento do estado atual);
- Dados reais de produção que possuem menor desempenho e assim apresentam boas oportunidades de melhorias;
- Pesquisa do grau de conhecimento dos trabalhadores sobre os conceitos, ferramentas e metodologias do sistema de manufatura enxuta, focando-se os que os trabalhadores possuem o menor grau de entendimento;
- Sugestões dadas pelos pesquisados com base nas suas experiências profissionais dentro da linha de montagem HS.

Vale salientar que apenas uma parte dos diversos conceitos, ferramentas e metodologias do sistema de manufatura enxuta serão tratadas na aplicação da metodologia do presente trabalho, uma vez que o principal objetivo está focado em mostrar a influência dos conhecimentos dos trabalhadores.

4.7.1. Oportunidade nº 01 (mapeamento do estado atual)

Com base no mapeamento do estado atual em que se fez o detalhamento de todo o fluxo do processo de montagem da linha HS, identificou-se a operação de montagem com menor percentual de valor agregado (Operação 185 SM–Submontagem do coletor de admissão, duto de entrada de ar e tampa de válvulas), onde o PCE calculado foi de 12,9%.

Tendo esta operação como oportunidade, o Exercício de Círculo (Liker & Meier, 2007) foi proposto aos pesquisados, onde eles são orientados a parar e observar cuidadosamente uma operação e a identificar as perdas e as condições que as ocasionam.

Nas figuras a seguir (Figura 32, 33, 34, 35 e 36), objetivasse mostrar tais observações realizadas pelos pesquisados com base nos seus conhecimentos adquiridos em sistema de manufatura enxuta.



Figura 32: Área total da operação 185 SM da linha de montagem de motores HS



Figura 33: Bancada de submontagem da operação 185 SM da linha de montagem de motores HS

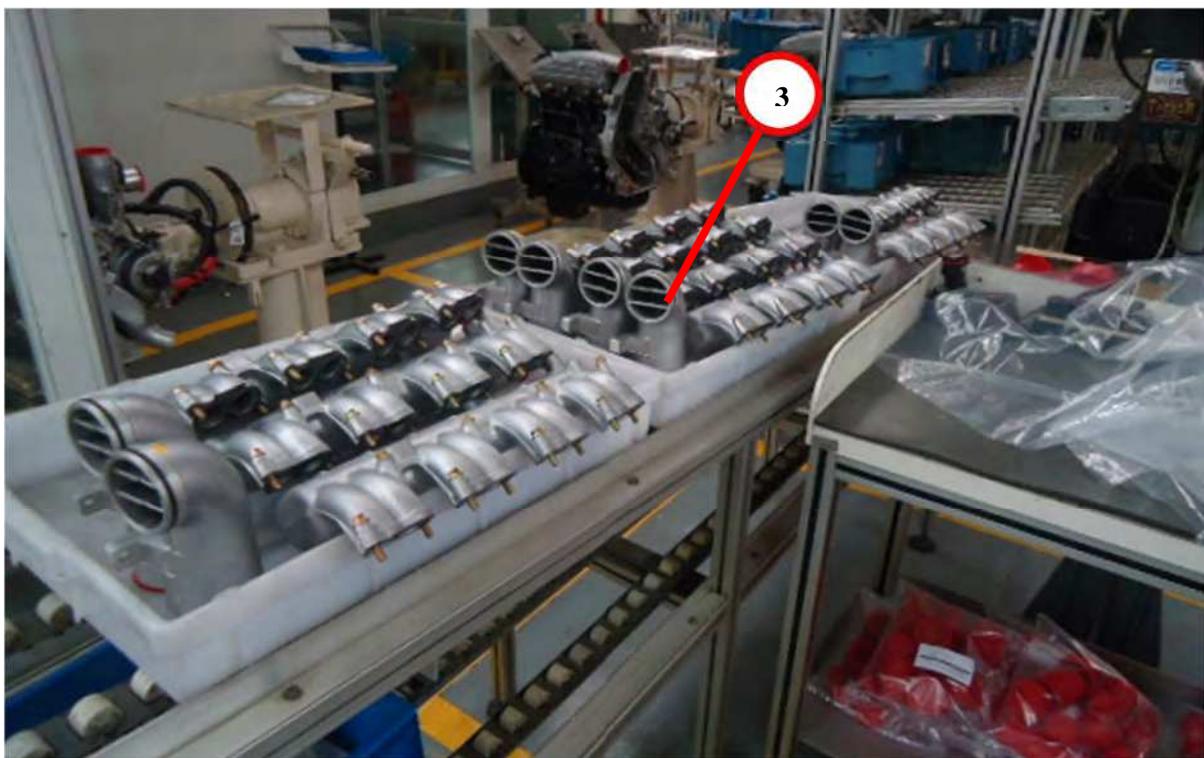


Figura 34: Esteira da operação 185 SM que alimenta a linha de montagem de motores



Figura 35: Estoque em processo de dutos de entrada de ar na operação 185 SM



Figura 36: Prateleira de armazenamento de componentes da operação 185 SM

Abaixo estão listadas as observações referentes à análise detalhada da operação 185 SM realizada pelos pesquisados:

- 1) Utilização de uma área demasiadamente grande, excesso de estoque, falta de um sistema sinalizador para abastecimento de componentes;
- 2) Desorganização da área de submontagem do duto de entrada de ar, excesso de estoque;
- 3) Falta de um sistema definidor de quantidade de componentes submontados, desorganização dos componentes na esteira (possibilidade de danos aos componentes);
- 4) Excesso de dutos de ar submontados numa embalagem onde não deve haver peças submontadas;
- 5) Peças obsoletas armazenadas nas prateleiras.

Todas as observações acima representam oportunidades de melhorias para serem realizadas na área da operação 185 SM por meio da aplicação dos conhecimentos em sistema de manufatura enxuta adquiridos pelos pesquisados.

Com base no balanceamento visto no capítulo 4, onde se apresentou o arranjo físico da linha de montagem com distribuição de mão-de-obra para uma produção de 60 motores por turno. O detalhamento dos tempos para tal balanceamento (Tabela 10 do Apêndice) foi proposto aos pesquisados com referência as folhas de processos existentes no sistema de documentação da linha de montagem HS.

Todo o processo detalhado acima foi executado pelos pesquisados conforme balanceamento apresentado no arranjo físico do capítulo 4, sabe-se que o tempo *takt* para o volume de 60 motores por turno é de 7 minutos, logo existe tempo suficiente para a execução de todo o processo por um único montador, sem sobrecarga.

Calculou-se o PCE para todo o processo executado por um único operador e se chegou ao valor de 16,4%.

Fez-te também o levantamento do estoque em processo dos principais componentes nas operações em questão, o mesmo está na Tabela 11 do Apêndice.

Com base neste detalhamento se identificou as seguintes oportunidades por meio de um *brainstorming* realizado com os pesquisados:

- Eliminar o excesso de tempo gasto em operações que não agregam valor ao cliente;
- Melhorar a clareza na documentação de processo das etapas de execução das operações em questão;
- Eliminar o excesso de estoque em processo;

4.7.2. Oportunidade nº 02 (dados reais de produção)

Fez-se o levantamento dentro do ano fiscal de 2010 (entre novembro/09 e outubro/10) de falhas registradas no teste quente do motor (esse teste simula o funcionamento do motor e é realizado em 100% dos motores produzidos), focou-se nas falhas em que a causa foi operacional, ou seja, falhas produzidas pelo processo de montagem. As falhas cujas causas foram de responsabilidade dos fornecedores de componentes não serão consideradas nesta análise.

No gráfico a seguir (Figura 37), mostra-se o índice total de falhas em ppm's (partes por milhão) mês a mês dentro do ano fiscal de 2010, dividindo-se o gráfico em duas partes: linha SUPERIOR representa o total de falhas em ppm's dentro de cada mês do ano fiscal de 2010 e a linha INFERIOR representa as falhas onde a causa é operacional dentro de cada mês do ano fiscal de 2010.

Vale salientar que as metas definidas pela gerência são de no máximo 9800 ppm's para o total de rejeições dentro de cada mês e no máximo de 300 ppm's para o total de falhas operacionais dentro de cada mês. Essas metas não foram atingidas dentro do ano fiscal de 2010.

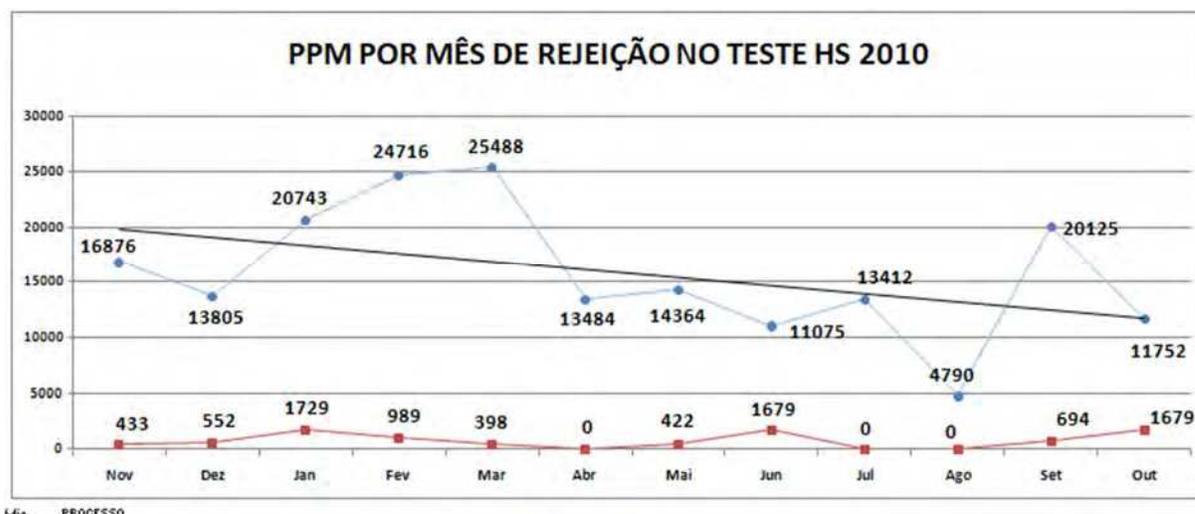


Figura 37: Levantamento de falhas no teste quente do motor da linha HS em 2010

Na Tabela 12 do Apêndice existe o detalhamento das falhas operacionais no teste quente do motor¹⁰ dentro do período do ano fiscal de 2010.

As duas falhas operacionais em destaque na Tabela 12 (março/10 e junho/10) foram reincidentes no ano fiscal de 2010. Levando-se em consideração a repetição deste modo de falha, viu-se como uma oportunidade de melhoria do processo de montagem a eliminação deste modo de falha operacional.

4.7.3. Oportunidade nº 03 (pesquisa do grau de conhecimento)

Considerada a pesquisa realizada entre os trabalhadores do 1º turno da linha de montagem HS sobre o grau de conhecimento dos conceitos, ferramentas e metodologias do sistema de manufatura enxuta (ver capítulo 4). E também se levando em consideração a experiência e conhecimento dos pesquisados envolvidos no respectivo trabalho, escolheu-se o seguinte tema entre os que tiveram piores avaliações dentro da pesquisa (ver Tabela 2):

¹⁰ Teste quente do motor: realizado em dinamômetro, onde o motor é posto em funcionamento simulando condições reais de uso e avaliando o seu desempenho nos quesitos torque e potência. Outros fatores são avaliados, tais como: ruído/vibração, vazamentos e emissões de gases poluentes em excesso.

- Utilização e conceitos sobre times de trabalho;

Essa escolha vai ao encontro de um assunto de extrema importância na linha de montagem HS, a tratativa de problemas internos e externos de qualidade.

A oportunidade identificada pelos pesquisados a partir dos conhecimentos adquiridos sobre sistema de manufatura enxuta diz respeito ao maior envolvimento dos trabalhadores de chão-de-fábrica na identificação das causas dos problemas e definição de uma solução para os mesmos, uma vez que atualmente os trabalhadores são apenas comunicados formalmente sobre as falhas identificadas ao longo do processo produtivo. E a identificação da causa e formulação de um plano de ação para tal falha fica toda sob a responsabilidade da Engenharia de Processo.

4.7.4. Oportunidade nº 04 (sugestão dos pesquisados)

A partir da utilização do conhecimento e experiência dos pesquisados deste trabalho, uma última oportunidade elencada por eles diz respeito ao conhecimento de cada operador sobre as suas atividades desenvolvidas em cada operação da linha de montagem HS e a influência do não cumprimento das suas tarefas padrões conforme processo definido.

Isso vai ao encontro de um melhor detalhamento do processo produtivo de cada operação da linha de montagem, bem como, de um treinamento detalhado e planejado das atividades exercidas pelos operadores em cada operação da linha de montagem HS.

É de extrema importância citar nesta etapa do trabalho, que os trabalhadores da MWM-International são incentivados a sugerir melhorias nas suas rotinas de trabalho constantemente. Esses incentivos acontecem basicamente por meio de dois programas motivacionais, que são eles:

- **Programa Idéias**: toda idéia para melhoria da rotina de trabalho pode ser registrada e cada registro pode ser trocado por um cupom onde o trabalhador preenche o mesmo e o coloca numa urna para concorrer a um carro zero quilômetro no final do ano;

- **PROMECON**: o Programa de Melhoria Contínua serve para a empresa buscar soluções para aumento da segurança no trabalho, melhoria da qualidade e redução de custos por meio da sugestão realizada por times de trabalhadores, tais idéias são avaliadas e pontuadas, e de acordo com a pontuação existe uma compensação financeira paga ao time. Essas melhorias têm impacto direto no programa de participação dos lucros.

4.8. Melhorias propostas

A partir das oportunidades anteriormente elencadas pelos pesquisados por meio dos conhecimentos adquiridos em sistema de manufatura enxuta, os mesmos foram instigados a propor melhorias para a solução das mesmas.

Neste capítulo, as melhorias propostas serão mostradas.

4.8.1. Melhorias propostas (oportunidade nº 01)

Com base nas observações e oportunidades vistas no capítulo 4.6.1. Oportunidade nº 01 (mapeamento do estado atual), e se levando também em consideração todos os conhecimentos teóricos disseminados entre os pesquisados, os mesmos elencaram as propostas de melhorias citadas a seguir:

- Criação de uma esteira para abastecimento da linha de montagem com as tampas de válvulas submontadas a fim de limitar a quantidade de peças na área à mesma quantidade de coletores de admissão e dutos de entrada de ar submontados (12 peças);
- Criação de um sistema sinalizador visual que limite a quantidade de tampas de válvulas e coletores de admissão ao recebido nas embalagens dos fornecedores (24 peças), reduzindo-se a quantidade excessiva em estoque na área de submontagem;

- Criação de divisões nas bandejas existentes de abastecimento de coletores de admissão e dutos de entrada de ar na linha de montagem, a fim de limitar a quantidade de peças em cima da esteira e contribuir para a organização;
- Retirada dos componentes obsoletos das prateleiras da área de submontagem;
- Definir a quantidade exata de componentes menores (parafusos, etiquetas, tampões plásticos,...) que devem ser abastecidos diariamente na área de submontagem, a fim de eliminar o excessivo estoque de materiais em processo. A sugestão dos pesquisados é de se ter um abastecimento diário, ou seja, peças para um dia de produção;
- Recebimento dos parafusos de fixação da tampa de válvulas em bins na prateleira e não em sacos plásticos, a fim de eliminar uma atividade que não agrega valor que o corte e retirada dos parafusos de dentro dos sacos plásticos;
- Criação de uma documentação de processo (Figura 38) que seja mais clara do que a existente, e que contenha informações importantes para a correta execução de cada operação;

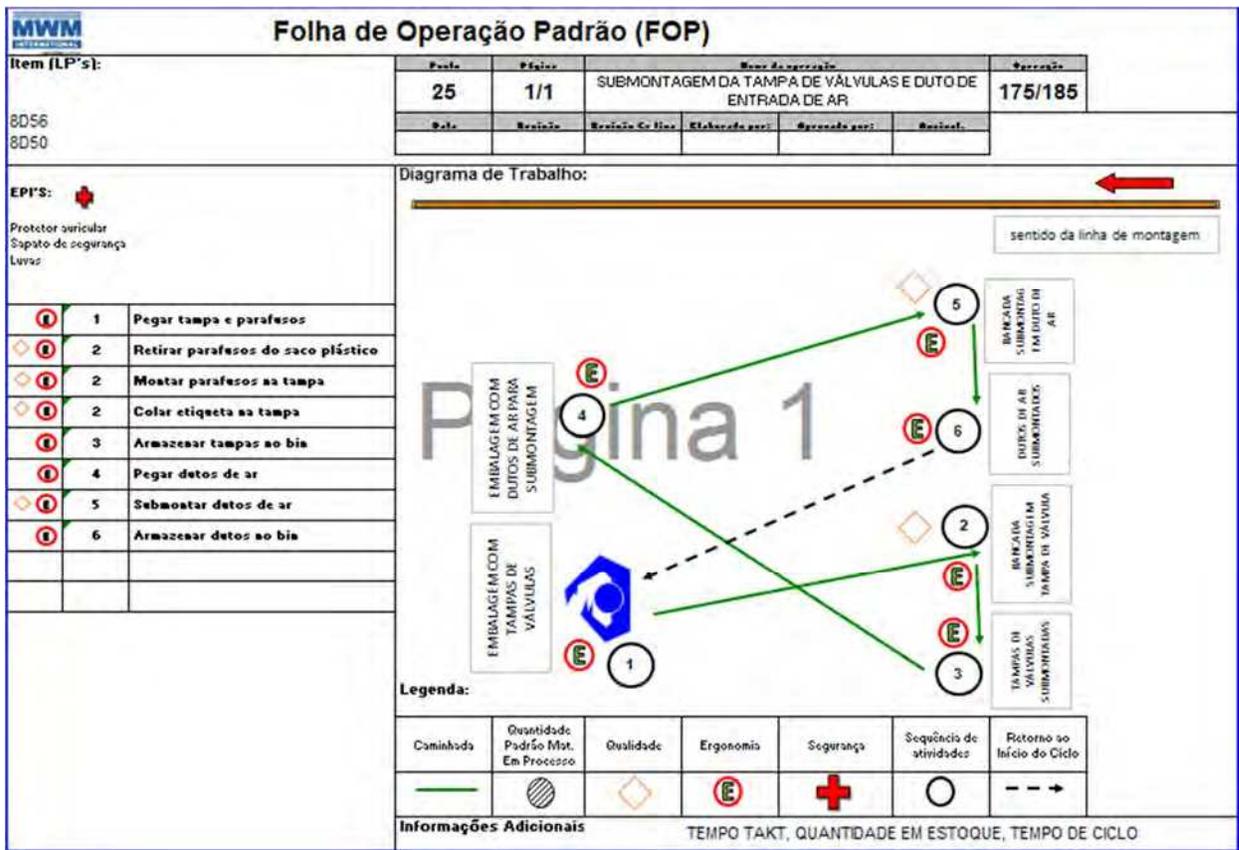


Figura 38: Folha de Operação Padrão (FOP)

Com base no livro, O Modelo Toyota – Manual de Aplicação (Liker & Meier, 2007), os pesquisados propuseram o modelo de Folha de Operação Padrão (FOP) mostrado anteriormente na Figura 38 para complementar as informações das instruções de trabalhos já existentes para cada operação da linha de montagem HS.

Segundo Liker & Meier (2007), a Folha de Operação Padrão (FOP) é:

“utilizada inicialmente como uma ferramenta para identificar e eliminar desperdícios. Depois que melhorias são realizadas, o novo método torna-se a base para a melhoria. Então, é afixado na área de trabalho como um método de controle visual para a administração verificar a adesão ao padrão.”

A utilização deste modelo de documento de processo em complemento aos já existentes na linha de montagem HS neste capítulo vai ao encontro dos objetivos do trabalho proposto.

Este modelo fornece inúmeras informações adicionais ao desenvolvimento de cada operação, tais como: *takt time*, quantidade em estoque, tempo de ciclo, caminho percorrido pelo operador, requisitos de segurança e qualidade.

A tratativa destas informações adicionais impacta diretamente nos indicadores produtivos da linha de montagem HS, tais como: estoque em processo, rejeições de qualidade, ergonomia, tempo de ciclo e eficiência produtiva.

4.8.2. Melhorias propostas (oportunidade nº 02)

A partir da oportunidade nº 02 descrita no capítulo 4.6.2. Oportunidade nº 02 (dados reais de produção), o mesmo Exercício de Círculo realizado no capítulo 4.6.1., foi realizado pelos pesquisados neste capítulo.

Os pesquisados analisaram o processo de montagem das pontes de válvulas na área de submontagem do cabeçote do motor e também o processo de montagem do conjunto eixo balanceiro no motor na linha de montagem propriamente dita.

Utilizando-se de conhecimentos específicos do sistema de manufatura enxuta, tais como: operação padronizada, *PDCA*, *poka yoke*, etc. Os pesquisados identificaram a causa raiz do problema: dificuldade de montagem do conjunto eixo balanceiro no motor, tendo o operador que fazer esporadicamente algum ajuste manual para soltar o dispositivo de montagem do conjunto eixo balanceiro e possibilitando o desencaixe da ponte de válvula da parte superior da mesma. Esta dificuldade era proporcionada por um desgaste do dispositivo de montagem do conjunto eixo balanceiro.

A melhoria executada foi a confecção de um novo dispositivo de montagem do conjunto eixo balanceiro (Figura 39).

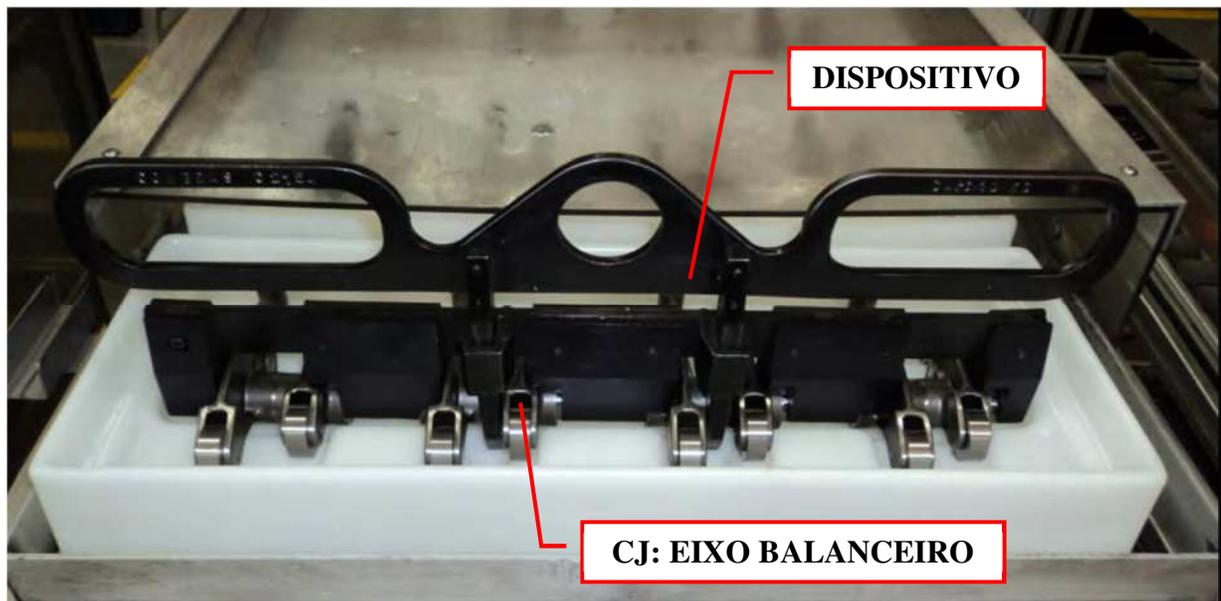


Figura 39: Dispositivo de montagem do conjunto eixo balanceiro do motor NGD3.0E

Durante a análise *in loco* realizada pelos pesquisados e orientada pelo pesquisador, viu-se também que o sistema de inspeção visual eletrônico (*poka yoke* de detecção) existente na submontagem do cabeçote (Figura 40) e que verifica a presença e posição das pontes de válvula não estava sendo eficaz, uma vez que a vulnerabilidade de deslocamento das pontes de válvula estava na etapa de montagem do conjunto eixo balanceiro.



Figura 40: Sistema de Inspeção Visual Eletrônico da presença e posição das pontes de válvula

A partir desta constatação, os pesquisadores sugeriram que o Sistema de Inspeção Visual Eletrônico (SIVE) fosse deslocado da esteira de submontagem do cabeçote para a linha de montagem do motor HS na posição posterior a montagem do conjunto eixo balanceiro. Tal ação evitaria a continuidade do processo de montagem em caso de deslocamento da ponte de válvula em quaisquer casos.

Na Figura 41 abaixo, projeta-se a redução das falhas de processo em ppm's no ano fiscal de 2010 (em março reduziu de 398 ppm para 0 ppm e em junho reduziu de 1679 ppm para 840 ppm) pela implementação da melhoria citada anteriormente, isto representa uma redução de 14,4% sobre a média dos ppm's acumulados durante todo ano fiscal de 2010.

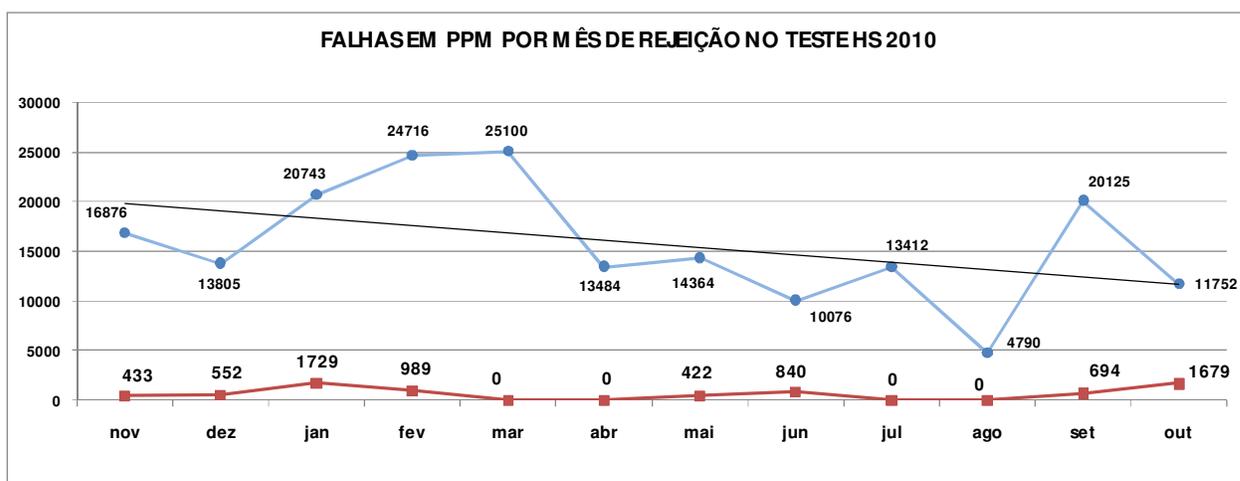


Figura 41: Redução das falhas em ppm no ano fiscal de 2010

As melhorias propostas neste capítulo terão influência significativa sobre indicadores, tais como: rejeições de qualidade, eficiência e produtividade.

4.8.3. Melhorias propostas (oportunidade nº 03)

Com o tema, Utilização e Conceitos sobre Time de Trabalho, escolhido segundo os critérios estabelecidos no capítulo 4.6.3. Oportunidade nº 03 (pesquisa do grau de conhecimento),

tem-se por objetivo neste capítulo a definição de uma metodologia para a utilização de Times de Trabalho na linha de montagem HS com base nos conhecimentos adquiridos pelos pesquisados e suas experiências profissionais.

A definição desta metodologia objetiva a tratativa sistêmica dos problemas existentes na linha de montagem HS pelos trabalhadores, visando-se impactos positivos aos indicadores produtivos. A idéia central da proposta desta melhoria é de se ter um maior envolvimento dos trabalhadores na solução dos problemas existentes na linha de montagem HS.

Os membros do time de trabalho no Sistema Toyota de Produção tem uma multifuncionalidade entre fabricação, manutenção, controle da qualidade e gestão da produção (Hirata, 1994), sendo considerados por Abo (1994) a “espinha dorsal” do sistema japonês de gerenciamento do chão-de-fábrica. Quando a Toyota estabeleceu sua parceria com a General Motors nos Estados Unidos, criando a fábrica conhecida como NUMMI (*New United Motor Manufacturing Inc.*) no início dos anos 80, ficou mais fácil compreender detalhes fundamentais para o bom funcionamento do Sistema Toyota de Produção. Adler (1993) definiu o fato de os próprios trabalhadores escreverem e melhorarem continuamente os procedimentos utilizados por eles, com suporte técnico adequado, como uma forma de “burocracia que aprende” (*learning bureaucracy*). Esta “burocracia que aprende” atinge três objetivos:

- 1) Aumenta a produtividade e a qualidade de modo geral;
- 2) Aumenta a motivação e satisfação dos trabalhadores;
- 3) É um sistema formal que encoraja o aprendizado, a inovação e institucionaliza a melhoria contínua.

Spear & Bowen (1999) explicam que o suporte técnico e gerencial dado aos times de trabalho está embasado numa cultura de metodologia científica de trabalho, na qual os supervisores ajudam o time a solucionar os problemas através da formulação e teste de hipóteses.

Assim, toda e qualquer melhoria dá-se no nível mais básico da organização (time de trabalho) com o auxílio de um professor-especialista (supervisor).

É no trabalho de Adler (1993) que os times de trabalho formados por operadores multiqualificados aparecem claramente como unidade estrutural básica do Sistema Toyota de

Produção. Compostos por cinco a sete pessoas mais um líder de time, estes pequenos times de trabalho encorajam a tomada de decisões em conjunto e o espírito de equipe. Quatro times constituem um grupo de trabalho, comandado por um líder de grupo, que representa a primeira camada hierárquica. Os níveis hierárquicos subsequentes têm como propósito e responsabilidade primordial ajudar os times de trabalho com sua experiência na resolução de problemas. Assim, o foco no desenvolvimento dos operadores do chão-de-fábrica ocorre paralelamente ao desenvolvimento de um sistema gerencial de suporte (Abo, 1994). A representação dessa estrutura pode ser vista na Figura 42.

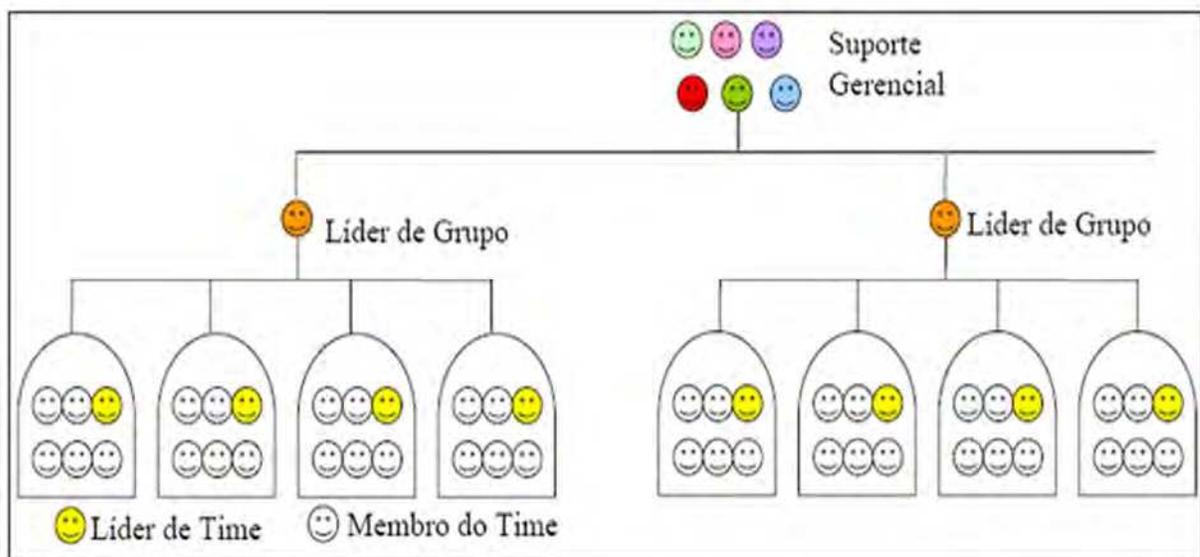


Figura 42: Estrutura hierárquica do chão-de-fábrica da NUMMI. Baseada na descrição de Adler (1993).

Tendo como base o referencial teórico descrito anteriormente e a estrutura organizacional existente atualmente no departamento da Engenharia de Processos da linha HS (Figura 43), irá se definir a metodologia considerada ideal pelos pesquisados na utilização de Times de Trabalho.

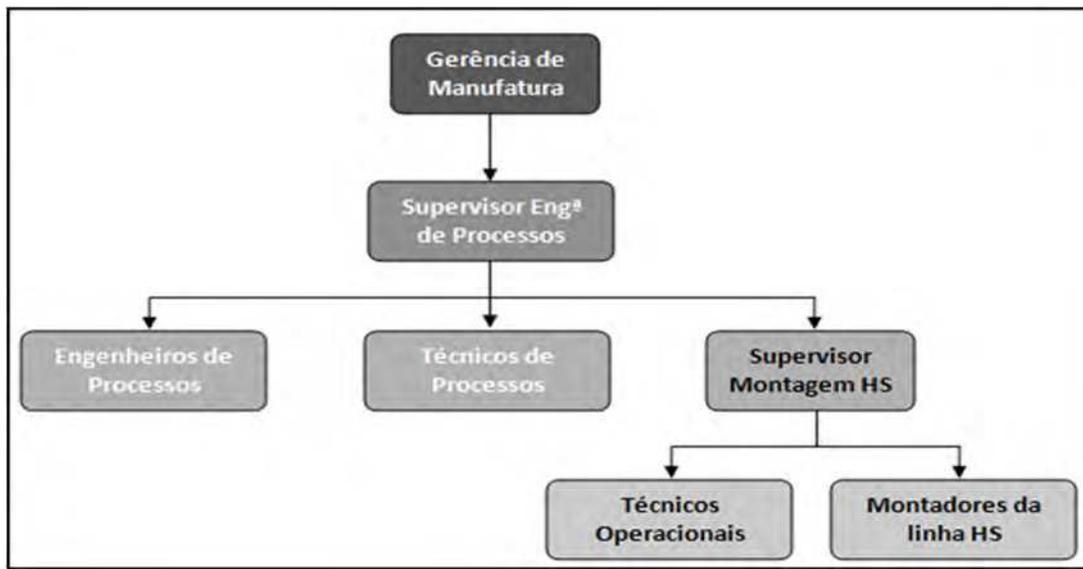


Figura 43: Estrutura organizacional da Engenharia de Processo da MWM-International

Nessa estrutura para o atendimento a dois turnos de trabalho, existem: 1 gerente de manufatura, 1 supervisor de engenharia de processos, 2 engenheiros de processos, 1 técnico de processo, 1 supervisor de montagem, 2 técnicos operacionais e 60 montadores.

Com esse detalhamento, a proposta de utilização de times de trabalho na linha de montagem HS segundo os conceitos do Sistema Toyota de Produção está demonstrada na Figura 44 a seguir:

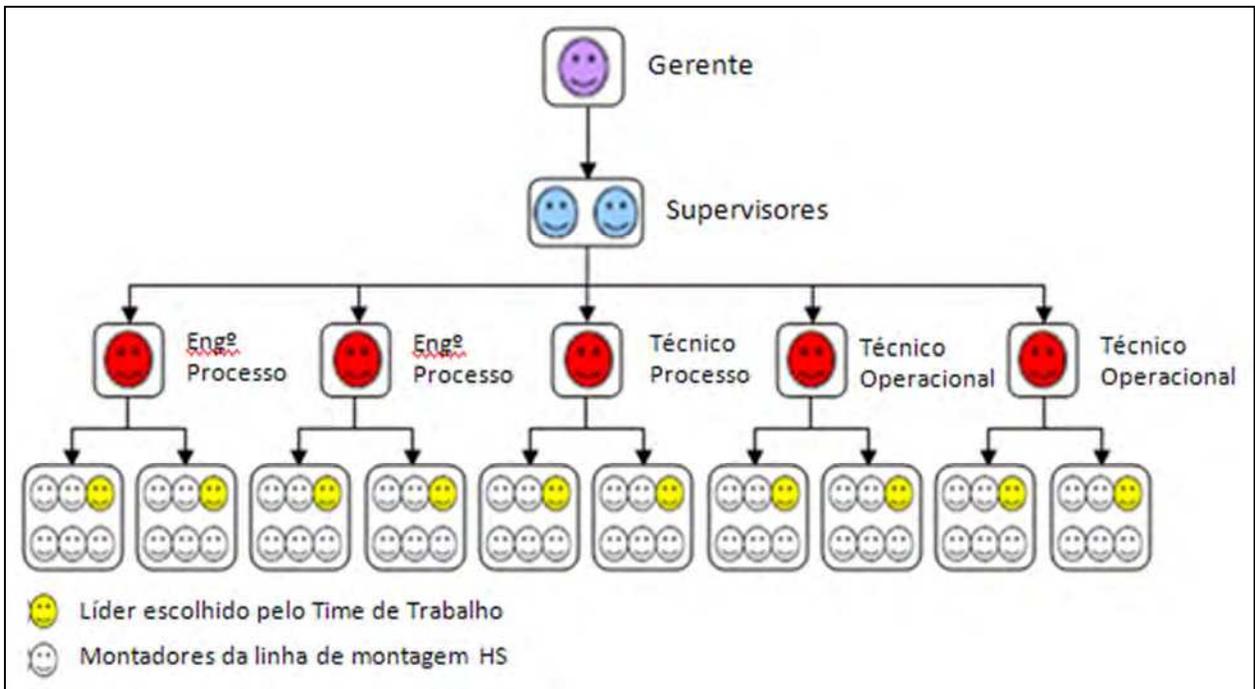


Figura 44: Estrutura de Times de Trabalho proposta para a linha de montagem HS

No nível mais básico da estrutura estão os 10 times de trabalho propriamente dito, cada um composto por 6 integrantes, totalizando os 60 montadores existentes nos 2 turnos de trabalho, e liderados por um líder escolhido pelo grupo. Cada 2 times de trabalho são liderados por um integrante do processo, esses por sua vez são liderados pelos 2 supervisores existentes e os mesmos são liderados pelo gerente da área. Essa estrutura proposta pelos pesquisados vai ao encontro dos conceitos de times de trabalho proposto pelo Sistema Toyota de Produção.

Com a definição da estrutura mostrada na Figura 44, faz-se necessário definir os assuntos que serão tratados por esses times de trabalho e de que maneira serão priorizados. Esses assuntos virão de:

- Questões de Segurança do Trabalho tratadas no Comitê de Segurança;
- Rejeições de qualidade no cliente montadora;
- Rejeições internas de qualidade (*hot test*, *leak test*, rejeições de linha e inspeção final);

- Não-conformidades registradas nas auditorias de processo executadas pela Qualidade Assegurada;
- Hierarquização de RPN dos PFMEA's das operações de montagem;
- Operações com maiores tempos de ciclo (operações gargalo).

Os mesmos serão priorizados conforme ordem da listagem citada acima, no qual a primeira prioridade está na integridade física dos trabalhadores, posteriormente o foco está no cliente e por final nas melhorias de qualidade e processo.

Seguindo essa priorização, os problemas serão selecionados pelos supervisores e cada líder de processo receberá dois problemas para serem tratados com os times de trabalho. Na medida em que esses problemas são finalizados (causa raiz identificada e ações corretivas/preventivas implementadas), mais problemas são passados para resolução.

Os líderes de processo deverão fazer reuniões periódicas (uma vez por semana) com os times de trabalho sob sua responsabilidade e definir segundo uma metodologia científica os passos para a solução de cada problema, todas as ações devem ser registradas.

Todavia, cada líder dentro do seu respectivo time de trabalho deve liderar o seu time segundo os passos definidos anteriormente a fim de se solucionar o problema em questão. Cada time de trabalho deve realizar no mínimo duas reuniões semanais para tratar do problema que está sendo solucionado.

Para finalizar o ciclo, uma reunião de *status* deve ser realizada mensalmente para dar o *feedback* aos supervisores e ao gerente dos problemas solucionados e que estão sendo tratados pelos times de trabalho. Isso é válido para demonstrar aos trabalhadores de chão-de-fábrica a sua importância (reconhecimento) dentro dos times de trabalho.

A implementação desta metodologia tem influência direta sobre os indicadores produtivos da linha de montagem HS, uma vez que os problemas tratados advêm do resultado insuficiente desses indicadores.

Porém, os pesquisados salientam que toda essa metodologia para tratativa e solução de problemas segundo o Sistema Toyota de Produção só será realmente eficaz se os trabalhadores de

chão-de-fábrica possuem os conhecimentos sobre as ferramentas, conceitos e metodologias do sistema de manufatura enxuta.

4.8.4. Melhorias propostas (oportunidade nº 04)

Com base no capítulo 4.6.4. Oportunidade nº 04 (sugestão dos pesquisados) foi visto que os problemas de qualidade oriundos de falhas de processos tem parte de suas causas na insuficiência de ensinamentos dado aos trabalhadores de chão-de-fábrica sobre suas atividades dentro de cada operação de montagem da linha HS.

Ao instruir os funcionários a executar seu trabalho como uma seqüência minuciosamente especificada de etapas, a Toyota os força a testar hipóteses através da ação. A execução da atividade testa as duas hipóteses implícitas em seu projeto: primeira, que o funcionário que executa a atividade é capaz de executá-la corretamente, e, segunda, que a execução da atividade efetivamente gera o resultado esperado. Os gerentes da Toyota não dizem aos funcionários e supervisores como eles devem, especificamente, executar o seu trabalho. Ao contrário, eles utilizam um método de ensino e aprendizado que permite aos funcionários descobrir as regras como uma consequência da resolução dos problemas. Por exemplo, o professor vai até o local de trabalho do funcionário e, enquanto este está fazendo o seu trabalho, ele faz uma série de perguntas: como você faz esse trabalho? Como você sabe que está fazendo corretamente? como você sabe que o resultado estará livre de defeitos? o que você faz quando tem um problema? (Steven Spear e H. Kent Bowen, 1999).

Com o objetivo de se ter cada vez menos problemas de qualidade por causa de falhas de processos durante a montagem de motores diesel na linha HS, será proposto pelos pesquisados segundo os conhecimentos adquiridos em Sistema de Manufatura Enxuta uma metodologia para treinamento dos trabalhadores de chão-de-fábrica. A Figura 45 mostra a estrutura dessa metodologia que objetiva a formação de trabalhadores competentes, tendo-se o conceito de competência como o somatório de três fatores: conhecimento, habilidade e atitude.

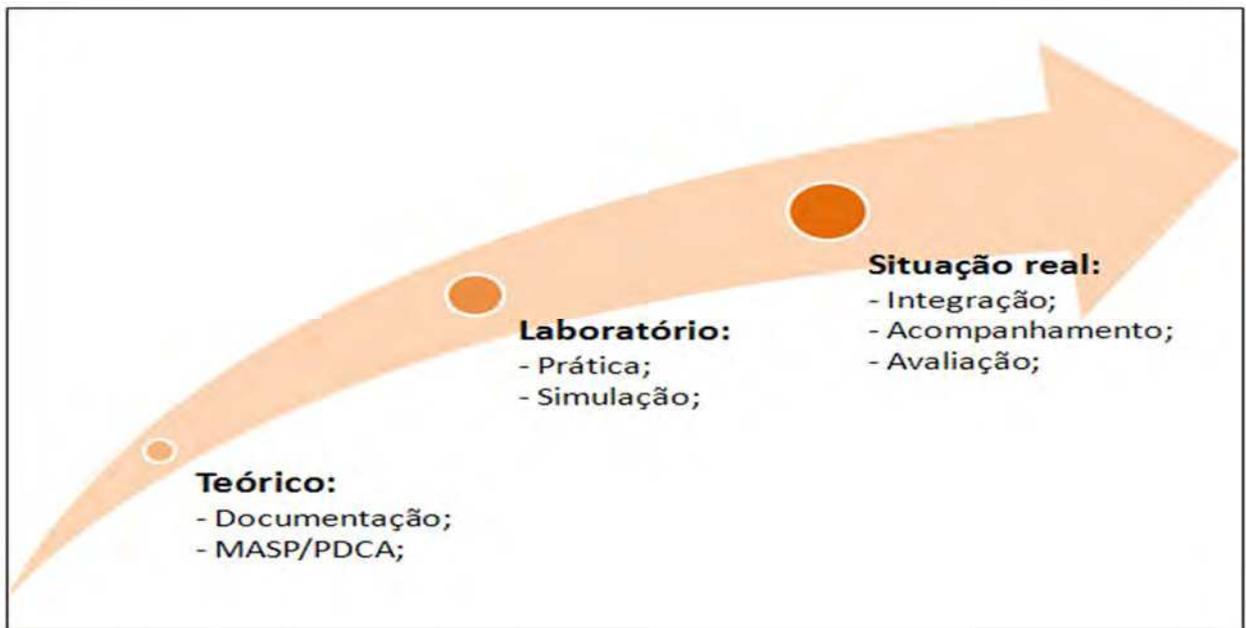


Figura 45: Estrutura da metodologia de treinamento para a formação de trabalhadores competentes

Partindo-se dessa estrutura, será detalhada a seguir a metodologia proposta para o treinamento de trabalhadores de chão-de-fábrica nas operações que compõem as etapas do processo de montagem de motores diesel na linha HS.

A partir da divisão vista na Figura 45, será descrito a seguir as etapas que compõem cada um dos três módulos do treinamento (Teórico, Laboratório e Situação real), definindo-se também a duração em horas de cada um deles:

- **Teórico:** nesse módulo, será introduzido todo o detalhamento da operação que está sendo treinada, com ênfase na documentação pertinente ao processo em estudo, que são: folha de processo, auxílios visuais, alertas da qualidade (falhas em cliente), PFMEA, plano de controle e liberação de processo. Um vídeo gravado previamente será utilizado para demonstração da maneira correta de realização da operação. Ainda dentro deste módulo serão introduzidos conceitos sobre PDCA (*Plan, Do, Check and Action*) e MASP (Método e Análise para Solução de Problemas). A duração deste módulo varia de 4 a 8 horas, dependendo da complexidade da operação em estudo.

- **Laboratório:** esse módulo é dividido em duas partes, primeiramente os trabalhadores irão para um laboratório treinar em termos práticos o processo da operação que está sendo estudada, num motor com as ferramentas necessárias para tal. Esse processo será orientado pela documentação de processo existente. A repetição do processo de montagem será realizada inúmeras vezes, sendo registradas as dificuldades encontradas durante tal processo pelos trabalhadores em treinamento. Posteriormente, com a orientação do PFMEA e Plano de Controle serão realizadas simulações práticas considerando os modos de falhas potenciais citados no PFMEA, e também, serão simulados os meios de controle e planos de reação citados no Plano de Controle. A duração deste módulo varia de 4 a 8 horas, dependendo da complexidade da operação em estudo.

- **Situação real:** finalizado os dois módulos descritos anteriormente, o trabalhador está apto para ser integrado à linha de montagem e realizar a operação treinada dentro do processo real de montagem. A execução da sua tarefa deve ser acompanhada pelo menos por uma hora diária pelo Técnico Operacional/Supervisor/Engenheiro de Processo durante um período de 15 dias, e todas as suas dificuldades e falhas devem ser registradas pelo próprio trabalhador em um diário de bordo. Ao término de 15 dias de acompanhamento, uma avaliação deve ser realizada pelo supervisor a fim de estabelecer se o trabalhador possui a competência necessária para continuar trabalhando na operação treinada ou se faz necessário complementar o treinamento dado. Posterior a tudo isso, um acompanhamento esporádico (mínimo de duas vezes por semana) deve ser dado ao trabalhador durante um período de 30 dias para então se finalizar por completo o treinamento.

Qualquer trabalhador que ficar afastado de uma determinada operação do processo de montagem da linha HS por mais 3 meses dentro do processo existente de *job rotation* deve obrigatoriamente passar por essa metodologia de treinamento proposto.

Na Tabela 13 do Apêndice está o detalhamento dessa metodologia proposta, com toda a descrição necessária de suas etapas para que se tenha o completo entendimento sobre a mesma.

Com essa metodologia proposta pelos pesquisados, objetiva-se um treinamento operacional que contribua para reduzir as rejeições de qualidade cuja causa raiz seja falha

operacional do trabalhador, impactando positivamente sobre os seguintes indicadores produtivos: rejeições internas de qualidade, rejeições de qualidade no cliente montadora e produtividade.

5. Resultados e Discussões

Neste capítulo, objetiva-se responder as duas hipóteses (H1 e H2) propostas no capítulo de Introdução do presente trabalho, bem como, fazer uma analogia entre disseminação dos conhecimentos em sistema de manufatura enxuta e promoção de uma cultura *lean*. Finalizando-se o mesmo com alguns depoimentos dos pesquisados participantes deste trabalho a fim de se ratificar tudo que será discutido nesse capítulo.

5.1. Hipótese H1

A primeira hipótese proposta no capítulo Introdução deste trabalho a ser respondida é a seguinte:

“De que maneira a disseminação dos conhecimentos específicos sobre manufatura enxuta entre os trabalhadores de chão-de-fábrica pode contribuir para um sistema produtivo?”

A aplicação dos conhecimentos específicos em sistema de manufatura enxuta pelos trabalhadores de chão-de-fábrica da linha de montagem HS selecionados para esta pesquisa evidenciou uma série de oportunidades e melhorias propostas e elencadas no capítulo anterior. Porém, a resposta da hipótese H1 proposta vai além disso, leva também em consideração a experiência do pesquisador, dos pesquisados e referencial teórico.

A disseminação dos conhecimentos por si só não basta para se conseguir resultados que possam contribuir positivamente para um sistema produtivo (influência nos indicadores produtivos), é preciso que isso seja realizado por meio da aplicação de uma metodologia que organize a disseminação e aplicação desses conhecimentos entre os trabalhadores. Já que a importância desses conhecimentos estarem disseminados entre os integrantes da camada mais baixa da hierarquia de uma empresa está na seguinte questão: são essas as pessoas que podem realmente tornar *lean* um sistema produtivo qualquer, neste caso uma linha de montagem de

motores diesel, pois são eles que aplicam as ferramentas, conceitos e metodologias durante o dia-a-dia de produção. De nada adianta as ferramentas do sistema de manufatura enxuta aplicadas na produção se os trabalhadores que as utilizam não conhecem os conceitos e/ou a metodologia.

Além disso, essa disseminação de conhecimentos tem que vir amparada por uma liderança que incentive a participação desses trabalhadores como peças fundamentais para o correto funcionamento do sistema de manufatura enxuta, e que os mesmos se sintam úteis e parte integrante desse sistema e não simples coadjuvantes de todo o processo produtivo. Com isso, visa-se o desenvolvimento de um maior comprometimento dos trabalhadores com os princípios e objetivos das ferramentas, conceitos e metodologia do sistema de manufatura enxuta.

Com base em referencial teórico para ajudar a responder a hipótese H1, abaixo existe um texto retirado do site *Lean Institute* Brasil e escrito pelo presidente da instituição (FERRO, 2011).

“Uma dúvida que sempre paira no ar e nos intriga é por que empresas que possuem um sofisticado “sistema *lean*” (quer seja focalizado na produção ou então abordando o negócio todo), com manuais detalhados, *assessments* completos, auditorias padronizadas realizadas por equipes dedicadas parecem não ter tanto sucesso em comparação a empresas com sistemas menos formalizados, mas que parecem ter líderes mais engajados e envolvidos.”

Para entender melhor esse fenômeno, podemos usar uma conhecida fórmula simples que consegue capturar alguns desses elementos.

A equação 4 é a seguinte:

$$\text{Transformação } \textit{lean} = (\text{Insatisfação} + \text{Visão} + \text{Conhecimento}) \times \text{Crença} \quad (4)$$

Assim, inicialmente, é necessário entender o grau de **insatisfação** da empresa com o seu desempenho, resultados e processos. Trata-se de uma definição da realidade essencialmente subjetiva, independentemente dos resultados. A empresa pode ter bons resultados, mas prevalecer uma insatisfação com a situação corrente na medida em que se reconhece a existência de diversos problemas. “O problema é não ter problema” parece ser mais forte do que o “está tudo bem”. Por outro lado, uma empresa pode ter maus resultados e mesmo assim achar que isso é normal.

Quanto mais “insatisfeita” a empresa estiver, maiores as chances de a transformação *lean* ter sucesso.

É necessário ter uma **visão**, uma idealização de uma situação ideal futura. A inspiração deve vir da alta administração, mas é fundamental também que haja um acordo sobre onde se quer chegar - que começa com a concordância e o compartilhamento de onde a empresa está hoje - das questões mais importantes que afetam o negócio e daquilo que é essencial para levá-la a esse futuro desejado. Também deve haver uma concordância sobre como chegar lá para permitir o desdobramento e o alinhamento.

A transformação *lean* coloca desafios e oportunidades para as empresas conseguirem atingir níveis de desempenho antes não imaginados. Mas, para isso acontecer, é necessário um novo conjunto de **conhecimentos**. Felizmente, hoje em dia, a quantidade de livros, artigos, exemplos concretos, treinamentos e eventos à disposição de todos, para aprenderem com outras experiências, têm crescido exponencialmente. Mas isso não é suficiente. Aprender fazendo, tentando, errando e acertando é a única maneira de seguir adiante, de buscar os novos conhecimentos.

Mas tudo isso é multiplicado pela **crença** ou **vontade** de efetivamente fazer as mudanças acontecerem, com um senso de urgência definido pelo grau de insatisfação. Trata-se de um fator também eminentemente subjetivo que independe de posição na hierarquia, experiência, formação escolar ou idade.

Querer viabilizar a transformação *lean* é essencial. Sem uma visão e o conhecimento necessário, as dificuldades podem ser substanciais. Mas sem uma boa dose de insatisfação, de crença e de engajamento das principais lideranças, nada acontecerá. Não basta simplesmente querer. Mas que é essencial, não há dúvidas.”

Todas as questões descritas neste capítulo satisfazem a resposta da hipótese H1 proposta no capítulo Introdução, a fim de demonstrar toda a importância do tema desenvolvido no presente trabalho.

5.2. Hipótese H2

A segunda hipótese proposta no capítulo Introdução deste trabalho a ser respondida é a seguinte:

“A disseminação dos conhecimentos específicos sobre manufatura enxuta entre os trabalhadores de chão-de-fábrica pode influenciar na mudança cultural *lean*?”

A resposta dessa hipótese não depende somente dos resultados alcançados pela disseminação dos conhecimentos específicos em sistema de manufatura enxuta neste trabalho, diz respeito também ao conceito de cultura escolhido como referencial teórico e também ao sentimento do pesquisador e dos pesquisados com relação as suas experiências no tema proposto.

Segundo Laraia (2006), o conceito de cultura, sintetizando, simboliza tudo o que é aprendido e partilhado pelos indivíduos de um determinado grupo e que confere uma identidade dentro do seu grupo que pertença.

Este referencial contribui para a resposta da hipótese H2, uma vez que essa disseminação de conhecimentos específicos em sistema de manufatura enxuta entre os trabalhadores é ingrediente primordial nesta mudança cultural. Porém, o conhecimento disseminado por si só não basta, é necessário que os trabalhadores partilhem deles no seu dia-a-dia de trabalho com seus colegas e que os mesmos sirvam de referência para identificar o grupo num determinado ambiente, no caso deste trabalho, os trabalhadores de chão-de-fábrica da linha de montagem HS.

Para corroborar com a resposta desta hipótese, a mesma foi feita ao final de todo o desenvolvimento desta pesquisa aos cinco pesquisados participantes deste trabalho. A seguir, existe a transcrição literal de duas respostas selecionadas pelo pesquisador e que também contribuem para a resposta dessa hipótese:

Resposta 1: “Sim, mostrando a eles como é o funcionamento de um sistema de manufatura enxuta, a importância que cada um tem para que ele funcione corretamente, como exemplo: deixar aflorar suas criatividade para melhoria no processo, se acontecer algo errado não procurar culpados e sim uma maneira para que esse erro não se repita e fazer times de

trabalho para buscar a melhoria contínua no processo, fazer com que cada trabalhador veja e sinta a importância dos 5S's e fazê-los, principalmente o do senso de autodisciplina e fazerem eles ter a visão que não adianta máquinas e equipamentos se não tiver eles, pois a qualidade e quem faz acontecer são os trabalhadores de chão-de-fábrica.”(Elias Fonseca, 2011).

Resposta 2: “Sim, utilizando-se as ferramentas do sistema na adequação e treinamento dos funcionários envolvidos, pode-se mudar a cultura, objetivando a melhoria contínua no processo de montagem e na qualidade do produto. O que requer também o planejamento de cursos e palestras para engajar todos neste propósito, além do desenvolvimento de módulos práticos neste processo de utilização das ferramentas, tornando-se todos, parte desta mudança cultural.”(Alexandre Bottega, 2011).

Todas as justificativas citadas anteriormente e que buscam contribuir para a resposta da hipótese H2 devem ser suportadas por uma estratégia gerencial da alta direção da empresa que promova a tão esperada mudança cultural *lean*, por meio de apoio aos líderes que conduzem as equipes de trabalho dentro de cada departamento da empresa, de maneira a promover a disseminação e aplicação dos conhecimentos em sistema de manufatura enxuta e integralização entre departamentos.

5.3. Correlação entre conhecimento *lean* mudança cultural na empresa

Para que a implantação do sistema de manufatura enxuta possa proporcionar uma mudança cultural esperada pela empresa, a fim de que se influenciem positivamente os indicadores produtivos, antes de seu início propriamente dito é necessário que haja um preparo inicial. Um dos pontos principais a ser trabalhado é difundir o novo conceito a todos os níveis da organização e criar um ambiente onde as pessoas possam interagir no processo de mudança, pois desta forma o medo pelo novo e pelo que possa vir a acontecer será menor e a resistência as mudanças não será tão significativa.

As empresas que pretendem alcançar uma mudança cultural *lean* devem adotar a total transparência com seus funcionários, apresentando o porquê do sistema de manufatura enxuta, as vantagens deste sistema, o que ele irá trazer de benefícios para a empresa e para o trabalhador e o que deverá mudar na rotina de trabalho de cada um e qual será o grau de interação do trabalhador na transição para o sistema *lean*. Isso tudo passa por um exaustivo processo de treinamento sobre os conceitos, ferramentas e metodologias do sistema de manufatura enxuta.

Porém, somente a disseminação dos conhecimentos *lean* entre os trabalhadores não é o suficiente, a alta direção além de criar uma estrutura organizacional enxuta, tem como tarefas entender, antecipar e gerenciar a tão almejada mudança cultural. Todas as atividades *lean* começam com enorme entusiasmo e energia, mas inevitavelmente há um esmorecimento, e a alta direção deve aprender a prever e a administrar os momentos de desânimo, assim como também reconhecer os de sucesso, só assim, estar-se-á no caminho para a tão desejada mudança.

Dito isso, entende-se a partir deste trabalho que uma receita de sucesso para uma mudança cultural *lean* e que visa à melhoria dos indicadores produtivos de um sistema produtivo, passa por um planejado e organizado processo de disseminação dos conhecimentos dos conceitos, ferramentas e metodologias do sistema de manufatura enxuta entre os trabalhadores e amparado pelo apoio incondicional da alta direção da empresa envolvida nesta mudança. Para que toda e qualquer dificuldade encontrada neste processo, possa ser superada e administrada e o foco não seja perdido ao longo do tempo, a fim de que os resultados alcançados com o sistema de manufatura enxuta (melhoria dos indicadores produtivos) sirvam de motivação para que as mudanças aconteçam de maneira sistêmica e habitual, e assim, incorporarem-se as mesmas a cultura do ambiente produtivo.

6. Conclusões

A partir do presente trabalho, é possível concluir que existe um razoável nível cultural *lean* entre os trabalhadores de chão-de-fábrica da linha de montagem HS, principalmente com relação as ferramentas, conceitos e metodologias já praticadas neste processo produtivo. Porém, existem excelentes oportunidades de aumento deste nível cultural *lean* com práticas ainda não disseminadas e/ou não utilizadas nesta linha de montagem (vide notas da Tabela 1).

Foi visto também, que a percepção do grau de conhecimento dos trabalhadores sobre as ferramentas, conceitos e metodologias do sistema de manufatura enxuta com relação a *Poka Yoke* e 5S, apresentaram as melhores notas (7,2 e 6,6) conforme Tabela 2. Porém existem excelentes oportunidades de aumento da percepção do grau de conhecimento em uma grande gama de conceitos, ferramentas e metodologias do sistema de manufatura enxuta entre os trabalhadores da linha de montagem HS.

Conseguiu-se também a disseminação dos conhecimentos em sistema de manufatura enxuta entre os trabalhadores selecionados para o presente trabalho de maneira planejada e organizada, isto pode ser visto pela Tabela 10 do capítulo 4 que mostra os assuntos teóricos desenvolvidos e suas respectivas cargas horárias. Aumentando-se o grau de conhecimentos dos trabalhadores envolvidos em sistema de manufatura enxuta.

Por meio do embasamento teórico sobre sistema de manufatura enxuta realizado entre os trabalhadores selecionados nesta pesquisa, alcançou-se mais um dos objetivos específicos propostos no início do mesmo, que foi a identificação de oportunidades no processo produtivo de motores diesel da linha de montagem HS, demonstrando-se a importância desta disseminação entre os trabalhadores de chão-de-fábrica. Oportunidades possíveis de serem identificadas pelos conhecimentos específicos desenvolvidos entre os trabalhadores em sistema de manufatura enxuta.

Tendo como referência as oportunidades identificadas por meio dos conhecimentos específicos adquiridos pelos trabalhadores de chão-de-fábrica em sistema de manufatura enxuta, ações foram propostas e/ou implementadas e melhorias foram alcançadas no processo produtivo,

o que demonstra claramente a influência positiva de tais conhecimentos. Isto pode ser visto, por exemplo, pela redução em 14,4% na média acumulada de falhas de processo em ppm's no ano fiscal de 2010. Nesta etapa do presente trabalho, também foram identificados os indicadores produtivos que pudessem ser afetados por tais melhorias, concluindo-se que os resultados podem ser mensurados ao longo do tempo e ratificando-se o tema proposto para essa pesquisa.

Com o desenvolvimento do presente trabalho, conseguiu-se também a produção de conhecimento científico sobre um tema bastante específico e que possui muito ainda a ser explorado e estudado. Já que a relação entre o conhecimento dos trabalhadores de chão-de-fábrica em sistema de manufatura enxuta e os indicadores produtivos influenciados pelos mesmos é um assunto bastante singular.

6.1. Sugestão para trabalhos futuros

A partir do presente trabalho, uma proposta para trabalhos futuros está em pesquisar quais são as razões e motivos pelas quais os trabalhadores de chão-de-fábrica incorporam os conceitos, ferramentas e metodologias em sistema de manufatura enxuta na sua rotina de trabalho de modo a tornar habitual tais práticas e elevar o nível cultural *lean* de um sistema produtivo específico.

Referências

- ABDULLAH, F.; RAJGOPAL, J. **Lean manufacturing in the process industry.** Proceedings of the IIE Research Conference, Portland, EUA, OR, IIE, Norcross, GA, 2003.
- ABO, T. **Hybrid Factory: The Japanese Production System in the United States.** New York: Oxford University Press, P. 318, 1994.
- ADLER, P.S. **Time and Motion Regained.** Harvard Business Review, v.71, n.1, p. 97-108, 1993.
- AJIT K. S.; SINGH N. K.; SHANKAR R.; TIWARI M. K. **Lean philosophy: implementation in a forging company.** Int. J. Adv. Manuf. Technol. 36: 451–462, 2008.
- ÁLVAREZ, R.; CALVO, R.; PEÑA, M. M.; DOMINGO, R. **Redesigning an assembly line through lean manufacturing tools.** Int. J. Adv. Manuf. Technol., 43: 949–958, 2009.
- ANTICONA, J.; ALVES, J. **A implementação da manufatura enxuta numa empresa da indústria de eletrodomésticos.** XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, São Paulo, 2008.
- ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. **Em Direção a uma Teoria Geral na Administração da Produção.** Tese de Doutorado em Administração – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1998.
- ARAÚJO, C. A. C.; RENTES, A. F. **A metodologia Kaizen na condução de processos de mudança em sistemas de produção enxuta.** Gestão Industrial, v.02, n.02, p 133-142, 2006.
- BABSON, S. **Lean Production and Labor: Empowerment and Exploitation.** In: Babson, Steve (Ed). *Lean Work: empowerment and exploitation in the global auto industry.* Detroit, Michigan: Wayne State University Press, 1995.

BAYOU, M.E. & KORVIN, A. **Measuring the leanness of manufacturing systems - A case study of Ford Motor Company and General Motors.** J. Eng. Technol. Manage. 25, p. 287–304, 2008.

BAÑOLAS, R., 2008. **Uma Abordagem para a Transformação Enxuta.** Artigo disponível no site <http://www.prolean.com.br>. Acesso em 15/04/2010.

BASSO, J. L. **Engenharia e análise do valor.** São Paulo: IMAM, 1991.

BLACK, J. T. **O Projeto da Fábrica com Futuro.** Bookman, Porto Alegre, 1998.

BLACK, J. T. **Design rules for implementing the Toyota Production System.** International Journal of Production Research, vol. 45, n. 16, p. 3639–3664, 2007.

BORSOI, F. A. **Média Gerência de Produção: uma Nova Dimensão da Função.** Revista Pesquisa & Tecnologia FEI, n. 23, p. 14-21, 2002.

CHIAVENATO, I. **Introdução à Teoria Geral da Administração.** Editora Campus, 2000.

COHEN, S. G.; MOHRMAN, S. A. **Designing Team-Based Organizations: New Forms for Knowledge Work.** San Francisco: Jossey-Bass Publishers, p. 389, 1995.

CORREA, H. L.; CORREA, C. A. **Administração de produção e operações.** São Paulo: Atlas, 2004.

DANKBAAR, B. **Lean Production: denial, confirmation or extension of sociotechnical system design?** Human Relations, vol. 50, n. 5, 1997.

DIAS, F.R; FERNANDES, F.C.F.; GODINHO FILHO, M. **Uma Metodologia Baseada em Indicadores de Desempenho para Avaliação dos Princípios Relativos à Manufatura Enxuta: Estudo de Caso em uma Empresa do Setor Médico-hospitalar.** XXIV Encontro Nac. de Engenharia de Produção – Florianópolis, 2004.

FAYE, H.; FALZON, P. **Strategies of performance self-monitoring in automotive production.** Applied Ergonomics, 40, p. 915–921, 2009.

FAWAZ A.; ABDULMALEK.; JAYANT R. **Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study.** Int. J. Production Economics. 107, p. 223–236, 2007.

FERNANDES, F.C.F.; MACCARTHY, B.L. **Production planning and control: the gap between theory and practice in the light of modern manufacturing concepts.** In: 15TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON CAD/CAM, ROBOTICS & FACTORIES OF THE FUTURE (CARS &FOD'99), Águas de Lindóia, 1999.

FERREIRA, G. F.; SAURIN, T. A. **Diretrizes para estruturação de um Método para Avaliar os Impactos da Produção Enxuta Sobre as Condições de Trabalho.** V Semana de Engenharia de Produção e Transportes. UFRGS. Porto Alegre, RS, 2005.

FERRO, J. R. **A produção enxuta no Brasil.** In: WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. A máquina que mudou o mundo. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

FLEURY, A. C. C., VARGAS, N. **Organização do Trabalho.** São Paulo: Editora Atlas, 1983.

FORD, H. **Os Princípios da Prosperidade; as obras de Henry Ford; minha vida e minha obra, hoje e amanhã, minha filosofia da indústria.** 3.ed. Rio de Janeiro; Brand, 1967.

FRANCO, M. A. S. **Pedagogia da Pesquisa-Ação.** Revista Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 483-502, 2005.

FURINI, G.; SAURIN A. T. **Proposta de um Método de Análise da Cultura Lean em uma Empresa que está Implantando Práticas do Sistema de Produção Enxuta.** Artigo publicado no XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2008.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente Just-in-time.** Caxias do Sul: EDUCS, 1996.

GHINATO, P. Publicado como 2º cap. do Livro **Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações**. Ed.: Adiel T. de Almeida e Fernando M. C. Souza. Recife: Editora da UFPE, 2000.

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

HIRATA, H. **Novos modelos de produção, qualidade e produtividade**. Os trabalhadores e o programa brasileiro de qualidade e produtividade. Seminários e Eventos, São Paulo, Dieese, P. 38-54, 1994.

HORNBURG, S. **Método para Eventos Gemba Kaizen**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina – 2009.

IMAI, M. **Gemba-Kaizen: estratégias e técnicas do Kaizen no piso de fábrica**. São Paulo: IMAM, 1996.

JENS J. D.; SUMI D. P. **Lean production, six sigma quality, TQM and company culture**. The TQM Magazine vol. 18, n. 3, p. 263-281, 2006.

JONES, D. T. **Heijunka: leveling production**. Manufacturing Engineering, v. 137, n. 2, 2006.

KARDEC, A.; RIBEIRO, H. **Gestão Estratégica e Manutenção Autônoma**. Rio de Janeiro: Qualitymark: ABRAMAN. 2002.

KASUL, R. A.; MOTWANI, J. G. **Successful implementation of TPS in a manufacturing setting: a case study**. *Industrial Management and Data Systems*, v. 97, n. 7, p. 274-279, 1997.

KOCH, T.; KORNICKI, L. **Minimizing variability in manufacturing systems in the context of lean manufacturing implementation**. Modern trends in manufacturing. In: International CAMT Conference, 2, Wroclaw, Poland, 2003.

LAGE J. M.; GODINHO F. M. **Adaptações ao sistema kanban: revisão, classificação, análise e avaliação**. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 173-188, 2008.

- LAKATOS, E.; MARCONI, M. **Metodologia científica**. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- LARAIA, R. B. **Cultura**. Rio de Janeiro. Ed: Jorge Zahar, 2006.
- LEAN INSTITUTE BRASIL. Reportagem disponível no site <http://www.lean.org.br/leanmail/101/querer-e-poder.aspx>, edição Março de 2011, acesso em 30/03/2011.
- LIKER, J. **O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo**. Porto Alegre. Bookman, 2006.
- LIKER & MEIER. **O Modelo Toyota: Manual de Aplicação**. Porto Alegre. Bookman, 2007.
- MACDONALD, T.; AKEN, E.; RENTES, A. F. **Utilization of simulation model to support value stream analysis and definition of future state scenarios in a high-technology motion control plant**. Research Paper Department of Industrial & Systems Engineering. Virginia Polytechnic Institute and State University & São Carlos Engineering School, University of São Paulo, 2000.
- MANOOCHEHRI, G. H. **JIT for small manufacturers**. Journal of Small Business Management, v. 26, n. 4, p. 22-30, 1988.
- MARTINS, H.H.T. de S. **Metodologia Qualitativa de Pesquisa**. Revista Educação e Pesquisa, São Paulo, v.30,n.2, p. 289-300, 2004.
- MARX, ROBERTO. **Autonomia e Trabalho em Grupo na Indústria Brasileira: até onde vão as mudanças na organização das fábricas? Grupos Semi-Autônomos e Competitividade: Experiências Internacionais e Brasileiras**. São Paulo, 1998.
- MASKELL, B. H. **Lean Performance Measures**. Anais do Lean Summit 2002 Brasil. Gramado: 2002.
- MELTON, T. **The benefits of lean manufacturing: what lean thinking has to offer the process industries**. Chemical Engineering Research and Design. 83, p. 662–673, 2005.

MEYERS, F.; STEPHENS, M.P. **Manufacturing Facilities Design and Material Handling**. 3. Ed. Pearson, 2005.

MONDEN, Y. **Toyota Production System**. Institute of Industrial Engineers, p. 247, 1983.

MOREIRA, M. P. **Times de trabalho em ambientes de manufatura enxuta: processo e aprendizado**. Campinas, Dissertação (mestrado em Engenharia Mecânica), Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2004.

MORITA, M. **Impacts and Determinants of Teamwork**. Proceedings of the 12th. Annual Conference of the Production and Operations Management Society, Orlando, FL., 2001.

MOTWANI, J. **A business process change framework for examining lean manufacturing: a case study**. Industrial Management & Data Systems, v. 103, n. 5, p. 339-346, 2003.

MÜLLER, C. J. **A Evolução dos Sistemas de Manufatura e a Necessidade de Mudanças nos Sistemas de Controle e Custeio**. Dissertação de Mestrado em Engenharia – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFRGS, Porto Alegre, 1996.

MURMAN, E. **Lean Enterprise Value: Insights from MIT's Lean Aerospace Initiative**. New York: Palgrave, 2002.

OHNO, T. **Sistema de produção Toyota**. Porto Alegre: Bookman, 1988.

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

OSADA, T. **Housekeeping, 5S's: cinco pontos-chaves para o ambiente da qualidade total**. São Paulo: IMAM, 1992.

PAVNASKARY S. J., GERSHENSON J. K.; JAMBEKAR A. B. **Classification scheme for lean manufacturing tools**. Int. J. Prod. Res., 4, (13): p. 3075–3090, 2003.

PERIN, P. C. **Metodologia de padronização de célula de fabricação e de montagem, integrando ferramentas de produção enxuta do sistema de manufatura Delphi**. P. 228, Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. N. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

PRADO, C. S. **Proposta de desenvolvimento de um modelo de Produção Enxuta utilizando a ferramenta Visioneering**. P. 126, Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

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

REALI, P. P. **Aplicação da técnica de eventos kaizen na implantação da produção enxuta: estudo de casos em uma empresa de autopeças**. P. 102, Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

RINEHART, J.; HUXLEY, C.; ROBERTSON, D. **Team Concept at CAMI**. In: Babson, Steve (Ed). *Lean Work: empowerment and exploitation in the global auto industry*. Detroit, Michigan: Wayne State University Press, 1995.

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 Valor e Eliminar o Desperdício**. Versão 1.3. Lean Enterprise Institute, 2003.

ROY, M. **Self-directed work teams and safety: a winning combination?** *Safety Science*, n. 41, p. 359-376, 2003.

SAURIN, T. A.; FERREIRA, C. F. **Avaliação Qualitativa da Implantação de Práticas da Produção Enxuta: Estudo de Caso em uma Fábrica de Máquinas Agrícolas.** Artigo submetido à Revista Gestão & Produção, 2008.

SERRANO I.; OCHOA C.; DE CASTRO R. **Evaluation of value stream mapping in manufacturing system redesign.** Int. J. Prod. Res., 46 (16): p. 4409–4430, 2008.

SCHONBERGER, R. J. **Técnicas Industriais Japonesas: Nove Lições Ocultas Sobre Simplicidade.** São Paulo: Pioneira, 1988.

SHINGO, S. **Zero quality control: source inspection and the poka-yoke system.** Cambridge, Massachusetts, Productivity Press, 1986.

SHINGO, S. **A Revolution in Manufacturing: The SMED System.** Cambridge, Massachusetts, Productivity Press, 1987.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção.** 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração da dissertação.** P. 118, Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

SILVA, J. M. **5S – O Ambiente da Qualidade.** Belo Horizonte: Editora FCO, 1992.

SIMONS, D.; ZOKAEI, K. **Application of lean paradigm in red meat processing.** British Food Journal, v. 107, n. 4, p. 192-211, 2005.

SLACK, N. **Administração da Produção.** São Paulo: Atlas, 1999.

SMALLEY, A. **Criando o Sistema Puxado Nivelado – um guia de aperfeiçoamento de sistemas lean de produção, voltado para profissionais de planejamento, operações, controle e engenharia.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 2004.

SPEAR, S.; BOWEN, H. **Decoding the DNA of the Toyota Production System.** Harvard Business Review, p. 97-106, 1999.

SPEAR, S. J. **Aprendendo a Liderar na Toyota.** Harvard Business Review, p. 54-63, 2004.

TARDIN, G. G.; LIMA, P. C. **O papel de um Quadro de Nivelamento de Produção na produção puxada: um estudo de caso.** Unicamp, ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Porto Alegre: ABEPRO, 2000.

TAVARES, L. A. **Excelência na Manutenção – Estratégias, Otimização e Gerenciamento.** Salvador: Casa da Qualidade Editora Ltda., 1996.

THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-Ação.** 11ª ed., São Paulo: Cortez Editora, 2002.

TOOMEY, J. W. **MRP II – Planning for Manufacturing Excellence.** New York, Chapman & Hall, 1996.

WELLINS, R. S.; BYHAM, W. C.; WILSON, J. M. **Equipes Zapp! (Empowered Teams).** Rio de Janeiro: Campus, p.228, 1994.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A Máquina que mudou o Mundo.** Nova Ed. Ver. E atual. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WOMACK, J.; JONES, D. **A mentalidade enxuta nas empresas.** Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1998.

WOOD J. T. **Fordismo, Toyotismo e Volvismo: os caminhos da indústria em busca do tempo perdido.** Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 6-18, 1992.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

APÊNDICE

Tabela 3: Princípios e capacitadores da Manufatura Enxuta – adaptado de Godinho Filho e Fernandes (2004)

Princípios mais importantes da ME	Capacitadores (metodologias, tecnologias e ferramentas)
Determinar valor para o cliente, identificando cadeia de valor e eliminando desperdícios	<ul style="list-style-type: none"> - Mapeamento do fluxo de valor - Melhoria na relação cliente-fornecedor/redução do número de fornecedores - Recebimento/fornecimento <i>just-in-time</i>
Trabalho em fluxo/simplificar fluxo	<ul style="list-style-type: none"> - Tecnologia de grupo - Trabalho em fluxo contínuo (<i>one piece flow</i>)/redução tamanho de lote - Trabalhar de acordo com o <i>takt time</i> / produção sincronizada - Manutenção produtiva total (TPM)
Produção puxada / <i>just-in-time</i>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Kanban</i> - Redução do tempo de <i>set-up</i>
Busca da perfeição	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Kaizen</i>
Automação/qualidade seis sigma	<ul style="list-style-type: none"> - Ferramentas de controle da qualidade - Zero defeito - Ferramentas <i>poka yoke</i> (a prova de erros)
Limpeza, ordem e segurança	<ul style="list-style-type: none"> - 5 S
Desenvolvimento e capacitação de recursos humanos	<ul style="list-style-type: none"> - Empowerment - Trabalho em equipes - Comprometimento dos funcionários e da alta gerência - Trabalhador multi-habilitado/rodizio de funções - Treinamento de pessoal
Gerenciamento visual	<ul style="list-style-type: none"> - Medidas de performance/balanced scorecard - Gráficos de controle visuais
Adaptação de outras áreas da empresa ao pensamento enxuto	<ul style="list-style-type: none"> - Modificação de estrutura financeira/custos - Ferramentas para projeto enxuto (DFMA, etc.)

Tabela 4: Condições desfavoráveis para implementação do sistema *Kanban*

Produção desnivelada	Cria intervalos irregulares entre as ordens controladas pelo sistema <i>kanban</i> e a necessidade de manter níveis de estoque maiores.
Instabilidade dos tempos de processamento	Ocasiona a escassez de certos itens e excesso de outros, a menos que se mantenham níveis altos de estoque; e O sistema produtivo é constantemente interrompido, a menos que se mantenham níveis altos de estoque.
Não padronização das operações	Gera um alto grau de variação nos tempos de processamento, tempos de espera, tempos de <i>setup</i> e de operação dos trabalhos realizados em cada estágio produtivo, gerando, portanto, instabilidade e necessidade de manter altos níveis de estoque.
Tempos de <i>setup</i> grandes e/ou lote mínimo de produção com muitas peças	Geram aumento dos estoques em função do aumento do lote de produção e conseqüentemente desregula o nivelamento.
Grande variedade de itens	Aumenta a complexidade do fluxo de materiais, dificulta a adaptação dos painéis de cartões, cria irregularidades nos tempos e diminui a repetibilidade do sistema produtivo.
Demanda instável	Cria a necessidade de manter altos níveis de estoque, gera instabilidade interna nas operações e dificulta o nivelamento da produção.
Incertezas no abastecimento de matérias-primas	Impõem a necessidade de manter altos níveis de estoque de matérias-primas.

Tabela 5: Descrição de cada operação por posto de trabalho da linha de montagem HS

POSTO	OPERAÇÃO	DESCRIÇÃO
P1	OP10	Gravação do nº de série e preparação do bloco
P2	OP20 OP30	Entrada do bloco na linha e montagem do suporte auxiliar
P3	OP40	Montagem do virabrequim
P3	INSP01	Inspeção de folga axial
P4	OP45-SM	Sub-montagem do virabrequim
P5	OP46	Drag test
P6	OP50	Montagem dos pistões
P6	INSP02	Inspeção da altura dos pistões
P7	OP55-SM	Sub-montagem dos pistões
P8	OP60	Montagem da caixa frontal
P9	OP65-SM	Sub-montagem da caixa frontal
P10	OP70	Montagem do tubo de sucção e respiro
P11	OP80	Montagem do cárter
P12	OP90	Montagem do retentor traseiro
P13	OP100	Montagem da placa adaptadora e volante
P14	OP110	Montagem do suporte do alternador
P15	OP115-SM	Sub-montagem do suporte do alternador (bomba hidráulica)
P16	OP120	Montagem da bomba de alta pressão
P17	OP130	Montagem do cabeçote
P18	OP135-SM	Sub-montagem do cabeçote, turbina e coletor de escape
P19	OP145-SM	Sub-montagem do eixo balanceiro
P20	OP140	Montagem do eixo de comando e eixo balanceiro
P21	OP150	Montagem do sistema de distribuição
P22	OP160	Montagem do adaptador do injetor
P23	OP170	Montagem da tampa de válvulas
P24	OP180	Montagem do coletor de admissão e duto de ar
P25	OP175-SM	Sub-montagem da tampa de válvulas
P25	OP185-SM	Sub-montagem do coletor de admissão e duto de ar
P26	OP190	Montagem do sistema de injeção (alta pressão)
P27	OP200	Montagem do sistema de injeção (baixa pressão e tubos de alta pressão)
P28	OP210	Montagem do chicote elétrico e sensores
P29	OP220	Montagem da carcaça termostática e alça traseira
P30	OP230	Montagem da tampa da caixa frontal
P31	OP240	Montagem das polias externas
P32	OP250	Montagem do alternador
P32	OP260	Montagem do módulo de óleo lubrificante
P33	OP270	Montagem do sistema de vácuo
P35	OP280	Leak test
P36	OP290	Transferência do motor
P37	OP300	Preparação para o teste
TESTE	Hot test	Hot test (código de teste)
P38	OP310	Despreparação do teste
P39	OP320	Acabamento do motor
P39	OP320	Sistema de inspeção visual eletrônica
DESP.	Inspeção final	Inspeção final

Tabela 6: Os 14 princípios de gestão da Toyota (Liker, 2006)

Princípio	Descrição
1	Basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo que em detrimento de metas financeiras de curto prazo
2	Criar um fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona
3	Usar sistemas “puxados” para evitar a superprodução
4	Nivelar a carga de trabalho
5	Construir uma cultura de parar e resolver problemas, para obter a qualidade desejada logo na primeira tentativa
6	Tarefas padronizadas são a base da melhoria contínua e da capacitação dos funcionários
7	Usar controle visual para que nenhum problema fique oculto
8	Usar somente tecnologia confiável e plenamente testada que atenda aos funcionários e processos
9	Desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, vivam a filosofia e a ensinem aos outros
10	Desenvolver pessoas e equipes excepcionais 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
13	Tomar decisões lentamente por consenso, considerando completamente todas as opções; implementá-las com rapidez
14	Tornar-se uma organização de aprendizagem pela reflexão incansável e pela melhoria contínua

Tabela 7: Questões da pesquisa aplicada aos trabalhadores da linha de montagem HS

Questão	Princípio relacionado	Público alvo	
		L	O
1- Tomo decisões com foco em resultados de longo prazo e que geram valor para o cliente e para os funcionários	1	x	
2- Os processos são planejados de forma a reduzir ao máximo os desperdícios (retrabalho, movimentação, estoques, sucata, transporte, etc.)	2	x	x
3- Altos estoques de material em processamento e acabado são vistos como uma segurança de que não faltará matéria-prima para o processo seguinte, nem produto para o cliente	3	x	x
4- Algumas pessoas e equipamentos trabalham sobre carregados enquanto outras apresentam ociosidade em determinados períodos da jornada de trabalho	4	x	x
5- Tenho autonomia para interromper ou desacelerar o processo quando percebo um problema que afeta a qualidade do produto	5		x
6- Problemas de qualidade são resolvidos no momento em que aparecem, procurando descobrir as causas fundamentais	5	x	x
7- Executo minhas tarefas conforme os padrões existentes	6		x
8- Participo da melhoria e incorporação de melhores práticas aos padrões existentes	6		x
9- Os processos estão padronizados e os padrões são melhorados continuamente e usados para capacitação dos funcionários	6	x	
10- A empresa dá prioridade para o uso de tecnologias confiáveis e que foram completamente testadas	8	x	
11- O líder compreende detalhadamente o processo da sua área e é o transmissor da filosofia da empresa	9	x	
12- Compreendo, compartilho e vivencio os valores e crenças da empresa	10	x	x
13- Recebi capacitação suficiente para entender os objetivos deste novo sistema e colaborar para a sua implantação e melhoria	10	x	x
14- O trabalho em equipe é uma característica forte na minha área.	10	x	x
15- Os problemas são resolvidos observando-os na sua origem, não através de informações de outras pessoas	12	x	
16- As decisões são tomadas por consenso, envolvendo todas as partes afetadas e analisando todas as oportunidades	13	x	x
17- As decisões tomadas são implementadas rapidamente	13	x	x
18- As melhores práticas são padronizadas e incorporadas ao processo	14	x	x
19- Costumo contribuir com sugestões de melhorias no processo	14		x
20- Meus superiores valorizam minhas sugestões e me incentivam a contribuir com a melhoria contínua do processo	14		x

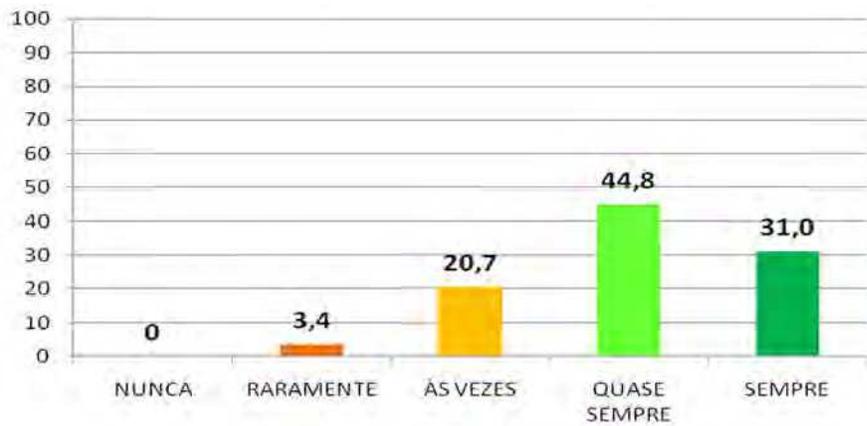


Figura 46: Questão 2: “Os processos são planejados de forma a reduzir ao máximo os desperdícios (retrabalho, movimentação, estoques, sucata, transporte, etc)”



Figura 47: Questão 3: “Altos estoques de material em processamento e acabado são vistos como uma segurança de que não faltará matéria-prima para o processo seguinte, nem produto para o cliente”



Figura 48: Questão 4: “Algumas pessoas e equipamentos trabalham sobrecarregados enquanto outras apresentam ociosidade em determinados períodos da jornada de trabalho”

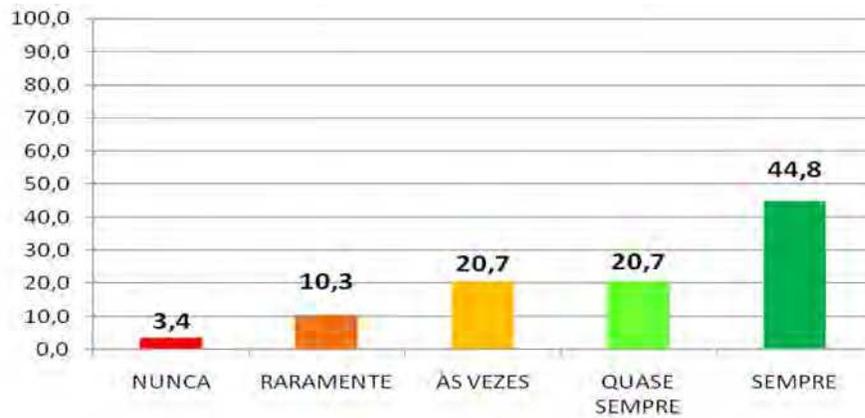


Figura 49: Questão 5: “Tenho autonomia para interromper ou desacelerar o processo quando percebo um problema que afeta a qualidade do produto”

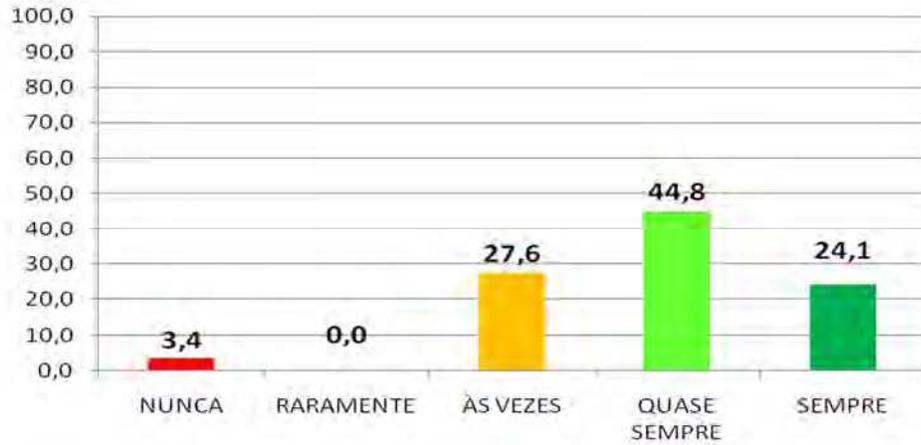


Figura 50: Questão 6: “Problemas de qualidade são resolvidos no momento em que aparecem, procurando descobrir as causas fundamentais”

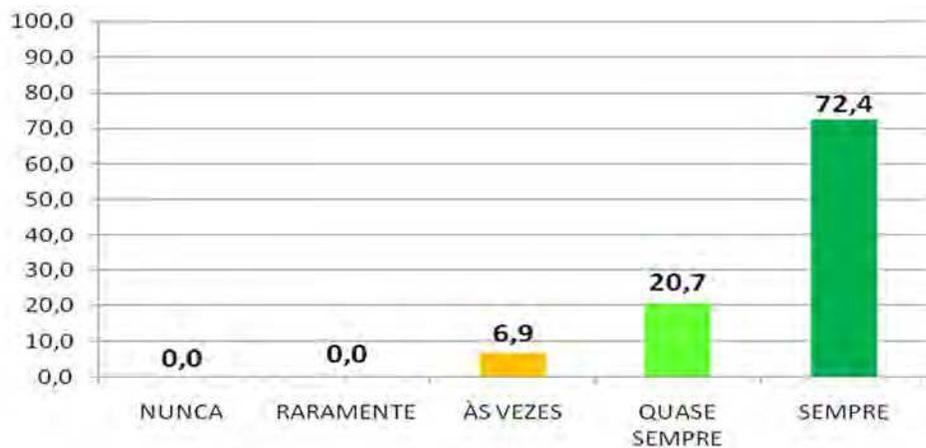


Figura 51: Questão 7: “Executo minhas tarefas conforme os padrões existentes”

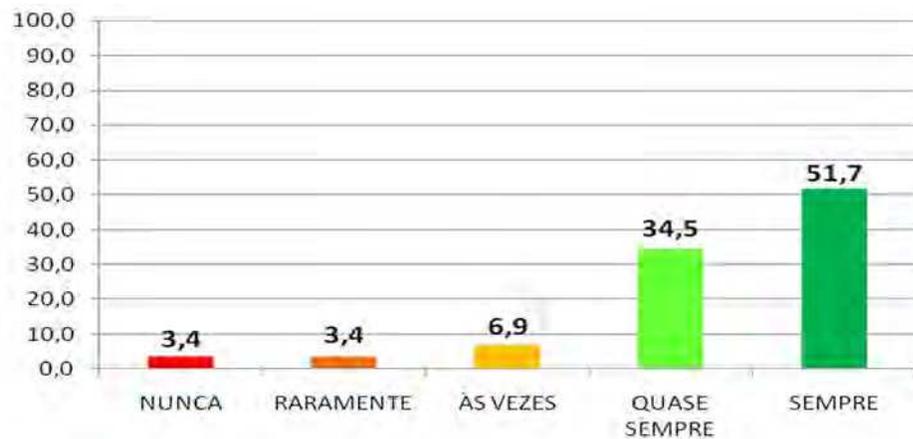


Figura 52: Questão 8: “Participo da melhoria e incorporação de melhores práticas aos padrões existentes”

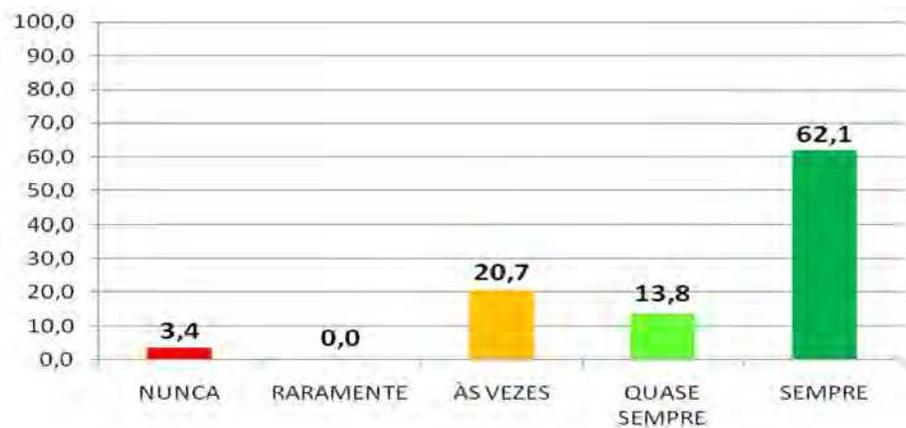


Figura 53: Questão 12: “Compreendo, compartilho e vivencio os valores e crenças da empresa”

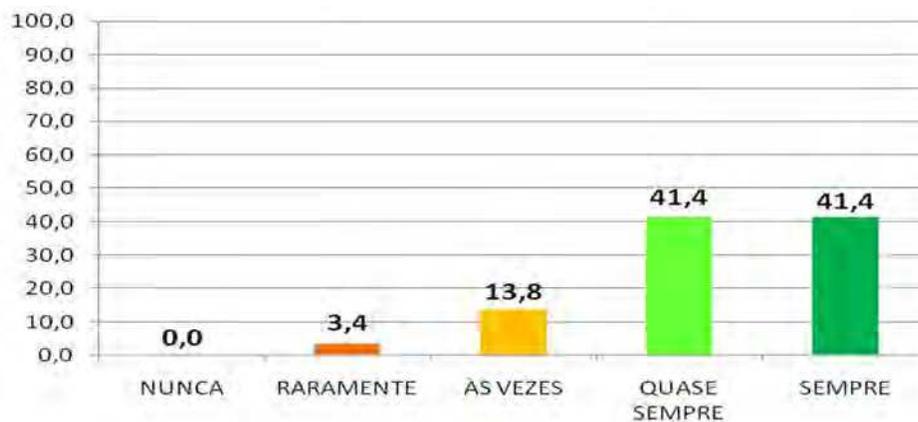


Figura 54: Questão 13: “Recebi capacitação suficiente para entender os objetivos deste sistema e colaborar para a sua implantação e melhoria”

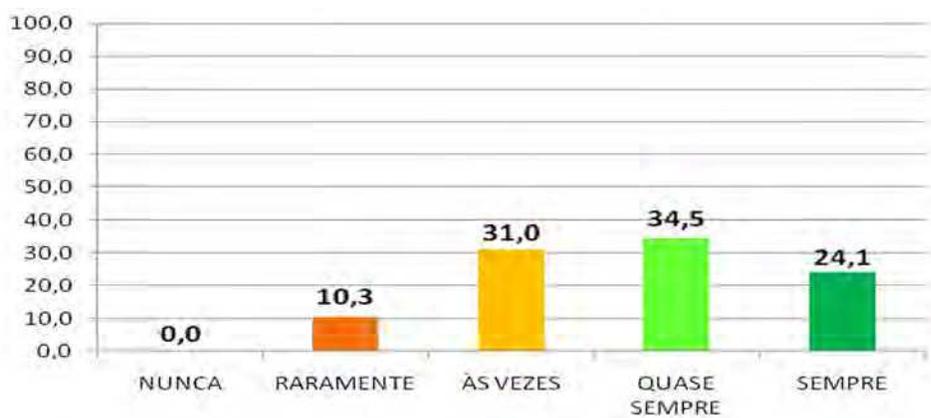


Figura 55: Questão 14: “O trabalho em equipe é uma característica forte na minha área”

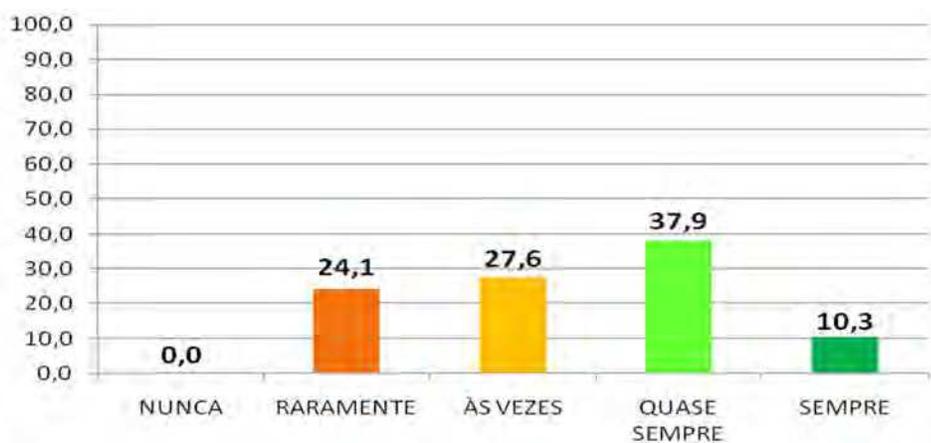


Figura 56: Questão 16: “As decisões são tomadas por consenso, envolvendo todas as partes afetadas e analisando todas as oportunidades”



Figura 57: Questão 18: “As melhores práticas são padronizadas e incorporadas ao processo”

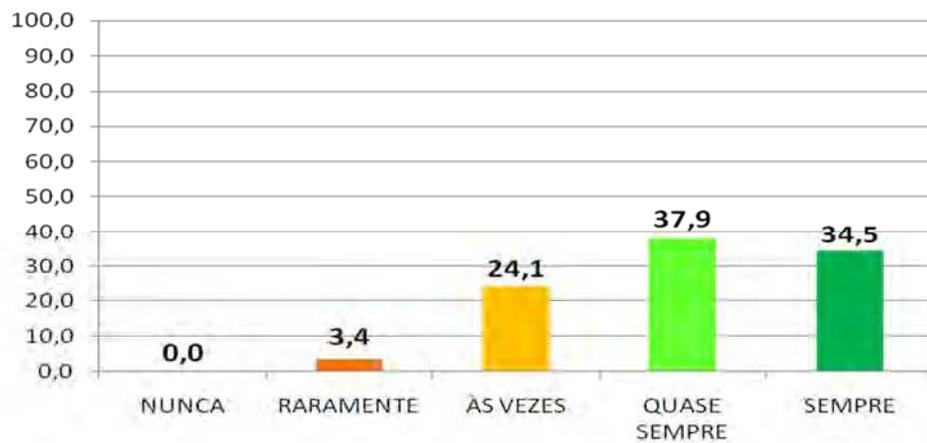


Figura 58: Questão 19: “Costumo contribuir com sugestões de melhorias no processo”

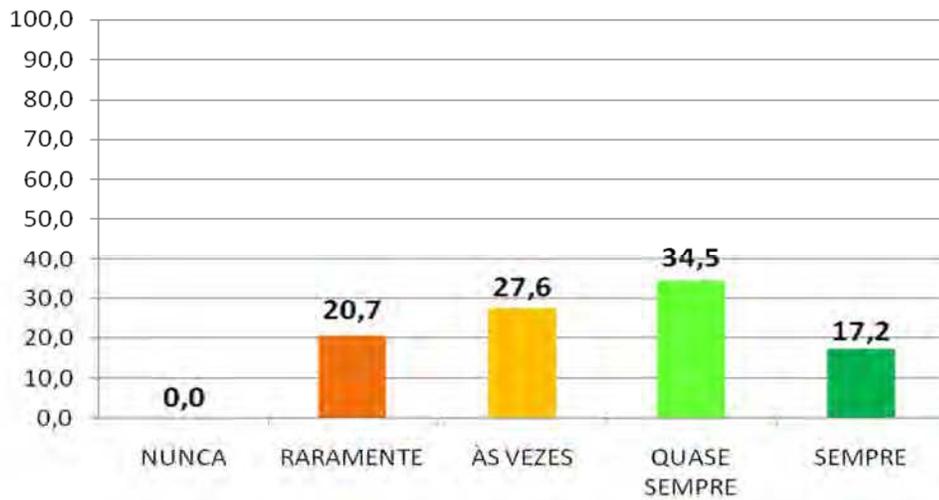


Figura 59: Questão 20: “Meus superiores valorizam minhas sugestões e me incentivam a contribuir com a melhoria contínua do processo”

Tabela 8: Questionário elaborado com base no Referencial Teórico

1	Como você percebe os seus conhecimentos referentes à Origem do Sistema de Manufatura Enxuta (Sistema Toyota de Produção).
2	Quando o assunto é: Objetivos do Sistema de Manufatura Enxuta, como eu avalio os meus conhecimentos sobre o mesmo.
3	Quanto à classificação dos tipos de desperdícios pelo Sistema Toyota de Produção, como eu percebo meus conhecimentos.
4	Da utilização do 5S como ferramenta do Sistema de Manufatura Enxuta, meu nível de conhecimento sobre seus conceitos e objetivos é:
5	Da utilização do TPM (Manutenção Produtiva Total) como ferramenta do Sistema de Manufatura Enxuta, meu nível de conhecimento sobre seus conceitos e objetivos é:
6	Meus conhecimentos referentes à aplicação e conceitos sobre Troca Rápida de Ferramenta no Sistema Toyota de Produção, avalio da seguinte maneira:
7	Perante os conceitos de JIT (JUST IN TIME) como um dos pilares do Sistema Toyota de Produção, avalio meus conhecimentos da seguinte maneira.
8	Perante os conceitos de Jidoka (autonomia – separação entre homem e máquina), como outro pilar do Sistema Toyota de Produção avalio meus conhecimentos da seguinte
9	Como percebo meus conhecimentos com relação aos conceitos de fluxo contínuo (takt time) definidos no Sistema de Manufatura Enxuta.
10	Perante a aplicação dos conceitos sobre Dispositivo à Prova de Erros (Poka Yoke), avalio meus conhecimentos da seguinte maneira:
11	Avalio os meus conhecimentos sobre os conceitos de Kanban (Produção Puxada), formas de funcionamento e regras da seguinte forma:
12	Meus conhecimentos sobre <i>Shojinka</i> (Flexibilização da mão-de-obra) nos moldes dos conceitos aplicados no Sistema Toyota de Produção, avalio assim:
13	A Padronização de Operações no Sistema de Manufatura Enxuta é percebida por mim como conhecimento da seguinte forma:
14	Os conceitos de <i>Nagara</i> (Operação Simultânea de duas ou mais operações) são entendidos da seguinte forma:
15	Os conceitos de <i>Heijunka</i> (Nivelamento da Produção) são conhecimentos que percebo
16	Meus conhecimentos sobre a ferramenta VSM (Mapeamento do Fluxo de Valor) nos moldes do Sistema Toyota de Produção, avalio da seguinte maneira:
17	Meus conhecimentos sobre a utilização de Times de Trabalho dentro do Sistema de Manufatura Enxuta são:
18	Perante a aplicação e conceitos da metodologia Kaizen no Sistema de Manufatura Enxuta, avalio meus conhecimentos sobre o assunto assim:

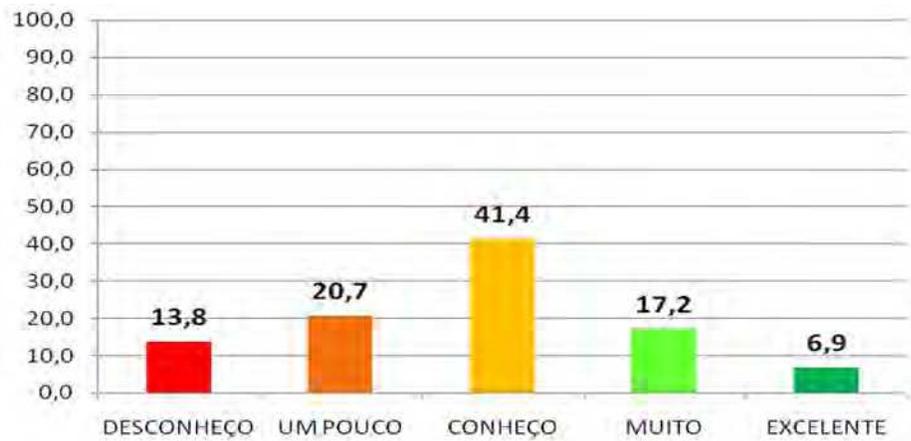


Figura 60: Percepção do conhecimento sobre a origem do sistema Toyota de Produção

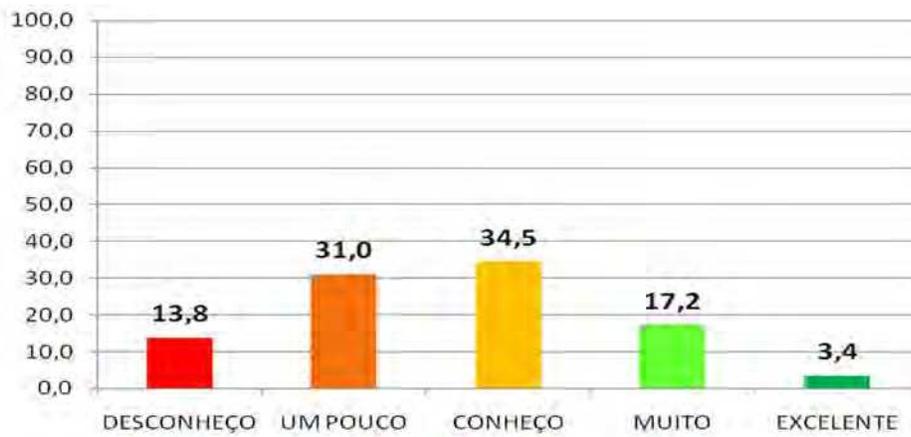


Figura 61: Percepção do conhecimento sobre os objetivos do sistema de manufatura enxuta

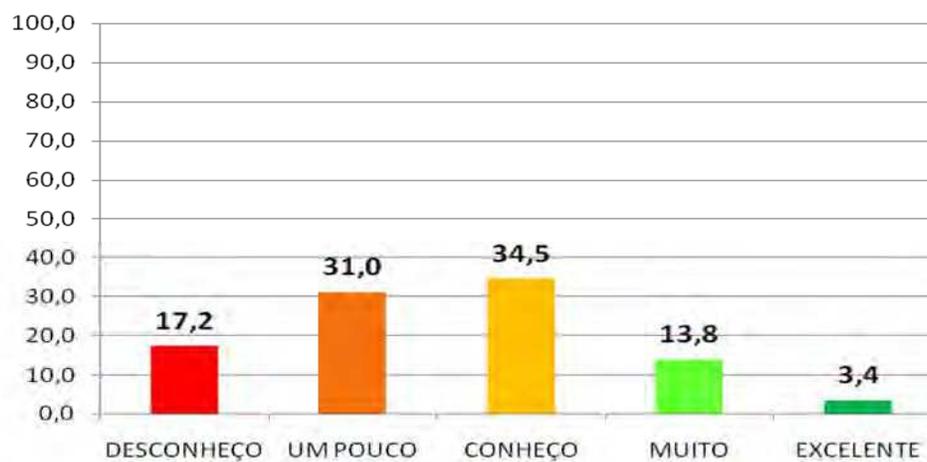


Figura 62: Percepção do conhecimento sobre os tipos de desperdícios da manufatura enxuta

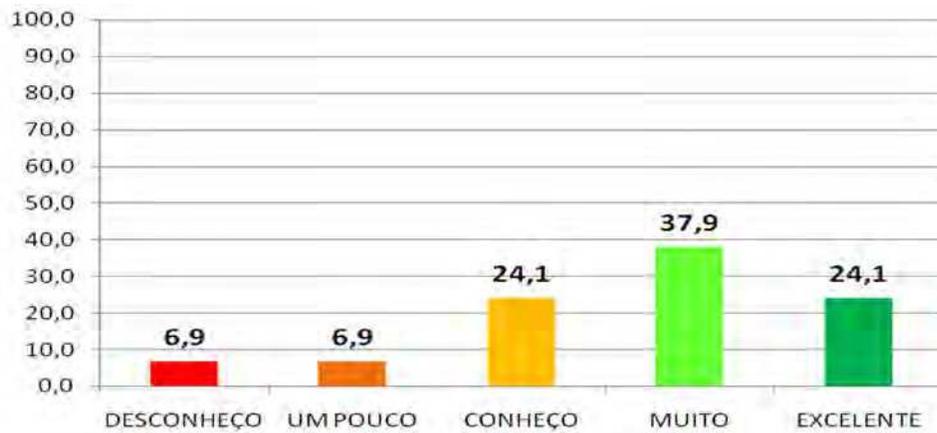


Figura 63: Percepção do conhecimento sobre a utilização do 5S como ferramenta da manufatura enxuta

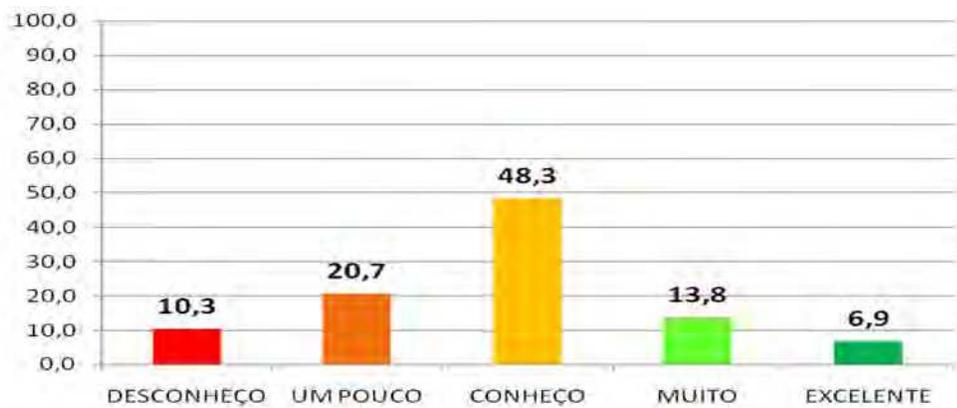


Figura 64: Percepção do conhecimento sobre a utilização do TPM como ferramenta da manufatura enxuta

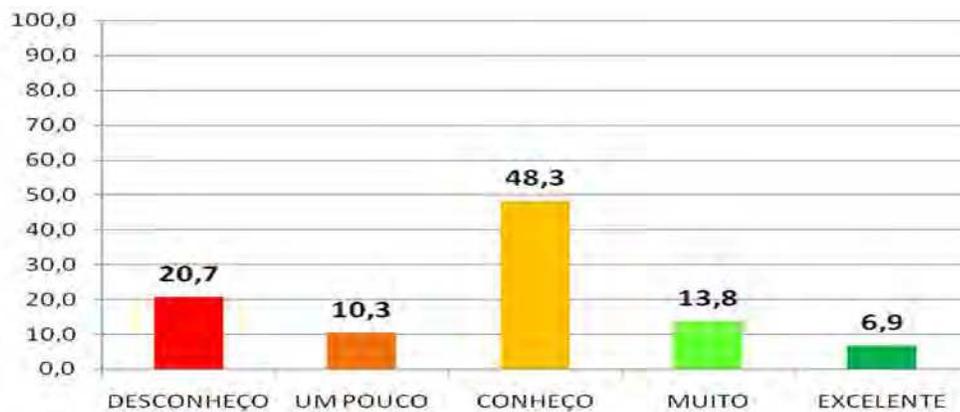


Figura 65: Percepção do conhecimento sobre aplicação e conceito de troca rápida de ferramenta

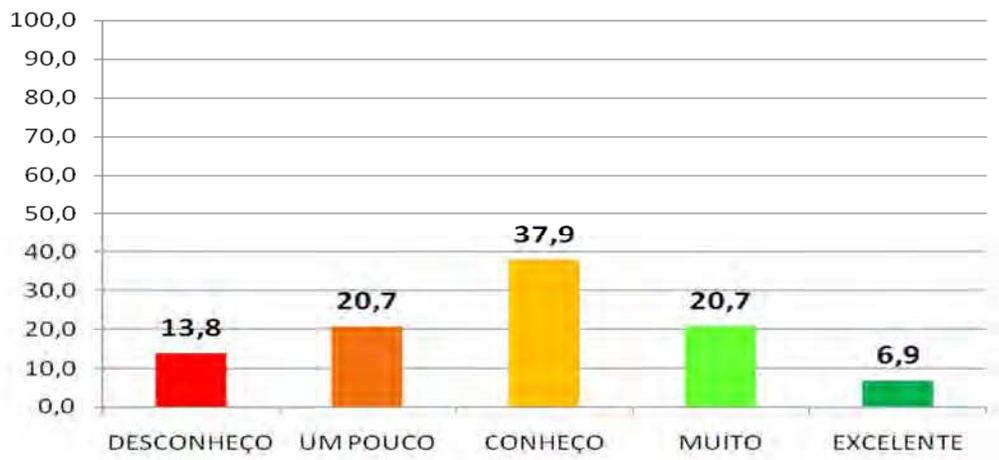


Figura 66: Percepção do conhecimento sobre JIT como um dos pilares do STP

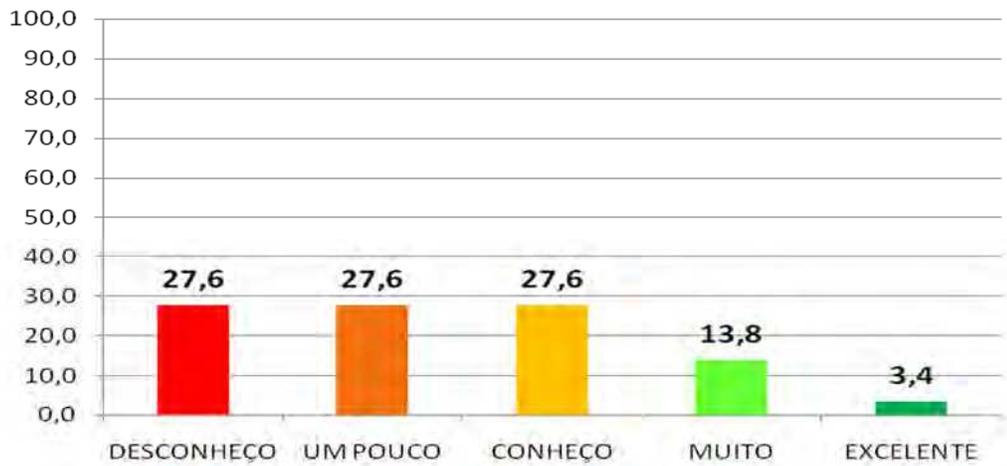


Figura 67: Percepção do conhecimento sobre *Jidoka* como um dos pilares do STP

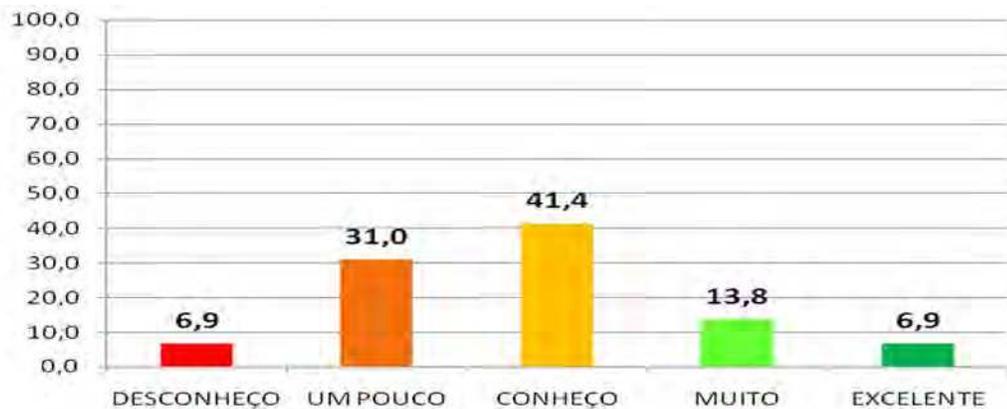


Figura 68: Percepção do conhecimento sobre fluxo contínuo (*takt time*) na manufatura enxuta

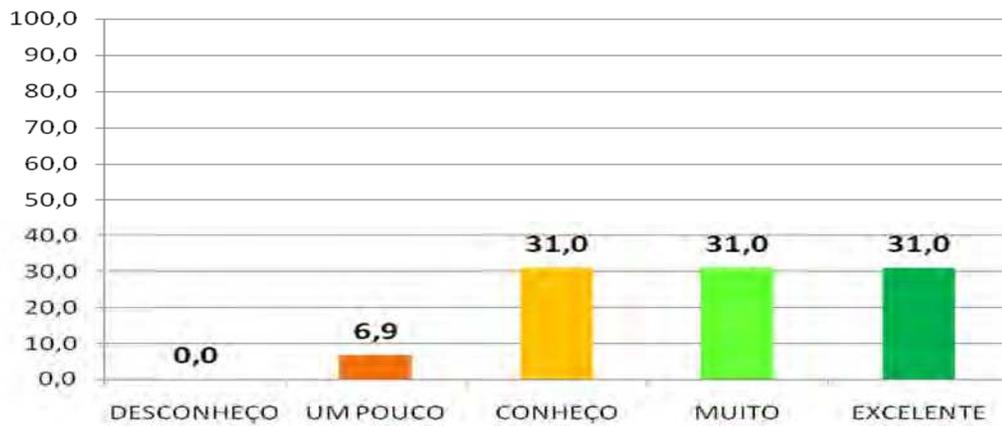


Figura 69: Percepção do conhecimento sobre aplicação e conceito de *poka yoke* na manufatura enxuta

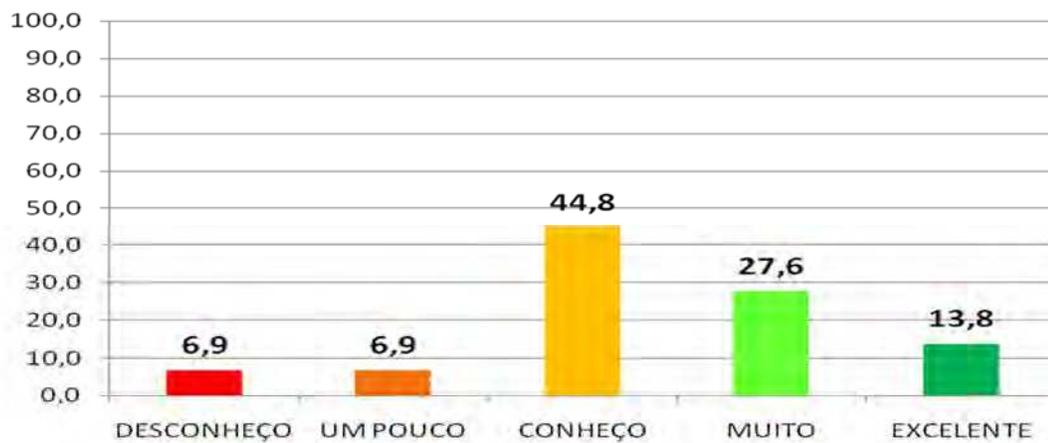


Figura 70: Percepção do conhecimento sobre conceito de *Kanban* (produção puxada) na ME

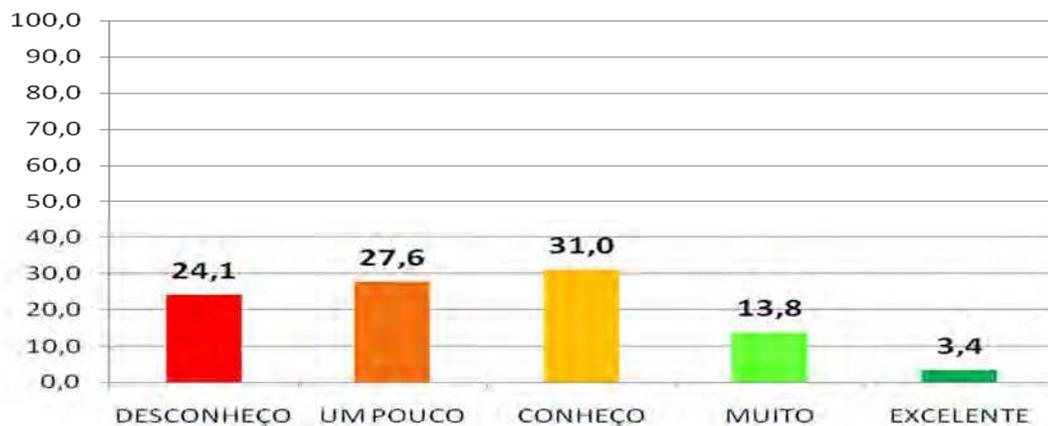


Figura 71: Percepção do conhecimento sobre *Shojinka* (flexibilização da mão-de-obra) na ME

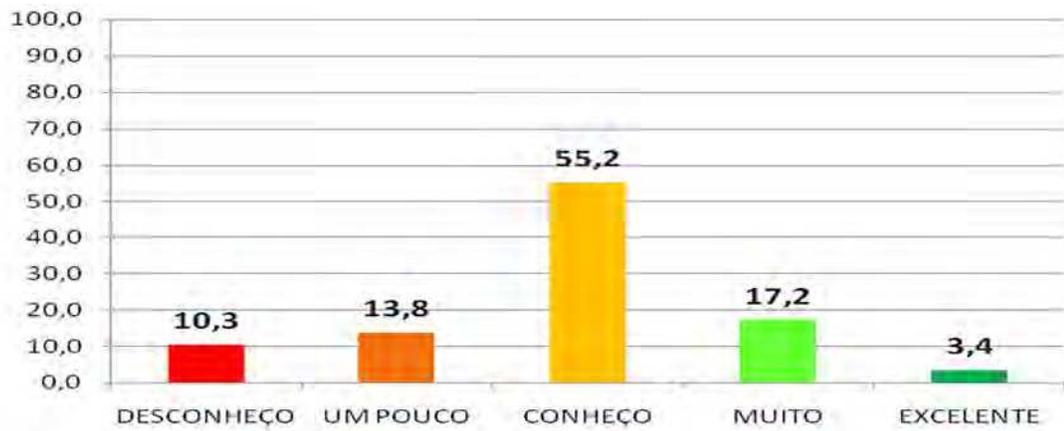


Figura 72: Percepção do conhecimento sobre padronização das operações no STP

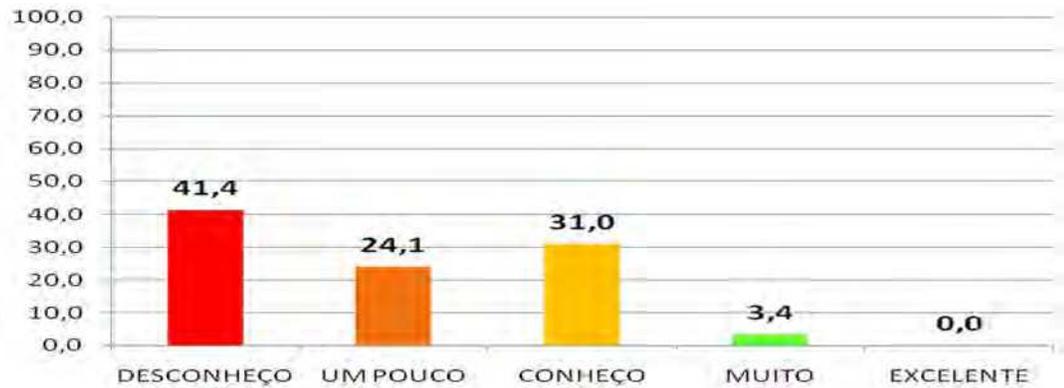


Figura 73: Percepção do conhecimento sobre conceito de *Nagara* (operações simultâneas de duas ou mais operações) na ME

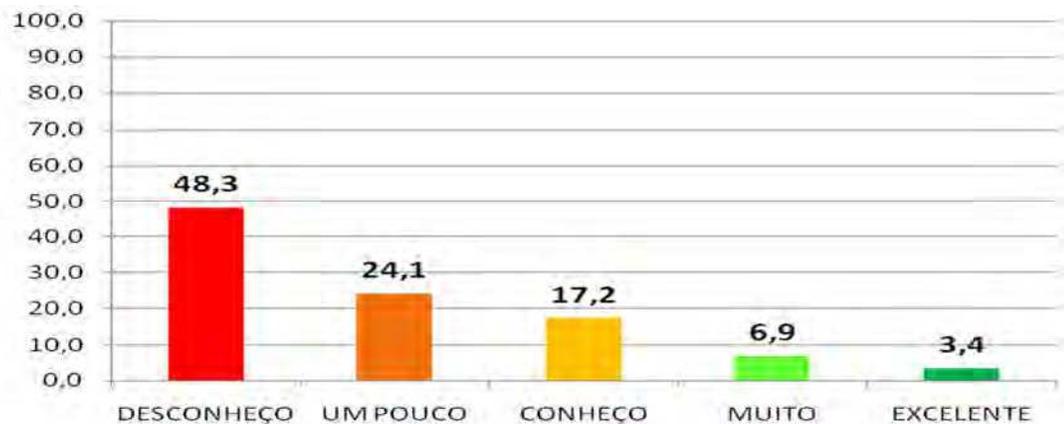


Figura 74: Percepção do conhecimento sobre conceito de *Heijunka* (nivelamento de produção) na ME

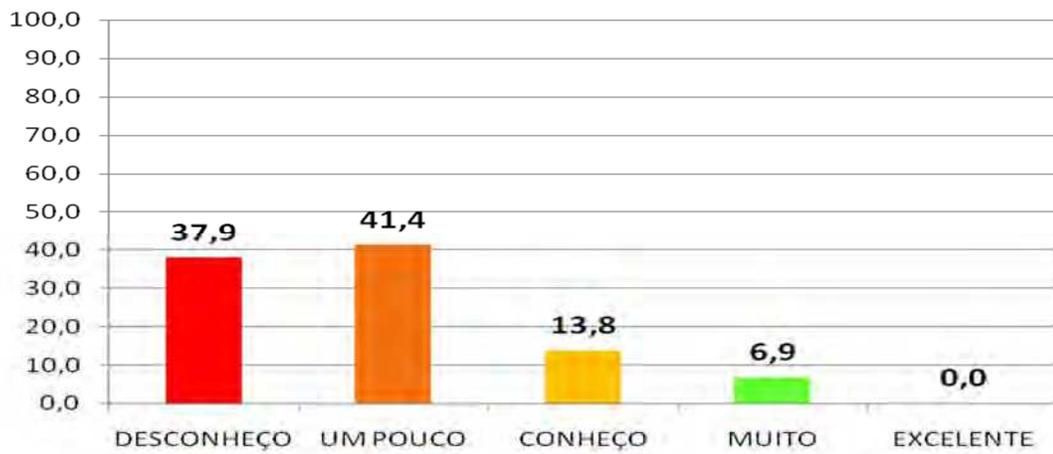


Figura 75: Percepção do conhecimento sobre o VSM como ferramenta de diagnóstico na ME

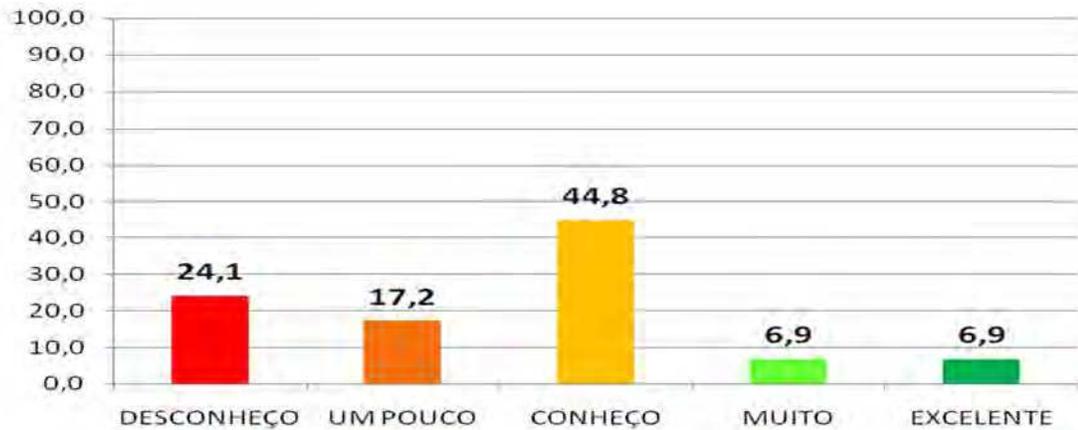


Figura 76: Percepção do conhecimento sobre aplicação de times de trabalho na ME

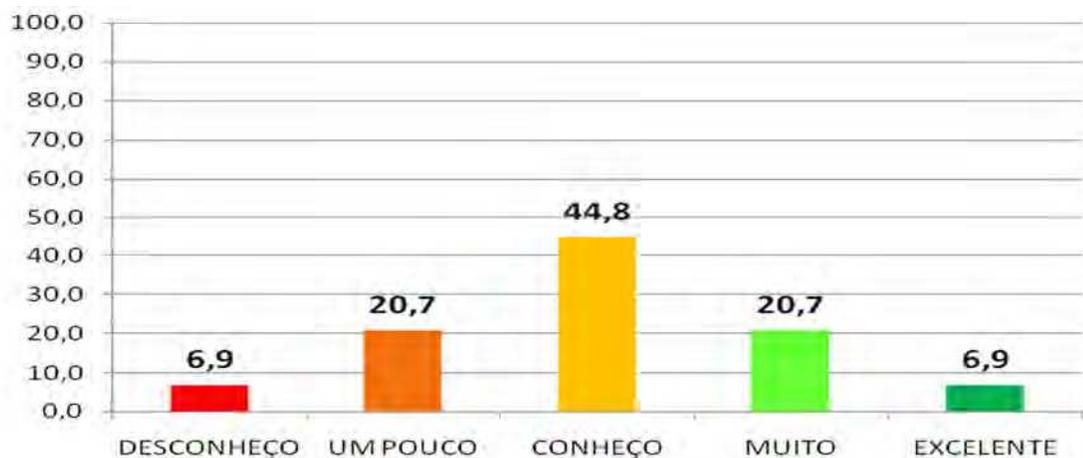


Figura 77: Percepção do conhecimento sobre aplicação de metodologia *Kaizen* no STP

Tabela 9: Conteúdo específico do treinamento dos trabalhadores participantes do trabalho

#	CONTEÚDO TEÓRICO	CARGA HORÁRIA
1	Introdução ao Sistema Toyota de Produção	6 horas
1.1	Origem do Sistema Toyota de Produção	
1.2	Objetivos do Sistema Toyota de Produção	
1.3	Classificação dos desperdícios segundo o STP	
1.4	Introdução as ferramentas do STP	
2	Mapeamento do fluxo de valor (VSM)	6 horas
2.1	Cálculo do PCE (Eficiência do Ciclo de Processo)	
3	Just In Time (JIT)	6 horas
4	Jidoka: autonomia	
5	Heijunka: nivelamento de produção	6 horas
6	Kanban: produção puxada	
6.1	Conceitos	
6.2	O Kanban na Toyota	
6.3	Funcionamento e limitações	6 horas
7	Shojinka: flexibilização da mão-de-obra	
7.1	Arranjo físico	
7.2	Trabalhadores multifuncionais	
7.3	Operação padronizada	6 horas
8	Nagara: operação simultânea de duas ou mais operações	
9	Times de trabalho	6 horas
9.1	Grupos de trabalho semi-autônomos	
9.2	Empowered teams	
10	Troca rápida de ferramenta	6 horas
11	TPM	
12	Metodologia 5 S	
13	Metodologia Kaizen	6 horas

Tabela 10: Detalhamento dos tempos de processamento conforme balanceamento de 60 motores por turno

POSTO	OPERAÇÃO	DESCRIÇÃO DO TRABALHO	(AV) Manual (seg)	(NAV) Manual (seg)	(NAV) Andar (seg)
25	175	Retirar tampa de válvulas do saco plástico do fornecedor.		32	3
25	175	Abrir saco plástico dos parafusos da tampa de válvulas.		10	
25	175	Posicionar parafusos na tampa de válvulas.		57	
25	175	Colar etiqueta "power stroke" na tampa de válvulas.	23		
25	175	Posicionar tampa na bandeja da dolly.		6	3
25	185	Posicionar as 4 juntas de escape no dispositivo de submontagem.		16	
25	185	Retirar o coletor de admissão do saco plástico.		10	
25	185	Posicionar o coletor as juntas de escape no dispositivo de submontagem.		9	
25	185	Posicionar parafusos no coletor de admissão.		32	
25	185	Retirar coletor do dispositivo e colocar na bandeja da esteira.		12	
25	185	Retirar o duto de entrada de ar do saco plástico.		21	12
25	185	Montar o'ring e proteção plástica no duto de entrada de ar.	28	9	
25	185	Posicionar duto de entrada de ar no bin de espera.		7	
25	185	Pegar duto de entrada de ar do bin e colocá-lo na bandeja da esteira.		6	
Tempo total na operação 175/185			51	227	18
Tempo de ciclo da operação 175/185			4,9		
25/26	185/190	Caminhada do posto 25 até o posto 26.			21
26	190	Pegar bandeja e posiciná-la na esteira.		5	7
26	190	Posicionar porcas e arruelas na bandeja.		11	
26	190	Retirar common rail do saco plástico e proteções.		17	8
26	190	Posicionar common rail na bandeja.		4	
26	190	Submontar dos parafusos no common rail.		6	
26	190	Pegar 4 tubos de alta pressão no bin.			7
26	190	Colocar tubos na bandeja.		6	
26	190	Pegar tubo de alta pressão do common rail no bin.			8
26	190	Retirar proteções e colocar tubo na bandeja.		14	
26	190	Colocar 4 bicos injetores na bandeja.		21	6
26	190	Pegar 4 guarda-pós e 4 presilhas no bin.			5
26	190	Submontar guarda-pós e presilhas nos bicos injetores.	25		
26	190	Passar graxa especial nos 4 bicos injetores.		13	
27	200	Retirar 10 tubos de retorno de diesel do saco plástico.		32	
27	200	Abastecer dentro da sala branca.			16
27	200	Retirar 10 tubos de alimentação de diesel do saco plástico.		35	
27	200	Abastecer dentro da sala branca.			19
27	200	Pegar 4 filtros de combustível no bin.		15	
27	200	Abastecer dentro da sala branca.			16
27	200	Submontar filtro dentro da sala branca.	19		
27	200	Montar presilhas para montagem dos tubos de retorno.	10		
Tempo total na submontagem da operação 190/200			54	179	113
Tempo de ciclo da submontagem da operação 190/200			5,8		

Tabela 11: Detalhamento do estoque em processo nas operações 175, 185, 190 e 200

POSTO	OPERAÇÃO	COMPONENTE	QUANTIDADE PARA MONTAR	QUANTIDADE SUBMONTADA
25	175	TAMPA DE VÁLVULAS	24	72
25	175	ETIQUETA	600	72
25	185	COLETOR DE ADMISSÃO	180	12
25	185	PARAFUSO DO COLETOR	500	48
25	185	PARAFUSO DO COLETOR	1000	48
25	185	JUNTA DE ADMISSÃO	500	48
25	185	DUTO DE ENTRADA DE AR	72	72
25	185	ANEL O'RING DO DUTO	1000	72
26	190	COMMON RAIL	42	7
26	190	PORCA	3000	28
26	190	ARRUELA	5000	28
26	190	TUBO DE ALTA PRESSÃO	300	28
26	190	TUBO DO RAIL	200	28
26	190	PRESILHA DO INJETOR	400	28
26	190	GUARDA-PÓ DO INJETOR	500	28
26	190	PARAFUSO DO RAIL	1800	28
26	190	BICO INJETOR	192	28
27	200	FILTRO DE COMBUSTÍVEL	144	16
27	200	TUBO DE ALIMENTAÇÃO	40	10
27	200	TUBO DE RETORNO	60	30
		TOTAL	16285	

Tabela 12: Levantamento das falhas operacionais no teste quente de motor no ano fiscal de 2010

MÊS	PPM'S	QTDE	MODO DE FALHA	DESCRIÇÃO DA FALHA OPERACIONAL
nov/09	433	1	Ruído interno no motor	O balancin de admissão foi montado virado no eixo balanceiro
dez/09	552	1	Vazamento de diesel pelo 2º injetor	Faltou clipar a trava do tubo de retorno de diesel no injetor
jan/10	1729	2	Vazamento de óleo lubrificante pela bomba de vácuo	O'ring de vedação foi cortado durante a montagem da bomba de vácuo
			Ruído interno no motor	Faltou montar o casquilho da 3ª capa de biela do motor
fev/10	989	2	Vazamento de óleo lubrificante pela junta do cabeçote	Junta danificada durante a montagem do cabeçote
			Vazamento de óleo lubrificante pelo retentor traseiro	Lábio do retentor foi danificado durante a montagem
mar/10	398	1	Ruído interno no motor	Ponte de válvula estava deslocada
abr/10	0	0	Não houve falhas operacionais	Não houve falhas operacionais
mai/10	422	1	Vazamento de óleo lubrificante entre caixa frontal e bloco	Faltou montar a junta superior da caixa frontal
jun/10	1679	2	Ruído interno no motor	Ponte de válvula estava deslocada
			Vazamento de óleo lubrificante pela junta do cabeçote	Junta danificada durante a montagem do cabeçote
jul/10	0	0	Não houve falhas operacionais	Não houve falhas operacionais
ago/10	0	0	Não houve falhas operacionais	Não houve falhas operacionais
set/10	694	1	Motor não entra em funcionamento	Encotrado parafuso sobressalente solto dentro da caixa de distribuição
out/10	1679	3	Ruído externo no motor	Duto de entrada de ar e coletor de admissão estavam soltos (sem torque)
			Vazamento de óleo lubrificante pelo tensionador	Faltou montar a arruela do tensionador inferior da caixa frontal
			Vazamento de óleo pelo tubo dreno da turbina	Faltou torquar um dos parafusos do tubo dreno da turbina

Tabela 13: Descritivo das etapas da metodologia proposta para treinamento

	ETAPA	DESCRIÇÃO	OBJETIVO
TEÓRICO	FOLHA DE PROCESSO /AUXÍLIOS VISUAIS	Estudar cada detalhe da folha de processo documentada da operação que está sendo treinada (processo, ferramental, componentes montados, poka yokes, tempo de execução, etc).	Sanar todas as dúvidas dos trabalhadores sobre o processo de montagem da operação.
	ALERTAS DA QUALIDADE	Estudar o histórico de falhas já acontecidas na operação que está sendo treinada com ênfase para as falhas em cliente montadora.	Entender os modos de falhas já ocorridos na operação em treinamento.
	PFMEA	Estudar os modos potenciais de falhas que podem ser gerados durante o processo de montagem na operação em treinamento.	Entender o que pode dar de errado durante a operação em treinamento.
	PLANO DE CONTROLE	Estudar os meios de controle e planos de reação do processo de montagem da operação em treinamento.	Entender os controles existentes e o que deve ser feito como plano de reação para a ausência de um desses controles.
	LIBERAÇÃO DE PROCESSO	Estudar as etapas necessárias para a liberação de processo no início de qualquer operação.	Entender as etapas da liberação de processo e qual a sua necessidade e importância.
LABORAT.	PRÁTICA	Treinar em laboratório o processo de montagem da operação em treinamento.	Entender em termos práticos as dificuldades de montagem da operação em treinamento.
	SIMULAÇÃO	Simular em laboratório os modos de falha considerados no PFMEA, e os meios de controle e planos de reação considerados no Plano de controle.	Entender o que pode dar de errado durante a operação e o que deve ser feito nesta situação.
SITUAÇÃO REAL	INTEGRAÇÃO	Integrar o trabalhador em treinamento na operação na linha de montagem HS.	Viver a situação real de montagem na linha HS
	ACOMPANHAMENTO	Acompanhar o desempenho do trabalhador em treinamento na situação real de operação na linha de montagem HS.	Entender as dificuldades do trabalhador em treinamento na situação real de montagem.
	AVALIAÇÃO	Avaliar o desempenho do trabalhador em treinamento durante situação real de operação na linha de montagem HS.	Definir se o trabalhador em treinamento está apto para trabalhar sozinho na operação.