

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

TRABALHO DE FORMATURA

MÉTODO DE DIAGNÓSTICO E IMPLEMENTAÇÃO
DE MELHORIAS CONTÍNUAS NUMA
EMPRESA DO SETOR DE AUTOPEÇAS

JULIANO RODRIGUES DE CAMARGO MELLO

ORIENTADOR: PROF. Dr. MIGUEL CEZAR SANTORO

1998

1998
M4189m

AGRADECIMENTOS

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, em particular:

Ao Professor Miguel Cezar Santoro, pela valiosa e paciente orientação;

Ao Professor Dario Ikuo Miyake, pelo apoio e conselhos;

Aos meus pais, a quem muito devo esta realização;

À querida Rosana, pelo carinho e compreensão fundamentais para a concretização desta etapa de minha vida;

Aos colegas do estágio, pela oportunidade de desenvolvimento pessoal e profissional;

A todos os professores e funcionários do Departamento de Engenharia de Produção, que muito contribuíram para a minha formação acadêmica;

Aos meus colegas de classe, pelos momentos fantásticos vividos nesses cinco anos !

SUMÁRIO

Este Trabalho de Formatura apresenta uma sistematização de esforços de melhoria contínua na área industrial de uma empresa de autopeças. Para isso, foram aplicadas ferramentas da qualidade para a localização e solução de problemas, conjugada com uma abordagem de estudo de tempos e métodos.

O foco principal do trabalho é estabelecer um método de diagnóstico, análise, implementação e revisão de projetos de melhoria contínua em postos de trabalho selecionados da fábrica, para atenção de ganhos de produtividade, qualidade, condições de segurança e ergonomia e racionalização do uso do espaço físico. Para que o ciclo de aprimoramento continue girando, foram utilizados conceitos de indicadores de desempenho para a priorização da implantação de novos projetos de melhoria contínua.

RESUMO DOS CAPÍTULOS

Capítulo 1 - Resumo do Trabalho

Definição do escopo e dos objetivos gerais e específicos do trabalho.

Capítulo 2 - Introdução

Apresentação da empresa na qual o trabalho foi desenvolvido, seu histórico, estrutura organizacional e linha de produtos. Apresentação do contexto do estágio e definição da relevância do tema escolhido.

Capítulo 3 - Fundamentação Teórica

Revisão dos conceitos teóricos utilizados no desenvolvimento do trabalho, como *kaizen*, indicadores de produtividade e cronoanálise, fazendo um paralelo com a implementação na empresa.

Capítulo 4 - Processo Atual: Descrição e Diagnóstico

Apresentação do processo produtivo na empresa.

Capítulo 5 - Projeto de estudo localizado de melhorias

Descrição das atividades e do método utilizado para a implementação de um projeto de melhoria contínua em áreas de aplicação inicial. Estabelecimento de prioridades de atuação para busca de melhorias. Apresentação de sugestões implantadas e em implantação nas áreas-piloto.

Capítulo 6 - Sistemática de Revisão Periódica dos Projetos de Melhoria

Definição de um sistema de priorização para seleção de novas áreas de aplicação dos projetos de melhoria, através da utilização de indicadores de desempenho focados nos objetivos iniciais do trabalho.

Capítulo 7 - Conclusões e Comentários Finais

Apresentação das conclusões e resultados do trabalho, assim como das principais dificuldades e barreiras encontradas no desenvolvimento. Definição dos próximos passos para os projetos propostos.

Índice Geral

1. Resumo do Trabalho	1
1.1. Resumo do Trabalho	1
1.1.1. Objetivos Gerais e Específicos	1
2. Introdução	3
2.1. Descrição da Empresa	3
2.1.1. Histórico	3
2.1.2. Arranjo Físico	4
2.2. Estrutura Organizacional	5
2.3. Os Produtos	6
2.4. A Empresa em números	9
2.5. O estágio e o tema do Trabalho de Formatura	10
3. Fundamentação Teórica	11
3.1. Introdução	11
3.2. Kaizen - Melhorias Contínuas no Processo	11
3.2.1. Princípios	11
3.2.2. A caracterização das zonas de melhoria	13
3.2.3. Inovação e Kaizen	15
3.2.4. Kaizen <i>versus</i> Reengenharia	17
3.2.5. Kaizen e JIT, TQC e TPM	18
3.2.6. Ferramentas do Kaizen	19
3.2.7. QS-9000 e Melhorias Contínuas	21
3.3. Indicadores de Produtividade	24
3.3.1. Revisão de Indicadores	26
3.4. Cronoanálise	30

4. Processo Atual : Descrição e Diagnóstico	32
4.1. Descrição do Processo	32
4.1.1. Introdução	32
4.1.2. A linha de montagem no Brasil	33
5. Projeto de estudo localizado de melhorias	38
5.1. Definição de um time de trabalho “ad hoc”	39
5.2. Definição de estações-piloto de desenvolvimento	40
5.2.1. Critérios para a definição das Estações-Piloto	40
5.3. Metodologia de trabalho nas estações-piloto	42
5.3.1. Estudo de Tempos e Métodos nos postos produtivos	49
5.4. Diagnóstico da Situação Atual nas Estações-Piloto	51
5.4.1. Apresentação das Estações-Piloto	51
5.4.2. Dados coletados	54
5.4.3. Mapeamento da situação atual	59
5.4.4. Exemplos e Avaliação das melhorias obtidas / propostas	60
5.4.5. Problemas de qualidade potenciais e reais	66
6. Sistemática de revisão periódica dos projetos de melhoria	72
6.1. Sistema de Informações	73
6.1.1. Indicadores de Produtividade	73
6.1.2. Outros Critérios de acionamento de novos projetos	75
6.1.3. Obtenção dos dados	76
6.1.4. Tratamento das informações	81
6.1.5. Relatórios	86
7. Conclusões e Comentários Finais	88
7.1. Considerações Iniciais	88
7.2. Principais dificuldades e barreiras encontradas	88
7.3. Próximos passos	89
7.4. Principais benefícios, resultados e méritos do Trabalho	91

Índice de Ilustrações

Índice	Descrição	Página
Figura 2.1.1	Fachada da empresa	4
Figura 2.2	Organograma da área de manufatura da empresa	5
Figura 2.3 (a)	Transmissão automática modelo MT 643	6
Figura 2.3 (b)	Transmissão automática modelo MT 643R	7
Figura 2.3 (c)	Transmissão automática modelo MT 653DR	8
Figura 2.4	“Mix” de produção médio	9
Figura 3.2.1	O Guarda-Chuva do Kaizen	12
Figura 3.2.2	Matriz Impacto x Desempenho dos subprocessos	13
Tabela 3.2.3	Características do Kaizen e da Inovação	16
Figura 3.2.4	Reengenharia <i>versus</i> Kaizen	17
Tabela 3.2.5	Eixo(s) de integração explorados pelo JIT, TQC e TPM	18
Tabela 3.2.6.(a)	Sete ferramentas da qualidade “novas” e “antigas”	19
Figura 3.2.6 (b)	PDCA dentro do ciclo PDCA	20
Tabela 3.2.7 (a)	Oportunidades de melhoria segundo a QS-9000	22
Tabela 3.2.7 (b)	Ferramentas para a melhoria contínua segundo a QS-9000	23
Figura 3.3.1 (a)	Classificação da mão-de-obra utilizada	27
Figura 3.3.1 (b)	Classificação da quantidade gasta de material	28
Figura 4.1.2.1 (a)	Linha de montagem esquematizada	33,34,35
Figura 4.1.2.1 (b)	Visão parcial da linha de produção	36
Figura 5	Gráfico de Gantt (resumido) para o projeto	38
Figura 5.1	Matriz de responsabilidades e autoridades	39
Tabela 5.3 (a)	Ferramentas utilizadas na coleta de dados	44
Fluxograma 5.3 (b)	Metodologia de coleta e tratamento de dados	48
Figura 5.4.1.1	Estação-Piloto “Carcaça Principal”	51
Figura 5.4.1.2	Estação-Piloto “Tampa Traseira”	52
Gráfico 5.4.2.1 (a)	Diagrama de Pareto para a distribuição de tempos	54
Gráfico 5.4.2.1 (b)	Carcaça Principal - Agregação de Valor	55
Gráfico 5.4.2.1 (c)	Diagrama de Pareto para a distribuição de tempos	55
Gráfico 5.4.2.1 (d)	Tampa traseira - Agregação de Valor	56
Tabela 5.4.2.2	Demais dados quantitativos coletados	57
Tabela 5.4.3	Quadro-resumo do diagnóstico inicial	59
Figura 5.4.4.1 (a)	Diagrama de Causa-e-Efeito para excesso de manuseio	61
Tabela 5.4.4.1 (b)	Estimativa de redução de HH e HM com melhoria	62
Figura 5.4.4.1 (c)	Fluxo de caixa de um investimento em melhoria	63
Figura 5.4.4.1 (d)	Diagrama esquemático de quadro de ferramentas proposto	65
Figura 5.4.4.2 (a)	Dispositivo de inspeção anterior	67
Figura 5.4.4.2 (b)	Dispositivo proposto para o problema	67
Figura 5.4.4.2 (c)	Montagem do retentor de óleo do eixo do detentor	69

Índice	Descrição	Página
Tabela 6.1.3 (a)	Métodos de determinação dos componentes da improdutividade	78
Figura 6.1.3 (b)	Balanceamento de Linha de Produção	79
Figura 6.1.4 (a)	Fluxo de informações e composição de indicadores	82
Figura 6.1.4 (b)	Matriz de decisão de priorização de novos projetos	83
Tabela 6.1.4.1	Frequência de coleta de dados	84,85
Figura 6.1.5	Emissores e receptores no fluxo de relatórios	87
Figura 7.3	Cronograma de próximos passos	90

Relação de Siglas e Abreviaturas utilizadas

Abreviatura	Significado
--------------------	--------------------

B	Material com qualidade aceitável
CEDAC	<i>Cause and Effect Diagram with Addittion of Cards</i>
CEP	Controle Estatístico de Processo
CKD	<i>Completely Knocked Down</i>
CQ	Controle de Qualidade
CRRR	Controle de retrabalho, reparo e refugo (apontamento)
CTP	Controle de transmissões produzidas (apontamento)
CUSUM	<i>Cumulative Sum</i>
DSR	Descanso semanal remunerado
ESP	Indicador utilizado para utilização do espaço físico
EUA	Estados Unidos da América
F	Material aproveitado
F*	Material não-aproveitado
FCAV	Fundação Carlos Alberto Vanzolini
G	Gasto de material
GMB	General Motors do Brasil
HH	Homens-hora
HM	Horas-máquina
JIT	<i>Just-in-Time</i>
MO	Mão-de-obra
NUMMI	<i>New United Motor Manufacturing Industry</i>
O	Homens-hora trabalhadas
O*	Homens-hora não-trabalhadas
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OEM	<i>Original Equipment Manufacturer</i>
P	Homens-hora produtivas
P*	Homens-hora não-produtivas
PDCA	<i>Plan - Do - Check - Act</i>
PDPC	Carta do Programa de Decisão sobre o Processo
PMPQ	Programas de Melhoria de Qualidade e Produtividade
PPCPE	Planejamento, Programação e Controle da Produção e Estoques
PPM	Partes por milhão
R	Homens-hora pagas
R&R	<i>Repeatability and Reproducibility</i>
SEG	Indicador utilizado para segurança no trabalho
TIR	Taxa Interna de Retorno
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TQC	<i>Total Quality Control</i>

CAPÍTULO 1
RESUMO DO TRABALHO

1. Resumo do Trabalho

1.1. Resumo do Trabalho

O Trabalho prático consistirá de duas partes distintas e complementares. Em primeiro lugar, estaremos propondo projetos em estações de trabalho pilotos, para busca de melhoria de produtividade e qualidade. Definida como será a sistematização das atividades neste nível, trataremos de criar um sistema de identificação da necessidade de disparar esses projetos de forma a atingirmos novos ganhos de produtividade dentro das restrições de investimento da empresa.

1.1.1. Objetivos Gerais e Específicos

Novos paradigmas de competitividade constantemente pressionam as empresas no sentido de buscar reduções de custo em suas operações. Quando falamos em redução de custo, a área industrial torna-se por excelência o principal foco das atenções de melhoria, ao passo que a força de vendas e as áreas de suporte à ela buscam maximizar as receitas da empresa.

Dentro desse panorama, podemos identificar como objetivo primordial deste trabalho a aplicação de ferramentas aprendidas no curso de Engenharia de Produção, com vistas à redução dos custos industriais da empresa em questão, através de uma estruturação conjunta entre uma abordagem não-clássica¹ de estudos de tempos e métodos e a aplicação de uma sistematização para busca de melhoria contínua.

¹ Por abordagem não-clássica entende-se uma adaptação dos conceitos tradicionais dos estudos de tempos e movimentos (1 operador e 1 produto) para aplicação em manufaturas flexíveis.

Não se trata porém de um trabalho voltado para saltos quânticos em produtividade, mas sim de um elemento catalisador para a busca da melhoria contínua na empresa.

1.1.1.1. Objetivos Específicos

Podemos dividir os objetivos específicos em:

Objetivos Quantitativos:

Atuar nas seguintes atividades / características do processo produtivo,

Área de Atuação	TRANSF.	TRANSPORTE	MATERIAIS	ESTOCAGEM	SEGURANÇA
Objetivo	1	2	3	4	

visando:

1. Redução do consumo específico de homens-hora (HH) e horas-máquina (HM) envolvidos nos processos de *transformação e transporte* de materiais;
2. Redução do consumo específico de *materiais*, através da redução das atividades de retrabalho, correções e do índice de refugo de materiais;
3. Melhoria da utilização do espaço físico disponível;
4. Redução de afastamentos de mão-de-obra por acidentes ou condições de trabalho.

Objetivos Qualitativos:

Entre os objetivos qualitativos, destacamos:

- Aumento do envolvimento e motivação dos colaboradores;
- Adequação do trabalho sob o ponto de vista ergonômico;
- Sistematizar e valorizar esforços de melhoria.

CAPÍTULO 2
INTRODUÇÃO

2. Introdução

2.1. Descrição da Empresa

Este trabalho foi realizado na Allison Transmission Division, um departamento/divisão da General Motors do Brasil. A empresa, situada no bairro de Santo Amaro, em São Paulo, é uma montadora de pequeno porte de transmissões automáticas para veículos comerciais médios (caminhões e ônibus).

2.1.1. Histórico

A Allison Transmission foi fundada em 1916 em Indianápolis, EUA. Em 1988, a empresa tornou-se uma divisão da General Motors Corporation. No Brasil, a Allison já está presente há muitos anos, a princípio como Detroit Diesel Allison, uma divisão da General Motors do Brasil (GMB), depois como TransAllison e hoje como Allison Transmission Division.

Com a separação das unidades da divisão e a venda da Detroit Diesel, a General Motors manteve a Allison como uma divisão independente nos Estados Unidos. No Brasil, a Allison Transmission Division tornou-se um departamento da GMB, porém com uma estrutura de negócios diferenciada, reportando-se principalmente à matriz americana da Allison.

Para consolidar a sua posição no mercado brasileiro, a Allison Transmission decidiu montar transmissões localmente, ao invés de manter o sistema de importação direta, em vista do mercado potencial existente na América do Sul. Desta forma, reformou a planta de Santo Amaro da antiga Detroit Diesel Allison e implantou uma unidade de montagem, com infraestrutura da GMB, inaugurada em fins de abril de 1997.

Trata-se, portanto, de uma unidade industrial recém-implantada, que atingiu a marca de 5000 transmissões produzidas em outubro de 98. Logo, as oportunidades de melhoria em diferentes áreas da fábrica são abundantes.

Figura 2.1.1 - Fachada da empresa



Fonte: Extraída de documentos da empresa

Na planta de Santo Amaro, São Paulo, numa área construída de aproximadamente 2500 m², estão lotados os departamentos comercial e manufatura, assim como a unidade industrial e de serviços da Allison Transmission Division no Brasil.

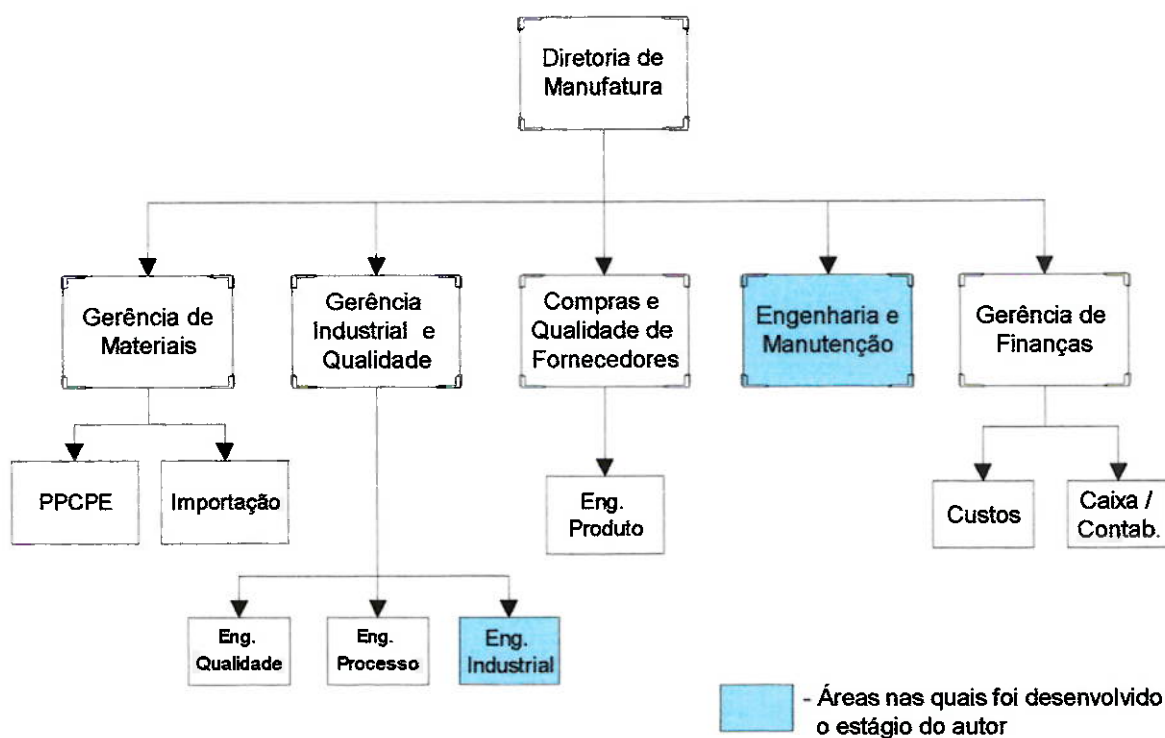
2.1.2. Arranjo Físico

Apresentamos no anexo 01 o arranjo físico da planta de Santo Amaro, São Paulo, da Allison Transmission Division.

2.2. Estrutura Organizacional

A seguir apresentamos o organograma da área de manufatura da empresa, na qual foi desenvolvido este Trabalho. A área comercial não está representada no diagrama.

Figura 2.2 - Organograma da Área de Manufatura da Empresa



Fonte: Elaborado pelo autor

2.3. Os Produtos

A unidade industrial na qual foi desenvolvido este trabalho monta uma família de produtos, a MT600, composta basicamente por três modelos, MT 643, MT 643R e MT 653DR. Tais modelos podem ser vendidos aos clientes OEM² em diversas configurações, diferenciadas principalmente por acessórios externos ao produto, destinados a adaptar a transmissão às aplicações de tais clientes. A seguir faremos breves descrições dos três modelos citados.

MT 643

Produto básico da família MT600, destina-se a ônibus urbanos e caminhões de médio porte. Possui variações de regulagens e acessórios para atingir uma gama grande de aplicações. Utiliza sistema hidráulico de troca de marchas. Caracteriza-se por ter 4 marchas automáticas à frente e uma ré manual.

Figura 2.3(a) - Transmissão Automática modelo MT 643



Fonte: Documentado pelo autor

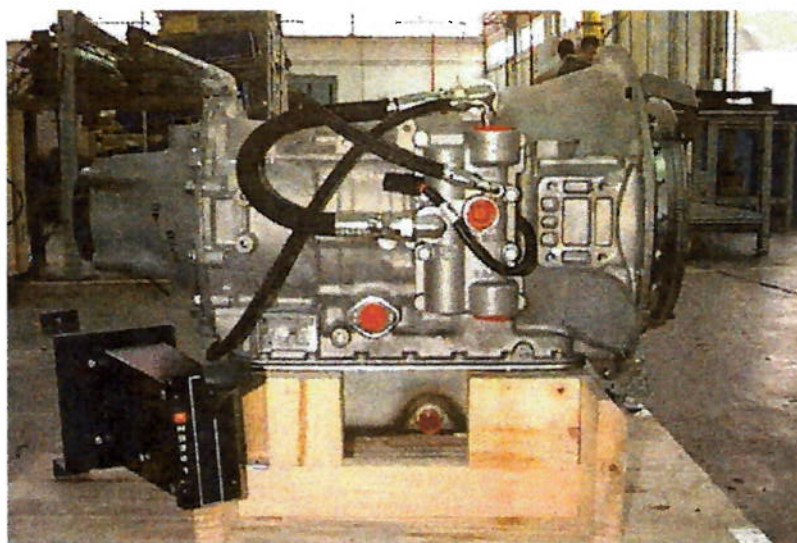
² Clientes OEM (Original Equipment Manufacturer) são os integradores (fabricantes) dos produtos destinados ao cliente final, no caso ônibus e caminhões. Os clientes finais são principalmente frotistas de ônibus.

MT 643R

Montada a partir da MT 643, destina-se a ônibus urbanos essencialmente, podendo também ser aplicada em caminhões. Possui variações de regulagens e acessórios para atingir uma vasta gama de aplicações. Utiliza sistema hidráulico de troca de marchas, com 4 marchas automáticas à frente e uma ré manual.

Sua principal característica é o sistema hidráulico de freio, denominado retardador. Posicionado na entrada da transmissão, permite uma redução da velocidade do veículo sem a utilização do freio convencional, economizando-o, sendo por isto muito indicado para ônibus urbanos.

Figura 2.3(b) - Transmissão Automática modelo MT 643R

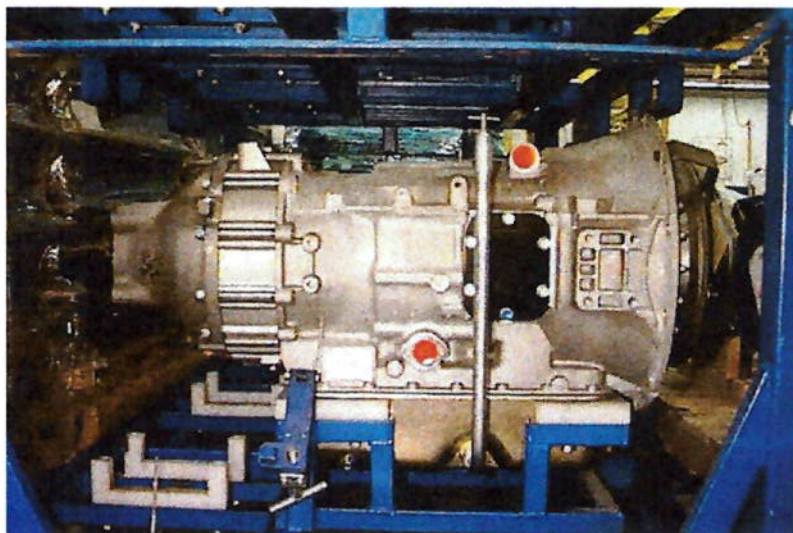


Fonte: Documentado pelo autor

MT 653DR

Baseada na MT 643, destina-se principalmente a caminhões de lixo. A principal diferença em relação aos modelos anteriores é o fato da MT 653DR possuir 5 marchas automáticas à frente, uma das quais reduzida. Caracteriza-se pela aplicação em veículos que exigem maior potência de partida. Possui variações de regulagens e acessórios com relação à MT 643 para aplicações de maior potência de saída. Utiliza sistema hidráulico de troca de marchas.

Figura 2.3(c) - Transmissão Automática modelo MT653DR



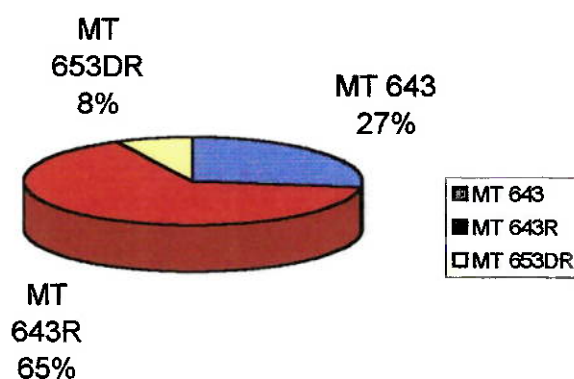
Fonte: Documentado pelo autor

2.4. A Empresa em números

Alguns dados relevantes a respeito da empresa:

- N° de funcionários: 83 (incluindo terceirizados e estagiários);
- Mão-de-obra direta e indireta: 24 funcionários;
- Produção diária média: 27 transmissões automáticas;
- “Mix” de produção médio:

Figura 2.3(c) - “Mix” de produção médio



Fonte: Adaptado de documentos da empresa

- Posição no mercado nacional: 65 % de participação em transmissões automáticas para veículos comerciais médios.

2.5. O estágio e o tema do Trabalho de Formatura

O estágio desenvolvido na Allison Transmission teve início em fevereiro de 1998, com direcionamento para as áreas de engenharia de manufatura e engenharia industrial. O enfoque principal do estágio foi o estudo de tempos e balanceamento da linha de produção, buscando oportunidades de melhoria no processo produtivo.

A oportunidade de desenvolver um trabalho focado em melhoria de produtividade industrial, baseado em conceitos de melhoria contínua, apareceu com o início das atividades de um time multifuncional destinado a implantar conceitos de produção enxuta na fábrica. Dentro deste grupo, como será apresentado em detalhes no capítulo 5 deste trabalho, houve um direto envolvimento e responsabilidade do autor pela parte de engenharia industrial e uma interação grande em propostas de melhoria em outras áreas da empresa.

O trabalho desenvolvido é de ampla importância para a empresa, pelo fato de, em primeiro lugar, criar uma sistemática de diagnóstico do processo produtivo que seja um catalisador para o programa de melhorias contínuas, levantando informações importantes a respeito de “lead-time” de produção e métodos produtivos. Por outro lado, a implementação de um sistema de avaliação da necessidade de novos projetos multifuncionais possibilita que o ciclo PDCA das melhorias contínuas continue girando. Por último, a utilização de conceitos de indicadores de produtividade e PPCPE nesta avaliação possibilita “fotografias” mais precisas da empresa, informações estas fundamentais para uma administração mais focada nos objetivos do negócio e nas necessidades do mercado.

CAPÍTULO 3
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3. Fundamentação Teórica

3.1. Introdução

No presente capítulo faremos uma revisão teórica dos conceitos envolvidos na realização deste Trabalho de Formatura, procurando sempre estabelecer um paralelo entre a fundamentação teórica e a implementação do trabalho na empresa.

No item 3.2 faremos uma incursão sobre o modelo Kaizen de melhoria de processo, de modo a estabelecer os seus conceitos chaves, suas principais ferramentas e a sua inter-relação com os principais programas de melhoria de qualidade e produtividade (PMQP).

3.2. Kaizen - Melhorias Contínuas no Processo

3.2.1. Princípios

O Kaizen é antes de tudo uma filosofia de vida voltada para o contínuo melhoramento de todas as nossas atividades, no âmbito pessoal, profissional e social.

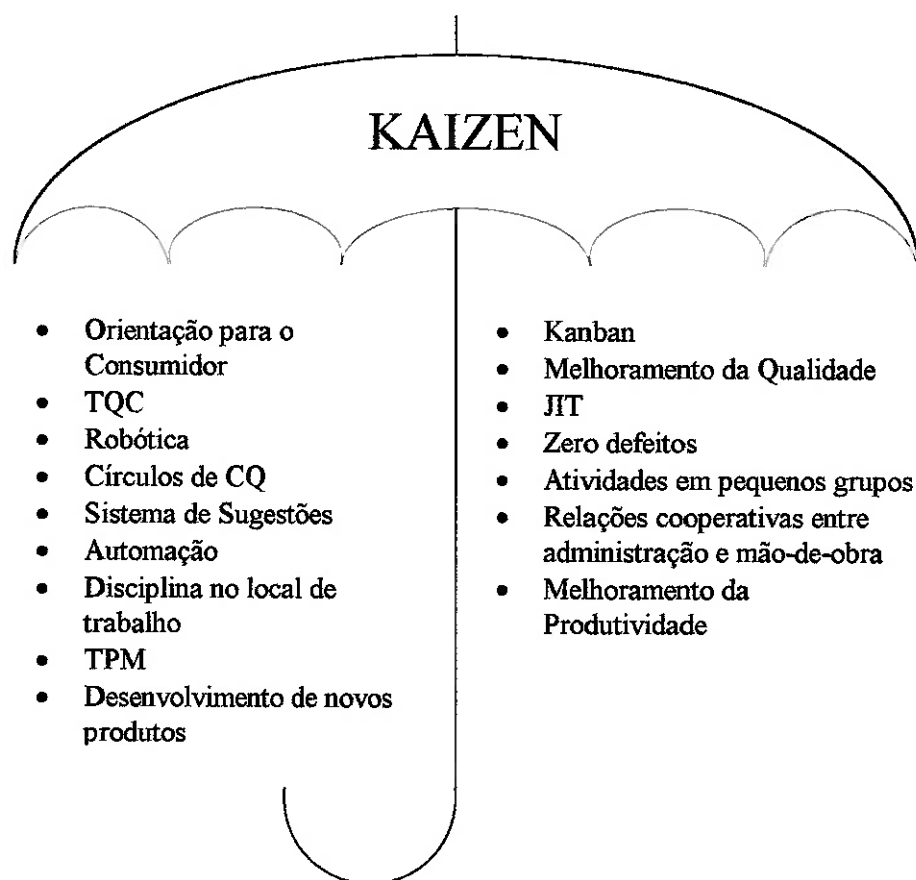
O Kaizen, do japonês “kai” - mudança e “zen” - para melhor, deve ser entendido como um processo sistemático e sistêmico voltado para ganhos contínuos, marginais e rápidos em produtividade, no qual os recursos humanos são o elemento-chave para as mudanças.

Segundo (IMAI,1988), o Kaizen é a própria essência da diferença entre os modelos ocidental e japonês de administração. Esta diferença consiste na maneira de pensar japonesa orientada para o processo *versus* o pensamento ocidental orientado para a inovação e os resultados. Neste modelo o desempenho pessoal e corporativo é avaliado estritamente com base nos

resultados obtidos, ao passo que na administração japonesa o melhoramento do processo e a criação de oportunidades de melhoria é o enfoque principal.

Os principais conceitos e programas inter-relacionados com a filosofia do Kaizen podem ser representados na seguinte figura:

Figura 3.2.1 - O Guarda-Chuva do Kaizen



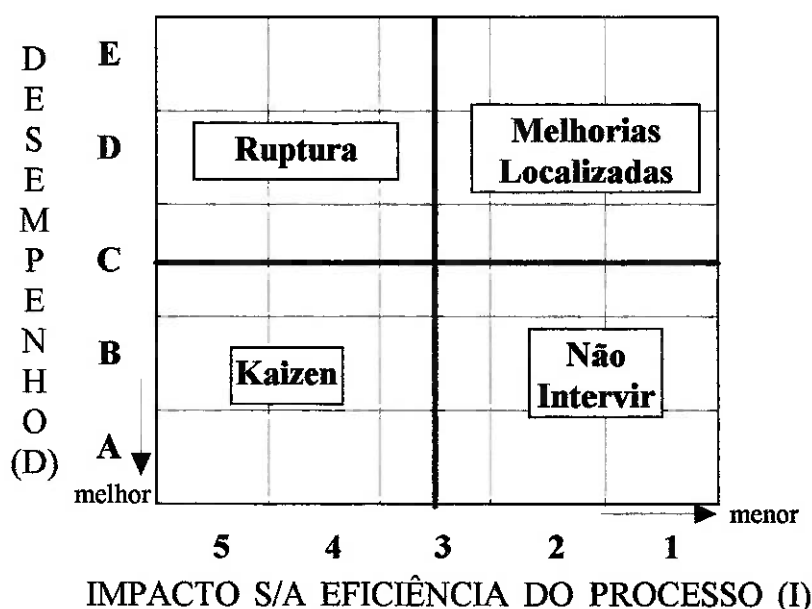
Fonte: Adaptado de (IMAI,1988)

3.2.2. A caracterização das zonas de melhoria

Por quê melhoria contínua?

Segundo uma abordagem de Gerenciamento por Processos³ (BOUER, 1997), o tipo de atuação para alcançar as melhorias nos subprocessos depende de uma avaliação da situação dos mesmos frente aos indicadores de desempenho e em relação ao impacto sobre a eficiência global do processo, como ilustrado a seguir:

Figura 3.2.2 - Matriz Impacto x Desempenho dos subprocessos



Fonte: Adaptado de (BOUER, 1997)

Neste diagrama, o impacto sobre a eficiência do processo (I) pode ser determinado através de uma matriz “fatores-chave do processo *versus* subprocessos” ou através da realização de um fórum de especialistas internos ou externos à empresa, que também pode ser utilizado para determinar o estágio atual da qualidade do desempenho (D).

³ Não pretendemos implantar um Gerenciamento por Processos com este estudo, mas sim justificar a adoção de determinado foco de atuação para busca de melhoria em determinado processo.

No contexto deste Trabalho de Formatura, por não desejarmos estender a análise dos processos da empresa para um âmbito que não seja da transformação física dos insumos produtivos, estabelecemos este como o processo prioritário para atuação em prol de melhorias.

Dentre os subprocessos destacamos:

- abastecer a linha de produção com insumos e ordens de produção;
- inspeção de qualidade nos insumos;
- agregação de valor ao produto por transformação;
- agregação de valor ao produto por alteração da posição relativa ao cliente, etc.

De maneira a classificar tais subprocessos segundo o impacto no processo de transformação física dos insumos e segundo os seus desempenhos, foi consultado o grupo multifuncional formado (ver item 5.1), o qual atribuiu notas de A a E e de 5 a 1 para os subprocessos apresentados acima. Foi consenso que tais subprocessos, por terem se mostrado adequados ao nível de produção e ao investimento realizado, ainda que não sejam ideais, deveriam receber nota “B” para desempenho, ao mesmo tempo que “5” para impacto no processo de transformação física. Desta forma, segundo a figura 3.2.2, a estratégia de atuação para melhoria mais apropriada é o Kaizen.

Segundo (BOUER,1997), tais subprocessos requerem aprimoramento contínuo (Kaizen), sendo que provavelmente é suficiente agir sobre a configuração existente, sem modificar a organização.

A seguir faremos uma análise comparativa entre dois dos tipos de atuação para busca da melhoria, como ilustrado na figura 3.2.2, Kaizen e Inovação (ruptura).

3.2.3. Inovação e Kaizen

Inovação e Kaizen são abordagens complementares na busca de melhoria de competitividade nas empresas. Não se deve abdicar de nenhuma delas, mas sim priorizar o enfoque de melhoria mais condizente com a situação competitiva atual da empresa e do mercado.

A estratégia de inovação, como afirmou (IMAI,1988), é dirigida pela tecnologia e se desenvolve onde há crescimento rápido e altas margens de lucro. Ela ganha espaço em ambientes que apresentem:

- Mercados de expansão rápida;
- Orientação dos consumidores mais na quantidade do que na qualidade;
- Recursos abundantes e de baixo custo;
- A crença de que produtos inovadores possam compensar desempenhos apáticos nas operações tradicionais;
- Administração mais preocupada com o aumento das vendas do que com a redução de custos.

Por outro lado, conforme (IMAI,1988), estratégias competitivas baseadas em melhorias contínuas são mais adequadas para cenários competitivos caracterizados por:

- Aumentos bruscos nos custos de material, energia e mão-de-obra;
- Excesso de capacidade instalada de produção;
- Aumento da concorrência entre empresas em mercados saturados ou em queda;
- Mudança nos valores do consumidor e mais exatidão nas necessidades de qualidade;
- Necessidade de introdução mais rápida de produtos no mercado;
- Necessidade de baixar o *break-even*.

A seguir apresentamos um comparativo entre inovação e Kaizen segundo alguns critérios de avaliação das abordagens.

Tabela 3.2.3 - Características do Kaizen e da Inovação

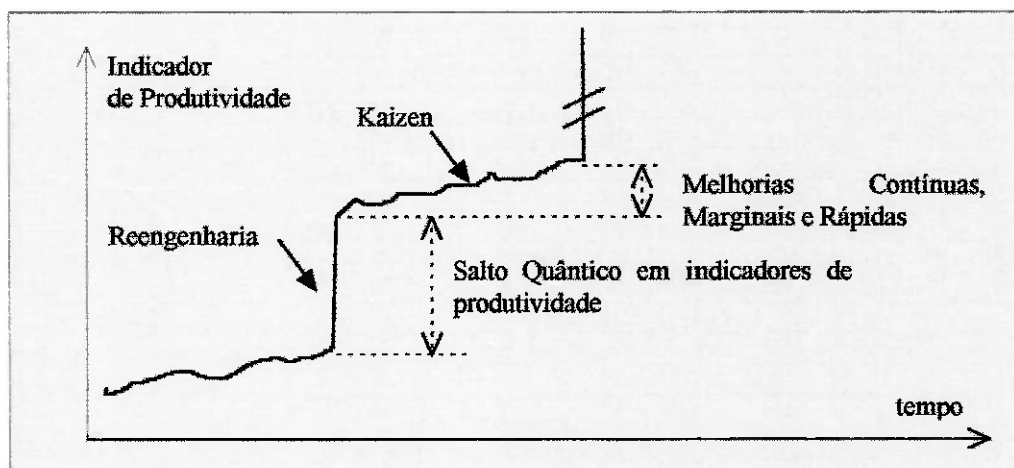
Estratégia de Melhoria Critério	Kaizen	Inovação
1. Efeito	A longo prazo e duradouro, porém monótono	A curto prazo, porém empolgante
2. Ritmo	Pequenos Progressos	Grandes Progressos
3. Estrutura de Tempo	Contínua e incremental	Intermitente e não incremental
4. Mudança	Gradual e constante	Repentina e passageira
5. Envolvimento	Todos	Poucos “defensores” selecionados
6. Enfoque	Coletivismo, esforços em grupo, enfoque sistêmico	Forte individualismo, idéias e esforços individuais
7. Método	Manutenção e melhoramento	Refugo e retrabalho
8. Estímulo	“know-how” e atualizações convencionais	Avanços tecnológicos, novas invenções e novas teorias
9. Exigências Práticas	Pouco investimento, porém grande esforço para mantê-lo	Grande investimento, porém pouco esforço para mantê-lo
10. Orientação do Esforço	Pessoas	Tecnologia
11. Critérios de Avaliação	Processo e esforços por melhores resultados	Resultados por lucros
12. Vantagem	É útil na economia de crescimento lento	Adapta-se melhor à economia de crescimento rápido

3.2.4. Kaizen versus Reengenharia

A Reengenharia baseia-se no conceito de reestruturação radical⁴ dos processos, de modo a obter saltos quânticos de desempenho em fatores críticos de sucesso para as operações de uma empresa. A ordem neste caso é repensar completa e profundamente a empresa, de modo a “reinventá-la” a partir de novos paradigmas de desempenho.

Deste modo, a abordagem da Reengenharia no que tange a busca de melhorias difere diametralmente do Kaizen. Enquanto esta é uma “filosofia e metodologia de implementação, que abraça o espírito de melhorias rápidas e contínuas, baseada na cultura de melhoria contínua com predisposição para ação, criatividade antes de investimentos e envolvimento total de empregados” (Apostila da TBM, 1996, et.al.), a Reengenharia esquece o papel da melhoria contínua, buscando apenas saltos quânticos nos indicadores de produtividade. Essa dicotomia entre Reengenharia e Kaizen aproxima-se, do ponto de vista das estratégias de implementação e ferramentas, da discussão apresentada no item 3.2.3 sobre as diferenças entre Kaizen e inovação.

Figura 3.2.4 - Reengenharia versus Kaizen



Fonte: Adaptado de Apostila da FCAV

⁴ Radical no sentido de ir à raiz dos problemas

3.2.5. Kaizen e JIT, TQC e TPM

Segundo (MIYAKE,1994), o Kaizen é um dos conceitos fundamentais dos três principais PMQP difundidos, que são o JIT, o TQC e o TPM. Pelo fato de tais programas diferirem quanto ao(s) seu(s) principal(is) eixo(s) (ou dimensão(ões)) de integração, o enfoque de melhoria característico varia de um programa para o outro, apesar de possuírem uma visão sistêmica do sistema de manufatura quanto a possibilidades e escopo de melhorias.

Tabela 3.2.5 - Eixo(s) de integração explorados pelo JIT, TQC e TPM

Modelo de PMPQ	Eixo(s) de Integração Explorado(s)
Programa JIT	Fluxo de Material
Programa TPM	Ciclo de vida das máquinas e equipamentos
Programa TQC	• Cadeia de elos cliente x fornecedor • Ciclo de vida do produto

Fonte: Transcrito de (MIYAKE,1994)

O JIT, por possuir uma filosofia de racionalização da utilização dos recursos materiais no sistema de manufatura, “fundamenta sua tática de melhoria na criação de condições que possibilitem aumentar o giro de estoques e reduzir o nível de material estocado e em processo (capital de giro)”⁵. Porém, como frisou (MIYAKE,1994), o desdobramento de melhorias promovidas com vistas a racionalizar o fluxo de materiais possui implicações no padrão de uso da mão-de-obra, máquinas e do terreno, assim como em atividades como de programação de produção e contabilidade de custos.

⁵ Fonte: Transcrito de (IMAI,1988)

O programa TPM, por sua vez, foca sua atenção em melhorias que visem melhorar a eficiência da utilização dos bens de capital. Por fim, o programa TQC difere um pouco da abordagem de melhorias dos programas anteriores, enfatizando “a consolidação da gestão dos processos de melhorias em si, com certa ênfase nas melhorias da qualidade”, assim como investe recursos na melhoria da qualidade de projeto de produtos.

3.2.6. Ferramentas do Kaizen

Do ponto de vista do ferramental analítico e de implementação utilizados em programas Kaizen, constata-se que são ferramentas simples, porém poderosas, e amplamente difundidas tanto no meio acadêmico como profissional. Dentre elas, destacam-se:

Tabela 3.2.6 (a) - Sete Ferramentas da Qualidade “Novas” e “Antigas”

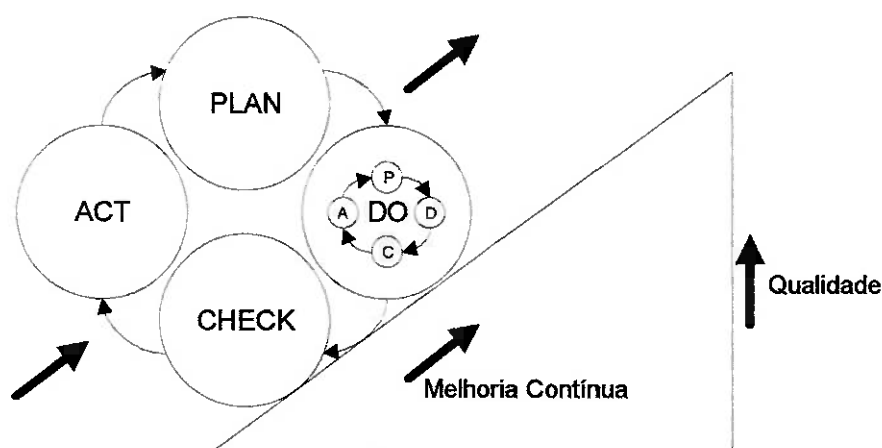
As Sete “antigas” Ferramentas da Qualidade	As Sete “Novas” Ferramentas da Qualidade
Diagrama de Pareto	Diagrama de Relações
Diagrama de Causa e Efeito	Diagrama de Afinidade
Histogramas	Diagrama de Árvore
Cartas de Controle	Diagrama de Matriz
Diagramas de Dispersão	Diagrama de análise dos dados da matriz
Gráficos	PDPC
Folhas de Verificação	Diagrama de Setas

Fonte: Adaptado de (IMAI,1988)

Além dessas ferramentas, alguns sistemas de ponto de verificação do Kaizen foram desenvolvidos de modo a sistematizar a busca pelo melhoramento, de forma a priorizar recursos e melhor identificar oportunidades de ganho de produtividade. Dentre eles, a lista dos 3 “MU”⁶ e a lista do 6 “M”⁷, só para citar dois exemplos. Ainda convém citar o emprego da metodologia dos 5 “S”⁸ como uma busca da racionalização e padronização do ambiente de trabalho, o que converge para facilitar as atividades de um programa Kaizen. Mais ferramentas serão citadas no item 3.2.7.

Na figura 3.2.6 (b) representamos esquematicamente uma das “ferramentas” que deve ser utilizada nas diversas etapas de uma programa Kaizen, assim como em qualquer projeto, o ciclo PDCA. Segundo (IMAI, 1988), “o ciclo PDCA possui o seu próprio ciclo PDCA no estágio executar”, no sentido que se deve delegar autoridade e responsabilidade aos membros da equipe para não apenas cumprir ordens, mas também para girar o ciclo PDCA dentro do próprio ato de executar, planejando, executando, checando e agindo suas próprias atividades.

Figura 3.2.6 (b) - PDCA dentro do ciclo PDCA



Fonte: Adaptado de (IMAI, 1988) e (BOUER, 1997)

⁶ Muda (Perda), Muri (Restrição) e Mura (Discrepância)

⁷ Mão-de-Obra, Máquina, Material, Métodos, Medição e Meio-Ambiente

⁸ Seiri (eliminar o desnecessário), Seiton (ordenar), Seiso (limpeza), Seiketsu (asseio) e Shitsuke (disciplina)

3.2.7. QS-9000 e Melhorias Contínuas

A norma QS-9000 tornou-se o padrão de qualidade de fornecimento para as três grandes montadoras de automóveis dos EUA, GM, Ford e Chrysler. Todos os seus fornecedores ⁹ deverão se adequar a esse padrão nos próximos anos. Desta forma, a obtenção e a manutenção da QS-9000 é um fator *sine qua non* para a competitividade e mesmo para a sobrevivência de tais fornecedores.

Neste sentido, o papel da melhoria contínua atinge caráter estratégico, já que a QS-9000 estabelece como mandatório o seu emprego, como explícito no item 2 dos “requisitos específicos do setor”. Segundo a norma, “o fornecedor **deve** continuamente melhorar em qualidade, serviço (pontualidade e entrega) e preço.”. Porém, não desconsidera o papel da inovação: “Este requisito não substitui a necessidade de melhorias inovadoras”.

Segundo a QS-9000, os fornecedores devem desenvolver planos de ação específicos para a melhoria contínua nos processos mais relevantes para os clientes finais, dado que tais processos tenham atingindo estabilidade e capacidade aceitáveis. Porém, é recomendável que a filosofia de melhoria contínua estenda-se aos demais processos e serviços do negócio.

A QS-9000 identifica a título de exemplo algumas das oportunidades de melhoria contínua em qualidade e produtividade, como segue:

⁹ A norma QS-9000 entende por fornecedor os provedores de materiais produtivos, peças de serviço ou de produção e prestadores de serviço de tratamento térmico, acabamento, pintura etc. diretamente para a Chrysler, Ford, General Motors ou outros clientes baseados na norma.

Tabela 3.2.7 (a) - Oportunidades de melhoria segundo a QS-9000

Exemplos de oportunidades de melhoria contínua	Aplicação neste estudo
• Utilização do espaço físico sem valor agregado	A
• Tempo de <i>setup</i> das máquinas, troca de dispositivos e de turnos	A
• Tempo de ciclo de manufatura	A
• Refugo, retrabalho e reparo	A
• Método complicado de montagem ou instalação do produto	A
• Manuseio e armazenamento excessivos	A
• Desperdício de mão-de-obra e materiais	A
• Custo excessivo da qualidade não-aceitável	A
• Variação excessiva nos processos	N/A
• Tempo de parada de equipamento não previsto	N/A
• Sistema marginal de medição da capacidade do processo	N/A
• Requisitos de teste não justificados por resultados acumulados	N/A
• Novas metas para otimizar processos de clientes	N/A
• Médias dos processos não centradas dentro dos limites	N/A
• Insatisfação do cliente	N/A

N/A - Não aplicado

A - Aplicado

Fonte: Adaptado de Quality System Requirements QS-9000

Observa-se que a QS-9000 foca a busca de melhoria contínua na otimização de processos relacionados ao atendimento dos clientes externos e também no estabelecimento de ações preventivas e corretivas sobre os resultados do controle estatístico de processo (CEP).

Ainda segundo a QS-9000, o fornecedor deve demonstrar conhecimento e usar as seguintes metodologias/ferramentas para a melhoria contínua, quando apropriado:

Tabela 3.2.7 (b) - Ferramentas para a melhoria contínua segundo a QS-9000

Exemplos de Ferramentas / Metodologias segundo a QS-9000	Aplicação neste estudo
• Análise de ergonomia	A
• Análise de movimentos e métodos	A
• <i>Benchmarking</i>	A
• Poka-Yoke ¹⁰	A
• Análise de partes por milhão (PPM)	N/A
• Análise de valor	N/A
• Eficiência global do equipamento (OEE)	N/A
• Gráficos de Controle (variáveis, atributos, CUSUM)	N/A
• Índices de capacidade (Cp, Cpk)	N/A
• Projeto de experimentos	N/A
• Teoria das restrições	N/A

N/A - Não aplicado

A - Aplicado

Fonte: Adaptado de Quality System Requirements QS-9000

Como consequência da observação anterior, as ferramentas sugeridas pela QS-9000 são voltadas principalmente para o CEP, ferramentas estas que não serão abordadas neste trabalho.

¹⁰ *Poka-Yoke*, do japonês *Poka* (evitar) e *Yokeru* (erros inadvertidos), é uma técnica para evitar simples erros humanos no trabalho, através do uso de mecanismos de prevenção. (POKA-yoke, s.d.).

3.3. Indicadores de Produtividade

Para que seja possível o estudo proposto no item 6 deste Trabalho (Sistemática de Revisão Periódica dos Projetos de Melhoria), torna-se necessária uma revisão dos conceitos de indicadores de produtividade, focada na efetiva utilização dos mesmos neste estudo.^{11 , 12}

“Nos últimos anos, indivíduos, empresas, setores de economia e economias como um todo têm orientado suas ações no sentido de uma maior produtividade. Isto tem ocorrido seja para enfrentar um acirramento na competição de mercado, seja para aproveitar melhor os recursos utilizados na geração de bens e serviços.”

“(..) O entendimento do que vem a ser produtividade depende da maior ou menor abrangência do sistema que está sendo observado, do objeto de análise (p.ex.: uma certa categoria de mão-de-obra) para o qual se pretende estabelecer a produtividade e, finalmente, de qual é a específica forma de se calcular a produtividade.”¹³

Porém, de um modo geral, a produtividade é sempre uma relação do tipo:

$$Pr odutividade = \frac{Re sultado}{Esforço}$$

¹¹ O autor foi designado como o responsável pelo desenho e implementação de um sistema de priorização para novos projetos de melhoria contínua (ver item 6) baseado em indicadores de produtividade.

¹² **Nota Importante:** Não é o objetivo primordial deste Trabalho de Formatura realizar um estudo detalhado do conceito de indicadores de produtividade, mas sim utilizar de tais conceitos como ferramenta para o item 6 deste estudo.

¹³ Fonte: Transcrito de (MUSCAT,1987).

No contexto industrial, considerando-se os sistemas e mercados nos quais se inserem, os indicadores de produtividade podem ser de três tipos:

- Produtividades de custos unitários;
- Produtividade de uma unidade do produto;
- Produtividades físicas dos recursos.

Sendo que os dois primeiros tipos relacionam-se com os mercados fornecedores e consumidores respectivamente e o terceiro com o sistema físico de produção.

Os indicadores podem ainda serem classificados como parciais, utilizados na desagregação de informações, ou globais do sistema de produção.

Em um estudo detalhado do conceito de indicadores de produtividade, a análise deve sempre partir da definição clara da missão da empresa e dos seus fatores críticos de sucesso. Para este trabalho, no entanto, definiremos indicadores que atendam a um objetivo mais específico, que é determinar diferenciais de produtividade, segundo os objetivos 1 e 2 definidos no item 1.1.1.1, entre as estações de trabalho potenciais para futuros projetos de melhoria contínua.

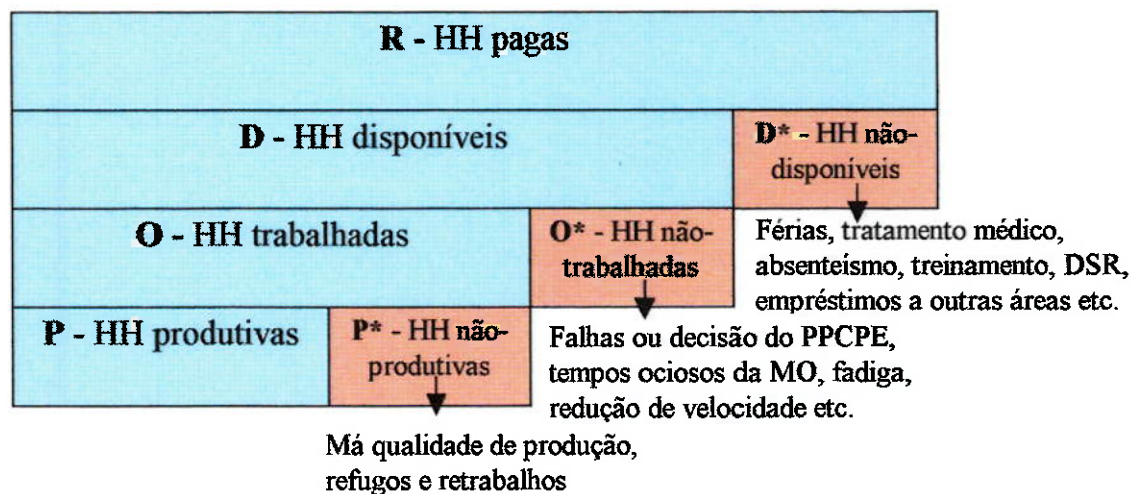
3.3.1. Revisão de Indicadores

Ao projetar indicadores de desempenho deve-se atentar se o indicador é:

- ⇒ *Rastreável* - indicadores de desempenho devem possibilitar a localização do foco do problema;
- ⇒ *Controlável* - indicadores de desempenho devem indicar variáveis passíveis de ações corretivas;
- ⇒ *Único e Mutuamente Exclusivo* - não deve haver indicadores redundantes;
- ⇒ *Compreensível* - devem ser simples e claros, fornecendo informações de forma direta;
- ⇒ *Confiável* - ser fiel ao estado do fenômeno;
- ⇒ *Correto e Preciso* - devem medir corretamente e com precisão as medidas;
- ⇒ *Válido* - devem mostrar o que se deseja medir.

Para o presente estudo, tomaremos a mão-de-obra (MO) e materiais utilizados como os componentes de maior interesse no processo produtivo, dados os objetivos pré-definidos para este trabalho, e faremos uma desagregação em indicadores parciais. A mão-de-obra em homens-hora (HH) utilizadas para a produção da quantidade Q pode ser decomposta de acordo com a figura a seguir:

Figura 3.3.1 (a) - Classificação da Mão-de-Obra utilizada



Fonte: Adaptado de (MUSCAT,1987)

Desta forma, segundo (MUSCAT,1987), podem ser construídos novos indicadores parciais de produtividade referentes à mão-de-obra, resultando:

$$P_h = \frac{R}{S} \times \frac{D}{R} \times \frac{O}{D} \times \frac{P}{O} \times \frac{Q}{P}$$

sendo:

P_h = produtividade combinada (física x custos unitários) da MO;

S = custo da MO;

Q = quantidade de produto final produzida e vendida num certo período de tempo;

E as demais variáveis definidas na Figura 3.3.1(a).

Assim temos:

$$\frac{R}{S} = \text{Produtividade, em horas, do custo da mão-de-obra.}$$

$$\frac{D}{R} = \text{Porcentagem de tempo disponível;}$$

$$\frac{O}{D} = \text{Porcentagem de tempo trabalhado;}$$

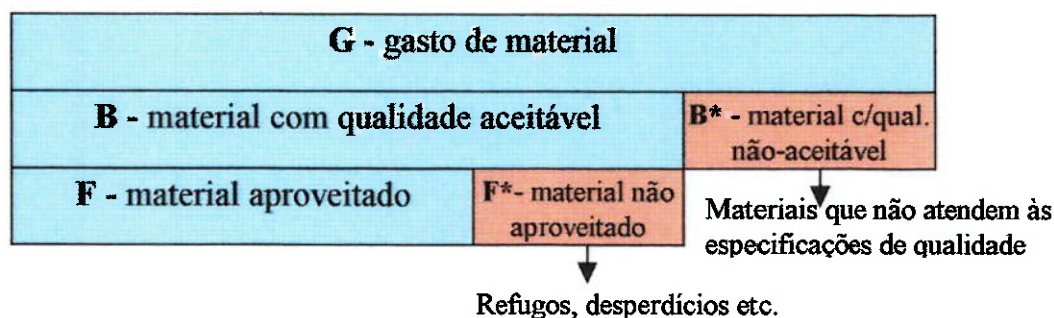
$$\frac{P}{O} = \text{Porcentagem de tempo produtivo;}$$

$$\frac{Q}{P} = \text{Ritmo.}$$

Sendo que se excetuando o indicador R/S, os demais são compostos exclusivamente por variáveis físicas.

Fazendo o mesmo desenvolvimento para materiais, temos que:

Figura 3.3.1(b) - Classificação da quantidade gasta de material



Fonte: Adaptado de (MUSCAT,1987)

E analogamente, temos:

$$P_m = \frac{G}{M} \times \frac{B}{G} \times \frac{F}{B} \times \frac{Q}{F}$$

sendo:

P_m = produtividade combinada (física x custos unitários) de materiais;

M = custo de materiais;

Q = quantidade de produto final produzida e vendida num certo período de tempo;

Assim temos:

$\frac{G}{M}$ = Produtividade, em unidades de material, do custo da mão-de-obra;

$\frac{B}{G}$ = Porcentagem de material com qualidade aceitável;

$\frac{F}{B}$ = Porcentagem de material aproveitado;

$\frac{Q}{F}$ = Porcentagem, em unidades de produto final, do material

aproveitado.

Sendo que se excetuando o indicador G/M, os demais são compostos exclusivamente por variáveis físicas.

A desagregação dos indicadores possibilita uma maior identificação das causas dos problemas e das áreas envolvidas, o que torna a tomada de ações corretivas e preventivas mais precisa, diretamente no foco dos problemas.

3.4. Cronoanálise

A cronoanálise visa determinar o tempo necessário para uma pessoa qualificada e treinada, trabalhando em ritmo normal, executar uma tarefa especificada, segundo determinado método. Tal tempo é denominado tempo-padrão da tarefa em questão.

As finalidades e benefícios de um estudo de tempos são principalmente estabelecer uma base quantitativa para o planejamento e a programação da produção, assim como determinar o custo-padrão dos produtos. Dentro do contexto deste estudo, utilizaremos da cronoanálise como ferramenta de classificação da utilização da mão-de-obra nas estações-piloto do projeto de melhorias (ver item 5.4). Indiretamente, o estudo de tempos possibilitou ao autor o desenvolvimento de um balanceamento heurístico da linha de produção da empresa, que será utilizado como suporte à etapa de avaliação de novas implantações de projetos de melhoria (item 6).

De maneira sucinta, o cálculo do tempo-padrão requer a definição dos seguintes parâmetros:

Determinação do ritmo de trabalho:

Compete ao observador estabelecer o ritmo de trabalho com o qual o colaborador realizou os elementos da operação cronometrada.

Determinação das tolerâncias:

Divididas entre pessoal, de fadiga e de espera. Segundo (BARNES, 1977), em geral utiliza-se 5% de tolerância pessoal para homens, 2 a 5% de tolerância de espera de acordo com o caso e um valor tabelado baseado no tipo de tarefa realizada para a tolerância de fadiga. Para este estudo consideraremos 5% de tolerância pessoal, 5% de tolerância para fadiga e 2% de tolerância de espera.

Desta forma calculamos o tempo-padrão através de:

$$TempoPadrão = \left(\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (T_{ij} * FR_{ij}) \right) * \frac{100}{100 - \sum tolerâncias}$$

Sendo T_{ij} o tempo observado para o elemento i ($i=1,2,...,M$) no j -ésimo ciclo ($j=1,2,...,N$), FR_{ij} o fator de ritmo observado para o elemento i no j -ésimo ciclo e as tolerâncias definidas anteriormente. Resta determinar o número de amostras necessário.

Determinação da confiabilidade estatística desejada:

O estudo de tempos é um processo de amostragem e como tal requer a definição de um nível de confiança e erro relativo desejados na amostra. Definidos estes dois parâmetros, determina-se o número de observações necessário. Segundo (BARNES,1977), em geral utiliza-se nível de confiança de 95% e erro relativo de 5 a 10%, o que significa que com 95% de probabilidade a média dos valores observados para a operação não diferirá de 5 a 10%, respectivamente, dos valores reais para a duração da operação. Neste estudo usaremos nível de confiança 95% e erro relativo 10% e determinaremos o número N' de ciclos a ser cronometrado através de (BARNES,1977):

$$N' \geq \left(\frac{20 * N}{\sum_{j=1}^N X_j} * \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N X_j^2 - \frac{\left(\sum_{j=1}^N X_j \right)^2}{N}}{N-1}} \right)^2,$$

Onde:

N = número de ciclos cronometrados;

X_j = valor da observação j .

CAPÍTULO 4

PROCESSO ATUAL: DESCRIÇÃO E DIAGNÓSTICO

4. Processo Atual : Descrição e Diagnóstico

4.1. Descrição do Processo

4.1.1. Introdução

O processo de produção na Allison Transmission Brasil foi definido de acordo com o posicionamento estratégico que a empresa desejava alcançar na América Latina. Com um grande mercado potencial, sem concorrentes operando fábricas no Brasil e com o fim das exigências de empresa nacional, tornou-se oportuno para a matriz aproveitar-se das instalações da antiga Detroit Diesel Allison e implantar uma unidade de montagem local.

Dada as restrições de investimento impostas pela matriz em Indianápolis, EUA, o que se decidiu implantar no Brasil foi uma linha de montagem em regime CKD¹⁴, portanto sem implantação de unidades de fundição e usinagem de peças como existem nos EUA. Foi estabelecido então um cronograma de aumento gradual da utilização da mão-de-obra local para a montagem dos subconjuntos de peças, de acordo com a denominação interna de regimes CKDA e CKDB. O projeto da linha de montagem, porém, foi previsto para atender as montagens neste último nível, ou seja, com maior utilização da força de trabalho local.

Há que se destacar que a linha de montagem das transmissões automáticas da Allison Transmission implantada no Brasil foi projetada inicialmente para atender apenas uma família de produtos, a MT600, com três modelos básicos e cerca de 20 configurações de montagem catalogadas, destinada a atender veículos comerciais médios (caminhões e ônibus).

¹⁴ Regime de montagem na qual não há fabricação de peças na planta em questão, mas sim a montagem de unidades do produto final através do uso de subconjuntos comprados, geralmente importados.

4.1.2. A linha de montagem no Brasil

4.1.2.1. Descrição geral

A linha de montagem está esquematicamente representada a seguir:

Figura 4.1.2.1(a) - Linha de montagem esquematizada

LEGENDA PARA A FIGURA 4.1.2.1 (a)

NONO - Estações-Piloto definidas para o item 5



- Armazenamento



- Transporte



- Operação



- Espera



- Inspeção / Teste



- Operador do 1o. turno



- Operador do 2o. turno



- Específico para o modelo MT 643R



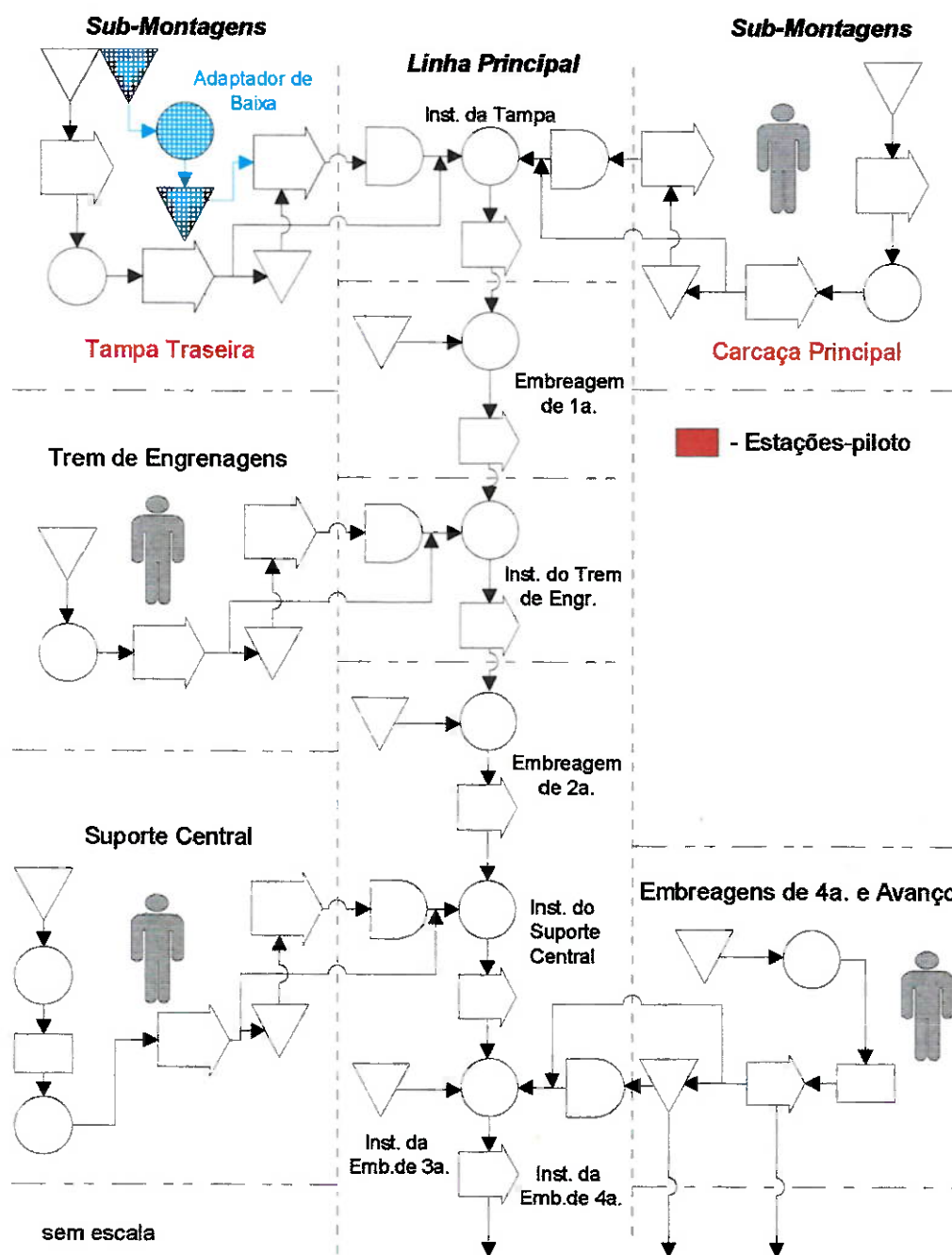
- Específico para o modelo MT 653DR



- Expedição

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4.1.2.1(a) - Linha de montagem esquematizada (cont.1)



Fonte: Elaborado pelo autor

A linha de produção é cadenciada segundo um ciclo fixo de 3 peças por hora, ou 20 minutos de tempo de ciclo para cada operador, o que caracteriza a produção como de baixo volume. Isto significa uma média de 27 transmissões por dia, durante um turno único de produção. Apenas as duas máquinas de teste de produto final, por serem gargalos da fábrica, operam em dois turnos.

A foto a seguir representa uma visão parcial da linha principal de montagem, como indicado pela lupa na Figura 4.1.2.1(a) - continuação. Pode-se identificar algumas das sub-montagens posicionadas ao largo da linha e os sistemas de movimentação e abastecimento de materiais (ver item 4.1.2.3).

Figura 4.1.2.1(b) - Visão parcial da linha de montagem



Fonte: Extraído de material institucional da empresa

As máquinas utilizadas consistem basicamente de prensas mecânicas e hidráulicas de baixa capacidade (capacidade 5 ton. e 20 ton., totalizando 5 e 2 unidades respectivamente), uma máquina de teste do corpo de válvulas e duas máquinas de teste do produto final (ver figura 4.1.2.1 (a) cont.2).

No que compete a este Trabalho de Formatura, e em especial ao capítulo 5, Projeto Localizado de Melhorias, serão focos principais de busca de melhorias as sub-montagens da fábrica.

4.1.2.2. Mão-de-Obra utilizada

A linha de montagem de transmissões automáticas na qual foi desenvolvido este Trabalho conta atualmente com uma mão-de-obra direta de 19 pessoas, das quais 9 envolvidas na linha de produção em si e as demais nas áreas de testes finais de produto acabado, na área de vestimenta final da transmissão e na de auditoria e retrabalho (ver representação na figura 4.1.2.1(a)).

Com relação à mão-de-obra indireta, envolvida principalmente com manuseio e fornecimento de materiais produtivos à linha, conta-se com 5 pessoas.

4.1.2.3. Sistemas de Movimentação na Produção

A movimentação da transmissão ao longo da linha de produção é realizada basicamente através de carrinhos movidos pelos operadores. Estes carrinhos circulam entre a área produtiva e de testes finais. Os sub-conjuntos e as peças mais leves (até 15 kg aproximadamente) são movimentados pelos operários sem nenhum equipamento específico, ao passo que sub-conjuntos mais pesados são alimentados das áreas de sub-montagem para a linha principal através de talhas de 300 kg de capacidade, que se têm mostrado superdimensionadas e inadequadas à movimentação de peças. As talhas são utilizadas também para descarregar a transmissão (aproximadamente 250 kg) dos carrinhos para as máquinas de teste ou diretamente para paletes.

CAPÍTULO 5

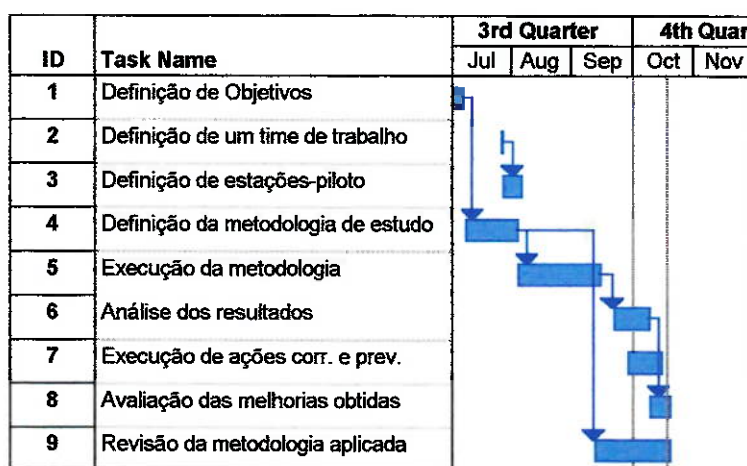
PROJETO DE ESTUDO LOCALIZADO DE MELHORIAS

5. Projeto de estudo localizado de melhorias

Esta etapa de desenvolvimento do Trabalho de Formatura caracteriza-se pela definição do escopo de implementação de um projeto voltado principalmente à melhoria contínua da produtividade e da qualidade na fábrica em questão. Segundo (WOILER;MATHIAS,1986), projeto é “o conjunto de atividades internas e/ou externas à empresa, coletadas e processadas com o objetivo de analisar-se uma decisão de investimento”. Além disso, o que caracteriza um projeto é o fato deste possuir uma duração pré-determinada, com base em um planejamento¹⁵ inicial. Ainda segundo os mesmos autores, o projeto desenvolvido caracteriza-se como sendo de cunho micro-econômico, ou seja, com implicações internas à empresa, e de modernização.

Cronograma das atividades:

Figura 5 - Gráfico de Gantt (resumido) para o projeto



Fonte: Elaborado pelo autor

A seguir desdobraremos as atividades definidas para o projeto.

¹⁵ Segundo (WOILER;MATHIAS,1986), pode-se entender planejamento como sendo um processo de tomada de decisões interdependentes, decisões estas que procuram conduzir a empresa para uma posição futura desejada.

5.1. Definição de um time de trabalho "ad hoc"

O projeto desenvolvido neste Trabalho faz parte de um contexto maior de estudo e implementação de melhorias na fábrica, voltado principalmente para a busca de um sistema de produção "enxuto", aos moldes do Sistema de Produção Toyota. Desta forma, foi criado um time de trabalho multifuncional que se reúne periodicamente para a discussão dos temas relativos a essa implementação. Tal time possui a seguinte estrutura:

Figura 5.1 - Matriz de Responsabilidades e Autoridades

Atribuições Função	Tempos / Indicadores e Balanceamento de linha		Sistema de Materiais		Poka-Yokes/ Zero Defeito/ Operações Críticas		Treinamento e RH		Processo		Lay-Out / Eng. de Fábrica	
	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R
Engenharia de Processos		X				X		X	X	X		X
Engenharia Industrial	X	X		X		X				X		X
Operadores		X		X		X		X		X		
Engenharia de Manufatura		X		X		X				X	X	X
Qualidade		X			X	X		X				
Materiais			X	X				X				X
Supervisão de Produção	X	X		X		X	X	X		X		

 - Autor deste Trabalho
 - "Facilitador" das atividades do grupo

A - Autoridade
 R- Responsabilidade

Fonte: Elaborado pelo autor em consenso com o grupo de trabalho

5.2. Definição de estações-piloto de desenvolvimento

A definição de áreas de aplicação inicial desta metodologia de trabalho proporciona uma série de vantagens para o andamento do processo de implementação. Dentre elas destacamos¹⁶:

- Melhor compatibilização entre recursos (humanos e materiais) disponíveis e necessários para a implementação;
- Adquirir experiência para futuras implementações;
- Utilização das melhores práticas em outras áreas de forma padronizada;
- Maior envolvimento e dedicação dos envolvidos (menor dispersão);
- Menor comprometimento do andamento da produção;
- Priorizar a identificação e solução de problemas.

5.2.1. Critérios para a definição das Estações-Piloto

A determinação de critérios para a definição das estações-piloto foi realizada através de um consenso entre o time multifuncional. Pelo fato de o grupo não ter experiência com relação à essa iniciativa, os critérios são baseados na subjetividade e em dados qualitativos, sem ponderação transparente. No capítulo 6 será apresentada uma proposta de sistematização da definição de novas áreas¹⁷ de melhoria, baseada em critérios quantitativos e indicadores de produtividade.

¹⁶ Fonte: Adaptado de (OBANDO GUARDIA, 1998)

¹⁷ Sub-montagens e estações de trabalho na fábrica.

5.2.1.1. Critérios Qualitativos

1. Possibilidade de sucesso elevada, de modo que entusiasme os envolvidos para futuros projetos;
2. Processo de montagem estabilizado e capaz (conforme recomenda a QS-9000);
3. Dificuldade no abastecimento e manuseio de materiais;
4. Nível de complexidade razoável, que possibilite um aprofundamento dos estudos e ganhos em produtividade e espaço físico, dentre outros parâmetros de avaliação. Por outro lado, não poderia ser uma área muito grande ou muito problemática da fábrica, de modo que se “encalhasse” no meio da implementação, por falta de experiência anterior, prejudicando o item 1;
5. Previsão de pouca/nenhuma alteração no sistema supervisorio da fábrica, em função de dificuldades do ponto de vista de instalações, contratuais e de *software*;
6. Adequação aos padrões de ergonomia na estação de trabalho.

5.2.1.2. Critérios Quantitativos

- Número de diferentes peças na estação de trabalho;
- Número de operadores na estação de trabalho;
- Espaço físico em m² utilizado pela estação de trabalho.

Como pode-se observar, os critérios quantitativos não são indicadores adequados e/ou suficientes para este tipo de análise.

Desta forma, considerando-se os critérios apresentados, o grupo de trabalho definiu em consenso as sub-montagens “Tampa Traseira” e “Carcaça Principal” (ver figura 4.1.2.1(a)) como estações-piloto do estudo.

5.3. Metodologia de trabalho nas estações-piloto

A metodologia de trabalho foi definida através da aplicação da filosofia PDCA ao trabalho¹⁸. Desta forma, em primeiro lugar:

1. “P”: Faremos o planejamento das atividades de levantamento de dados:

Dadas as estações-piloto de desenvolvimento definidas em 5.2, a primeira atividade a ser desenvolvida é um levantamento de dados (caso disponíveis) a respeito dos citados postos de trabalho, de forma a cobrir os seguintes parâmetros:

Dados Quantitativos:

I. Estudo de Tempos:

- A. Tempos de produção divididos entre operação, movimentação, inspeção, armazenamento, espera e *setup*;
- B. Tempos de produção classificados entre tempos que agregam e que não agregam valor ao produto.

II. Levantamento de dados sobre o espaço físico:

- A. Espaço físico total em m² ocupado pelas sub-montagens;
- B. Espaço físico em m² destinado à peças refugadas;

¹⁸ Ao autor deste Trabalho de Formatura competiu preparar o referido planejamento, execução e checagem das atividades de diagnóstico referida no item 5.3 para os dados quantitativos. Parte da coleta de dados qualitativos e da atividade de tomada de ações corretivas e preventivas foi desenvolvida juntamente com o grupo de trabalho, conforme referência no texto.

- C. Espaço físico em m² destinado ao armazenamento de peças
- D. Espaço físico em m² destinado à espera de peças acabadas.

III. Levantamento de dados relevantes à ergonomia:

- A. Momentos de movimentação¹⁹ no manuseio de peças.

IV. Dados relativos à qualidade do processo de montagem:

- A. Número de erros de montagem nas operações do processo;
- B. Número de peças refugadas por problemas de montagem.

Dados Qualitativos:

Os dados qualitativos baseiam-se principalmente no levantamento de opinião dos integrantes do grupo multifuncional de trabalho, com ênfase aos diretamente envolvidos na produção, portanto com maior capacidade de levantar problemas do dia-a-dia de fábrica. Os principais dados levantados convergiram para:

I. Definição de erros de montagem e de produção potenciais:

- A. Objetivo: avaliar a viabilidade de dispositivos Poka-Yoke ou
- B. Implantar auxílios visuais e/ou mudanças no processo para evitar a ocorrência de erros.

¹⁹ Momento de movimentação é o produto da massa transportada pelo deslocamento horizontal ou vertical da mesma, dado geralmente em kg.m. No manuseio, deve atender a padrões de ergonomia.

II. Identificar problemas de abastecimento de materiais (sistema *kanban* interno);

III. Levantamento geral de sugestões de melhoria junto ao grupo.

2. “D”: Execução do planejamento de coleta de dados:

Neste item abordaremos principalmente as ferramentas e o *modus operandi* da coleta de dados, segundo o planejamento constante no item 1 do subtítulo 5.3. Desta forma, temos:

Tabela 5.3 (a) - Ferramentas utilizadas na coleta de dados

Dado a ser levantado	Ferramentas (fontes) p/ coleta
Atividades do processo de produção	• Vídeos (gravação em); • Processo documentado da empresa.
Classificação dos tempos de produção	• Vídeos (gravação em); • Cronoanálise.
Espaço físico	• Medição <i>in loco</i> de áreas;
Momentos de movimentação	• Medição <i>in loco</i> de distâncias; • Pesagem de peças.
Número de erros de montagem nas operações	• Consulta à base de dados histórica, se disponível.
Número de peças refugadas por montagem	• Consulta à base de dados histórica, se disponível;
Definição de erros de montagem potenciais	• Reuniões do grupo multifuncional;
Identificação de problemas de abastecimento	• Reuniões do grupo multifuncional;
Sugestões de melhoria	• Sistema de Sugestões da empresa; • Reuniões do grupo multifuncional.

Fonte: Elaborado pelo autor

Um aspecto fundamental para que um sistema de aprimoramento contínuo funcione adequadamente, integrando a estrutura organizacional da empresa, é o estabelecimento e incentivo da atividade formalizada de sugestões de melhoria. No caso deste Trabalho de Formatura, dado que a empresa possui um sistema oficializado de sugestões, não foi atuado no sentido de se desenvolver outro método de coleta de sugestões, por questões de cunho organizacional que fogem ao escopo do trabalho de um estagiário.

Além disso, a existência de tal sistema de sugestões em parte inviabilizava a implementação dos conceitos do CEDAC²⁰, por não podermos implantar um sistema paralelo de cartões de causas e soluções, como sugere este método.

Estaremos utilizando nos projetos-piloto sugestões do sistema formal de coleta e sugestões provenientes de reuniões do time multifuncional. Porém, na revisão do método (item 5.4) estudaremos a conveniência de utilizar outro método nas próximas implementações.

Dentre as ferramentas utilizadas, a gravação em vídeo do processo produtivo possibilitou uma grande produtividade (eficiência+eficácia) nesse estudo. Além disso, constitui-se uma ferramenta de documentação para a avaliação de melhorias obtidas. Os principais passos na execução desta atividade foram²¹:

²⁰ Desenvolvido por Ryuji Fukuda, CEDAC significa diagrama de causa-e-efeito com adição de cartões. Como o próprio nome diz, é uma variação do diagrama básico de causa-e-efeito, a diferença é que o grupo de melhorias obtém idéias também fora da sala de reuniões, através do uso de pequenos cartões. (Adaptado de PYZDEK, 1988).

²¹ Adaptado de (JUST in time, s.d.).

- a) Comunicar às pessoas envolvidas que seriam filmadas e explicar a importância da atividade;
- b) Antes da gravação em vídeo, estudar as atividades para saber os pontos e momentos-chave a serem documentados;
- c) Inserir data e hora da gravação;
- d) Testar o ritmo da gravação (real vs. gravado), para garantir as medições de tempo a serem realizadas;
- e) Gravar todo o processo nas estações-piloto N' vezes cada (ver item 3.4), para obter o nível de confiança e o erro relativo desejados para o estudo de tempos;
- f) Gravar também atividades e partes específicas do corpo do operador envolvido na tarefa, para posterior análise de métodos;
- g) Apresentar ao grupo multifuncional a gravação;
- h) Pedir para o operador narrar o que está fazendo;
- i) Pedir sugestões e informações adicionais sobre o que foi gravado.

3. "C": Checar e analisar os dados coletados:

Corresponde ao trabalho de preparação de um diagnóstico da situação atual nas áreas de melhoria. Uma dos métodos utilizados foi a preparação de diagramas de fluxo do processo, que possibilitam a visualização de todas as operações do processo e seus tempos-padrão, os caminhos percorridos, distâncias e massas movimentadas e outras características (ver anexo 02 como exemplo do diagrama de fluxo utilizado).

A atividade de análise dos dados coletados será desenvolvida em detalhes no item seguinte, 5.4.

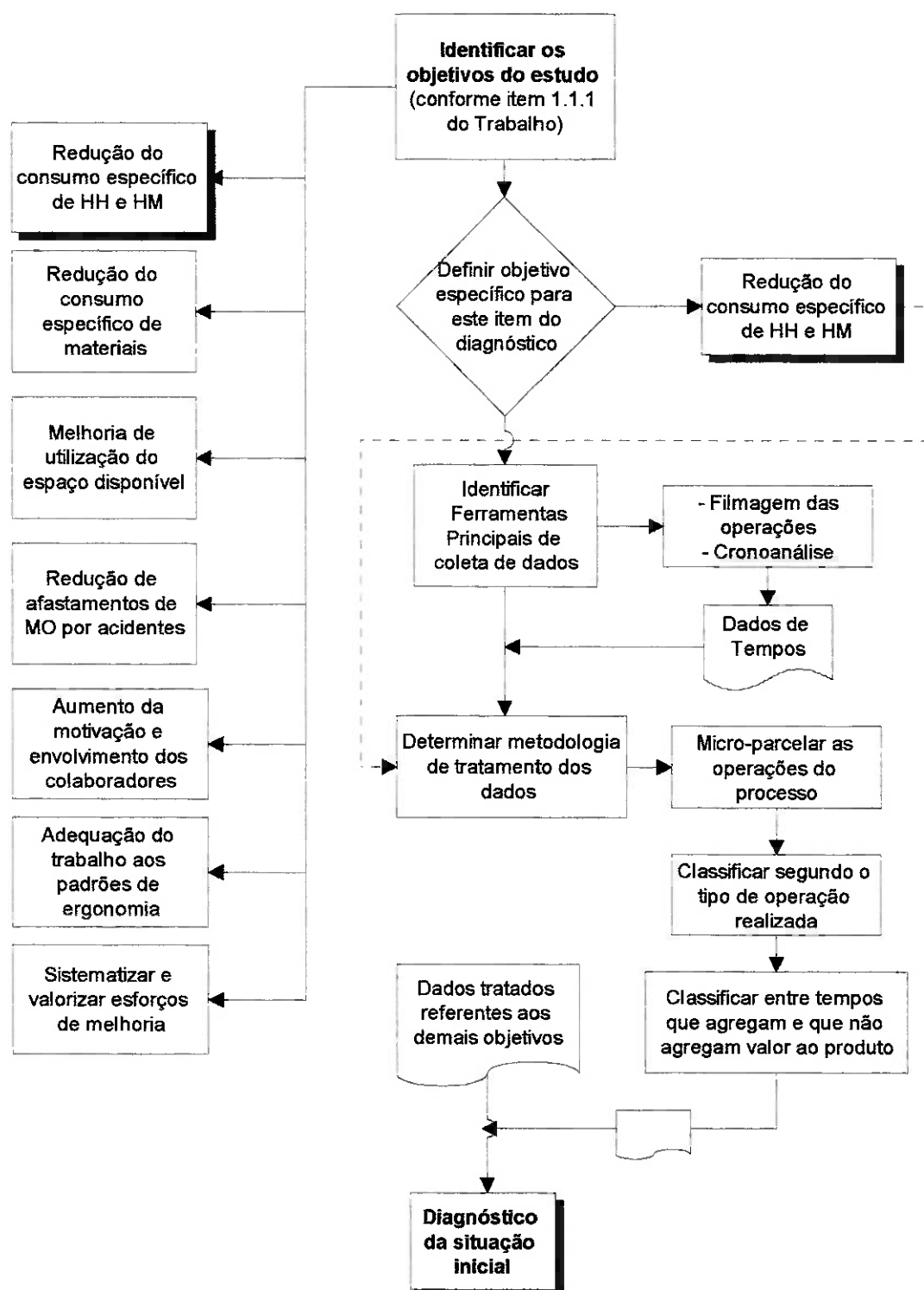
4. “A”: Propor ações preventivas e corretivas e melhorias no processo:

Após o levantamento de um diagnóstico da situação atual e das propostas de melhorias para as estações-piloto, consiste em fazer uma triagem das mudanças propostas segundo a viabilidade técnica e econômica, além da escala de prioridades definida. Será desenvolvida em detalhes nos itens 5.5 e 5.6.

A forma de coleta e tratamento de dados pertinentes a um diagnóstico inicial, como descrito em detalhes neste item (5.3), segue uma estruturação baseada nos objetivos iniciais do Trabalho de Formatura. A seguir exemplificamos, em forma de fluxograma, como um dos objetivos iniciais descrito conduzirá a maneira de coleta e tratamento de dados para o diagnóstico inicial. Agrupando-se os demais dados referentes aos demais objetivos atingimos a descrição desejada do panorama atual nas estações-piloto.

Fluxograma 5.3 (b) - Metodologia de coleta e tratamento de dados

Exemplificação para um objetivo inicial (em destaque à esquerda)



Fonte: Elaborado pelo autor

5.3.1. Estudo de Tempos e Métodos nos postos produtivos

Conforme abordado no item 3.4 - Cronoanálise, o estudo de tempos deve seguir uma abordagem estatística para a definição do número de ciclos necessário dado o nível de confiança e o erro relativo desejados. Em particular neste estudo, por desejarmos uma análise detalhada dos tempos envolvidos, optamos por usar a gravação em vídeo dos postos de trabalho como a ferramenta mais apropriada como auxílio à cronometragem.

Desta forma, o que direcionou este estudo de tempos foi principalmente a qualidade da obtenção de dados, no que tange ao detalhamento das operações produtivas, e menos um alto nível de confiança estatística das medições.

Por outro lado, a apresentação da gravação em vídeo das operações possibilitou ao grupo multifuncional identificar através de uma análise de movimentos e métodos oportunidades de melhoria nos processos.

A seguir apresentamos a metodologia de coleta e tratamento de dados de tempos.

- A. Identificar, através de um minucioso estudo de tempos, todas as atividades do processo de produção;
- B. Classificar tais atividades nas cinco etapas clássicas de um processo produtivo (operação, armazenagem, movimentação, espera e inspeção), mais uma sexta, o *setup*, desta forma desagregando os tempos de *setup* dos tempos de operação;
- C. Da classificação anterior, dividir finalmente entre tempos que agregam e que não agregam valor ao produto, segundo o ponto de vista do cliente externo.

Dentre os objetivos desta análise destacamos:

- Separar os tempos dos ciclos de montagem entre os que agregam e os que não agregam valor ao produto, para que os esforços de melhoria se concentrem, em primeiro lugar, na eliminação ou redução de HH e HM envolvidos em atividades que não agregam valor ao produto e em segundo lugar na redução de HH e HM envolvidas nas atividades que agregam, na extensão aplicável;

- Através de uma análise de Pareto, possibilitar a identificação da participação relativa entre operação, movimentação, inspeção, armazenagem, espera e *setup*, para que se concentrem esforços de redução de HH e HM nos itens críticos para a estação-piloto, na extensão aplicável;

- Possibilitar uma análise comparativa entre as estações-piloto no que tange aos critérios citados acima;

- Montar um banco de dados detalhado sobre as operações do processo de montagem e respectivos tempos de ciclo;

- Manter uma base histórica para avaliação de melhorias nas estações-piloto.

5.4. Diagnóstico da Situação Atual nas Estações-Piloto

5.4.1. Apresentação das Estações-Piloto

A seguir apresentamos descrições sucintas do processo de montagem das áreas determinadas para o início dos trabalhos.

5.4.1.1. Carcaça Principal

Figura 5.4.1.1 - Estação-Piloto “Carcaça Principal”



Fonte: Documentado pelo autor

Este posto de trabalho é responsável pela montagem da carcaça principal da transmissão, correspondente ao primeiro estágio do processo de montagem de uma transmissão automática.

O ciclo de montagem corresponde basicamente às seguintes atividades:

- Limpar as carcaças com jato de ar;
- Transportar do palete para a bancada de montagem com a talha;
- Disparar sistema supervisor de produção;

- Inspeção visual interna e externa;
- Montagem manual de adaptadores externos;
- Montagem manual de válvulas;
- Montagem manual de bujões externos;
- Montagem manual do eixo de acionamento de marchas;
- Preparar e fixar plaqueta de identificação do produto e ordem de produção;
- Transportar carcaça montada até a linha de produção com a talha;
- Acionar sistema supervisorio de produção;
- Segregar cartões do Kanban interno.

5.4.1.2. Tampa Traseira

Figura 5.4.1.2 - Estação-Piloto “Tampa Traseira”



Fonte: Documentado pelo autor

Este posto de trabalho é responsável pela preparação da tampa traseira da transmissão, etapa posterior à montagem da carcaça (ver figura 4.1.2.1(a)).

O ciclo de montagem corresponde basicamente às seguintes atividades:

- Pegar a tampa traseira e colocar na bancada (manualmente);
- Disparar sistema supervisorio de produção;
- Inspeção visual externa;
- Montagem manual do filtro do governador, arruela e bujão;
- Montagem manual do bujão da tampa e do tubo de dreno;
- Montar na prensa o rolamento, anel-trava do rolamento, retentor e guarda-pó;
- Montagem manual dos anéis de vedação e das molas do pistão;
- Montar na prensa o anel-trava do pistão;
- Testar pistão com sopro de ar;
- Mover tampa traseira até a transmissão (manualmente);
- Acionar sistema supervisorio de produção;
- Segregar cartões do Kanban interno.

Para um maior detalhamento das operações e fluxo de processo da estação-piloto “tampa traseira”, consultar o diagrama de fluxo de processo anexado a título de exemplo (ver anexo 02).

5.4.2. Dados coletados

5.4.2.1. Tempos de ciclo

Estação-piloto: Carcaça Principal

Número de micro-operações identificadas: 100

Amostras de dados : 4 (ver anexo 03)

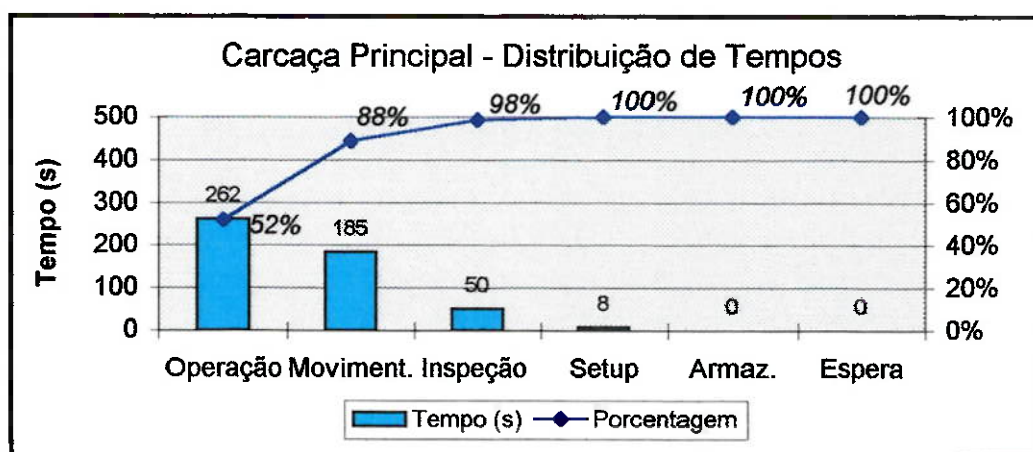
Nível de confiança estatística: 95 %

Erro relativo : 10%

Tempo normal de ciclo (sem tolerâncias): 504.5 s (8 min 24 s)

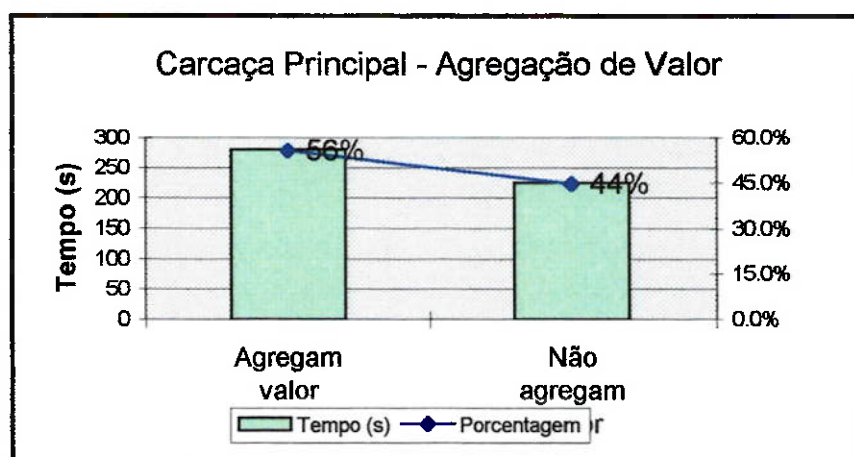
Resultado das classificações de tempos:

Gráfico 5.4.2.1 (a) - Diagrama de Pareto para a distribuição de tempos



Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 5.4.2.1 (b) - Carcaça Principal - Agregação de Valor



Fonte: Elaborado pelo autor

Estação-piloto: Tampa Traseira

Número de micro-operações identificadas: 73

Amostras de dados : 4 (ver anexo 04)

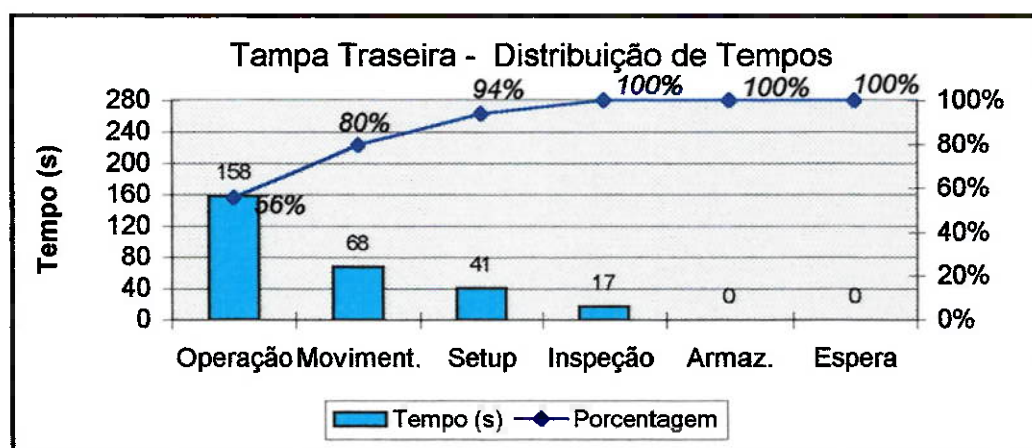
Nível de confiança estatística: 95 %

Erro relativo : 10%

Tempo normal de ciclo (sem tolerâncias): 272.9 s (4 min 33 s)

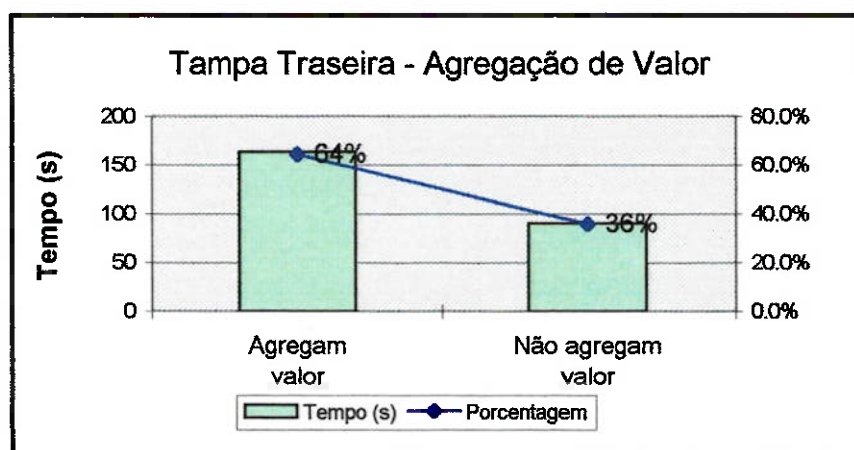
Resultado das classificações de tempos:

Gráfico 5.4.2.1 (c) - Diagrama de Pareto para a distribuição de tempos



Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 5.4.2.1 (d) - Tampa Traseira - Agregação de Valor



Fonte: Elaborado pelo autor

Fazendo uma análise comparativa entre as duas estações-piloto, em primeiro lugar constatamos que a estação-piloto “carcaça principal” possui um nível de movimentação do operador relativamente maior (36% vs. 24% do tempo de ciclo total) que a estação-piloto “tampa-traseira”. O *setup*, por sua vez, é maior nesta estação (14% vs. 2% do tempo de ciclo total), dado que existem duas prensas e várias trocas de dispositivos nesta sub-montagem. A quantidade de homens-hora despendida em inspeção é ligeiramente maior na “carcaça principal” que na “tampa traseira” (10% vs. 6% do tempo de ciclo total), pelo fato de o produto em questão demandar uma inspeção visual mais detalhada.

No aspecto global, a estação-piloto “carcaça principal” despende maior quantidade de homens-hora e horas-máquina em atividades que não agregam valor ao produto, se comparada à outra estação-piloto (44% x 36%).

5.4.2.2. Demais dados quantitativos coletados

Tabela 5.4.2.2 - Demais dados quantitativos coletados

Dados desejados	Carcaça Principal	Tampa Traseira
Espaço físico total em m ² ocupado pelas sub-montagens	16,1 m ²	25,0 m ²
Espaço físico em m ² destinado à peças refugadas	1,1 m ²	1,1 m ²
Espaço físico em m ² destinado ao armazenamento de peças	6,9 m ²	6,4 m ²
Espaço físico em m ² destinado à espera de peças acabadas	2,2 m ²	2,2 m ²
Momentos de movimentação no manuseio de peças	desprezíveis	ver anexo 02
Número de peças refugadas por problemas de montagem	histórico N/D	histórico N/D

N/D - não disponível na empresa

Fonte: Elaborado pelo autor

5.4.2.3. Dados qualitativos para melhorias

I. Definição de erros de montagem e de produção potenciais / reais:

A seguir serão apresentados problemas potenciais ou reais de montagem levantados pelo time multifuncional, para posterior levantamento de sugestões de dispositivos Poka-Yokes ou de auxílios visuais, as quais serão apresentadas em detalhe no item 5.4.5.

Estação-piloto Carcaça Principal:

- ⇒ Montagem invertida da válvula de lubrificação;
- ⇒ Danificação do retentor de óleo do eixo do detentor por montagem inadequada.

Estação-piloto Tampa Traseira:

- ⇒ Esquecimento de montagem de alguma(s) das 26 molas do pistão da tampa traseira;
- ⇒ Esquecimento de montagem do filtro do governador;
- ⇒ Montagem invertida do anel-trava do rolamento.

II. Levantamento geral de sugestões de melhoria junto ao time:

Foram aproveitadas as reuniões do time multifuncional para um levantamento de sugestões e idéias a respeito de melhorias nas estações-piloto, no tocante à qualidade, produtividade, utilização do espaço físico e ergonomia, dentre outros aspectos.

5.4.3. Mapeamento da situação atual

Como apresentado em detalhes no item anterior, procuramos traçar um panorama da situação atual nas estações-piloto. De um modo geral, são estações de trabalho que estão atendendo às expectativas de qualidade e produtividade, não exigindo ruptura. Porém, um esforço de busca de melhoria contínua é mandatório, principalmente pelo fato de tais subprocessos terem elevada importância no processo de transformação física, como exposto em 3.2.2, mas também pela exigência da norma QS-9000.

Agora faremos um resumo geral das observações de acordo com os aspectos mais relevantes aos objetivos do trabalho, encaminhando com mais foco o processo de melhoria contínua. A seguir apresentamos um quadro-resumo que tenta classificar as oportunidades de melhoria segundo os objetivos iniciais e a coleta de dados realizada.

Tabela 5.4.3 - Quadro-resumo do diagnóstico inicial

<i>Objetivos iniciais</i>	<i>Oportunidade de melhoria</i>	<i>Estações-Piloto</i>	
		<i>Carcça Principal</i>	<i>Tampa Traseira</i>
Redução do consumo específico de HH e HM na transformação e transporte de materiais	Operação	++	+
	Transporte	+++	+
	Setup	x	+
	Inspeção	+	x
	Erros de Montagem	++	++
Redução do consumo específico de materiais	Refugos e retrabalhos	+	+
Melhoria da utilização do espaço físico disponível	Ocupação volumétrica	+	+
Segurança e ergonomia	Adequação aos padrões de ergonomia	x	x

Legenda:

x - Não atuar a priori ++ - Bom potencial
+ - Razoável potencial +++ - Ótimo potencial

Fonte: Elaborado pelo autor

5.4.4. Exemplos e Avaliação das melhorias obtidas / propostas

Pela tabela 5.4.3 identificamos algumas áreas com maior potencial de resultados de melhoria dentro das estações-piloto:

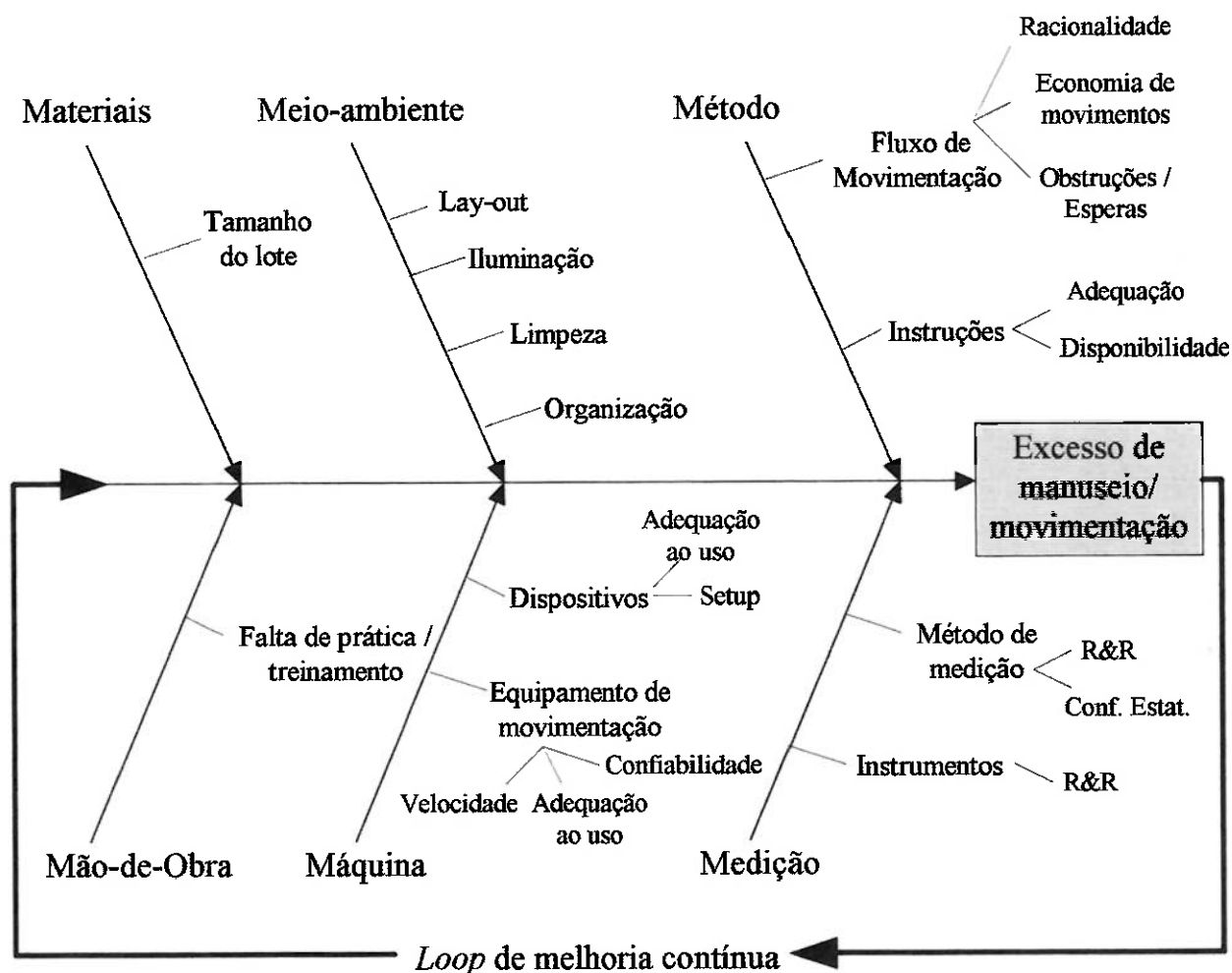
- ⇒ Redução de HH e HM em transporte na carcaça principal;
- ⇒ Redução de erros de montagem nas operações da carcaça principal e da tampa traseira.

Apesar de colocarmos uma certa prioridade nestes itens, deixou-se aberta a discussão a respeito de outras sugestões de melhorias para os demais itens da Tabela 5.4.3. A título de exemplo apresentamos no restante deste capítulo o encaminhamento de algumas das melhorias propostas, voltadas principalmente para as prioridades estabelecidas na Tabela 5.4.3.

5.4.4.1. Redução de HH e HM em transporte na carcaça principal

Para que pudéssemos entender o problema do excesso de manuseio e movimentação, não apenas neste caso isolado, mas como um todo dentro da empresa, o que fornecerá subsídios para a identificação de foco de melhorias, foi preparado, através da coleta de opiniões dos envolvidos com esta questão, o diagrama de causa-e-efeito a seguir:

Figura 5.4.4.1 (a) - Diagrama de Causa-e-Efeito para excesso de manuseio



Fonte: Elaborado pelo autor

Analizando o diagrama de causa-e-efeito proposto para o efeito “excesso de manuseio/movimentação” aplicado ao caso específico da estação-piloto Carcaça Principal, foram identificadas dentre as causas prováveis levantadas (com base no estudo de tempos e métodos realizado), as seguintes causas como as mais atuantes neste caso:

- Equipamento de movimentação e dispositivos;
- Organização do posto de trabalho.

1ª. Causa Potencial: Equipamento de movimentação e dispositivos:

Com relação à primeira causa potencial levantada, deve-se basicamente à adequação ao uso e à velocidade do atual sistema de movimentação (talha), utilizado para o transporte da maior peça na estação, como explicado em 4.1.2.3. Por ser um equipamento super-dimensionado para esta aplicação (possui capacidade de 300 kgf e o peso da maior peça é 25 kgf), torna-se lento e inadequado.

Uma solução para esta questão²² seria a substituição do atual sistema por um sistema mais leve e ágil, composto por um balancim suportado por uma estrutura de braço giratório. A seguir apresentamos uma estimativa da redução do tempo de ciclo da estação de trabalho em questão.

Tabela 5.4.4.1 (b) - Estimativa de redução de HH e HM com melhoria

Operações afetadas pela mudança	Tempo Normal (s)	Redução Estimada (%)	Tempo Reduzido (s)
Mover carcaça até a bancada	32.76	60	19.66
Mover-se até a talha	3.60	20	0.72
Movimentação da talha até a carcaça	7.43	60	4.46
Movimentação da bancada até o car	3.28	60	1.97
Movimentação da bancada até o car	18.15	60	10.89
Posicionar carcaça com talha	9.94	50	4.97
Voltar talha para estação	13.34	60	8.00
Tempo Normal (s):	504.54		50.67
Redução:	10.0%		

Fonte: Elaborado pelo autor

Responsáveis: Engenharia de Manufatura, Empresa de projeto de ferramental, Compras, Manutenção.

²² Sugerida pelo autor.

Prazo: 3 meses (em projeto)

Investimento (est.): R\$ 4000

Análise de engenharia econômica:

Carência entre o pagamento e a utilização do equipamento: 2 meses;

Produção em unidades / dia: 27 (considerada constante para simplificação dos cálculos) ;

Tempo de ciclo reduzido por unidade (incluindo tolerâncias =12%): 57 s

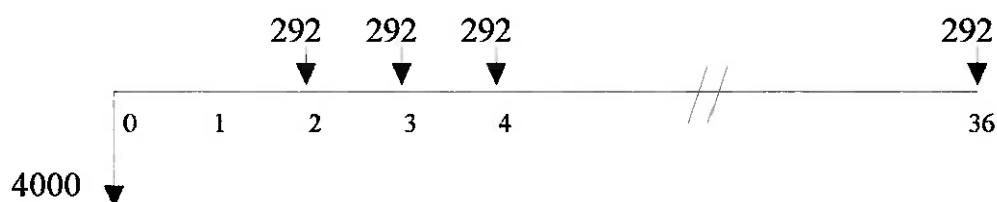
Redução de HH e HM / mês (21 dias): 8.98 h

Valor HH (incluindo benefícios): R\$ 7,50

Valor HM (máquina intermediária²³): R\$ 25,00

Considerando um horizonte de investimento de 36 meses efetivada a aquisição, sem valor residual, temos uma TIR de 6,5%, que é satisfatória para a empresa dado o seu custo de oportunidade.

Figura 5.4.4.1 (c) - Fluxo de caixa de um investimento em melhoria



Fonte: Elaborado pelo autor

²³ Por sugestão do Prof. Floriano do Amaral Gurgel - EPUSP na disciplina PRO-137.

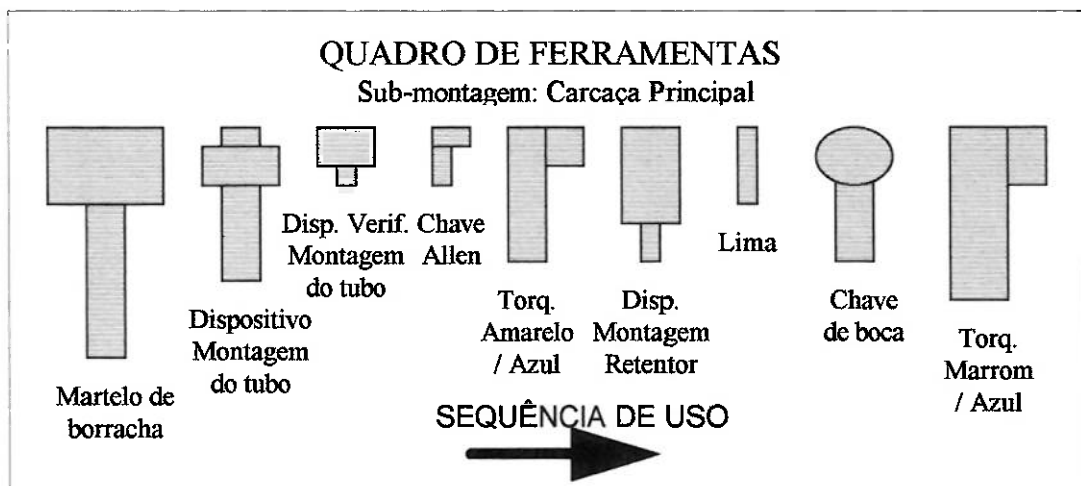
2ª. Causa Potencial: Organização do posto de trabalho

A organização e a disciplina no local de trabalho, segundo a filosofia dos 5 S's, é um fator importante para o aprimoramento da produtividade e da qualidade do trabalho realizado. Para a prioridade levantada na Tabela 5.4.3, reduzir o consumo específico de HH e HM nas operações e no transporte, foi identificado como importante o estabelecimento de um novo sistema de organização e exposição das ferramentas, que proporcione o controle visual das mesmas por qualquer operador. Deste modo, caso esteja faltando alguma ferramenta ou ela estiver em condições inadequadas de uso, qualquer operador poderá tomar as devidas providências. Objetiva-se com esta melhoria:

- reduzir perda de tempo devido à procura de ferramentas;
- que o operador possa identificar antes do início de cada ciclo de produção a falta ou inadequação de uma ferramenta;
- reduzir perda de tempo devido a reparo de ferramentas ou requisitando outra à supervisão, durante o ciclo de produção.

Atualmente utiliza-se um carrinho de ferramentas, sem ordenação das ferramentas, posicionado à margem do posto de trabalho. O operador tem que abaixar para pegar ferramentas posicionadas a 30 cm do chão, o que pode vir prejudicar a sua saúde. A solução para este problema, assim como para a maioria dos problemas de *kaizen*, é simples. A idéia aqui é montar um quadro que ordene as ferramentas de acordo com a sequência de utilização, definida no processo documentado da empresa, de forma que cada posição no quadro seja exclusiva, pela forma, de uma ferramenta. O quadro deve ser montado na vertical e pode ser colocado mais próximo à operação. Em caso de utilização da mesma ferramenta em mais de uma operação, considera-se a sua primeira utilização para posicionamento no quadro. Tal método pode ser aplicado nas demais sub-montagens da empresa.

Figura 5.4.4.1 (d) - Diagrama esquemático de quadro de ferramentas proposto



sem escala

Fonte: Elaborado pelo autor

Responsáveis: Engenharia de Manufatura, Compras, Manutenção.

Prazo: 2 meses (em projeto)

5.4.5. Problemas de qualidade potenciais e reais

A seguir apresentamos o encaminhamento dos problemas levantados no item 5.4.2.3.

Estação-piloto Carcaça Principal:

⇒ Montagem invertida da válvula de lubrificação:

Ocorrência: Erro com boa probabilidade de ocorrer, pois a geometria da peça (espécie de arruela côncava com posição pré-determinada de montagem) dificulta a identificação da ocorrência do erro de montagem.

Situação atual: Atualmente depende da atenção do operador, apesar de estar documentado no processo da empresa. Auxílio visual não disponível.

Custos da não-qualidade envolvidos: Quando o erro é detectado na empresa, HH de retrabalho do produto, além de HH e HM de novo teste do produto acabado. No campo, possibilidade de acionamento da garantia por problema no fluxo de lubrificação da transmissão.

Ações de melhoria sugeridas²⁴:

- Dispositivo de inspeção da profundidade de montagem, que identifique a concavidade da válvula depois de montada. Impossibilidade de projetar um *Poka-Yoke* que elimine a montagem errada (Escolhida pelo grupo);

²⁴ Sugestões do autor com a colaboração de integrantes do time multifuncional.

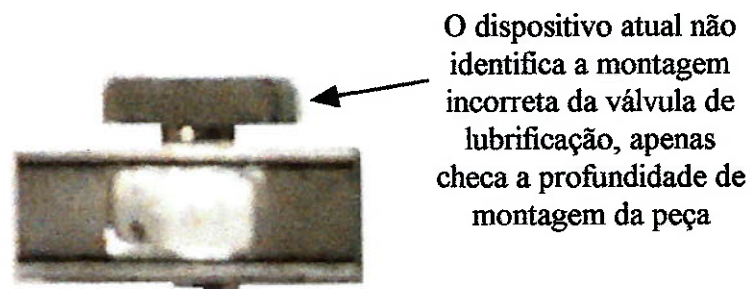
- Pintar uma das faces da válvula e utilizar auxílio visual (Rejeitada pelo grupo por questões de custo e por possível contaminação do óleo da transmissão com a tinta a ser utilizada).

Responsáveis: Engenharia de Manufatura (representada pelo autor), empresa de projeto de ferramental, Compras.

Prazo: 2 meses (em implantação)

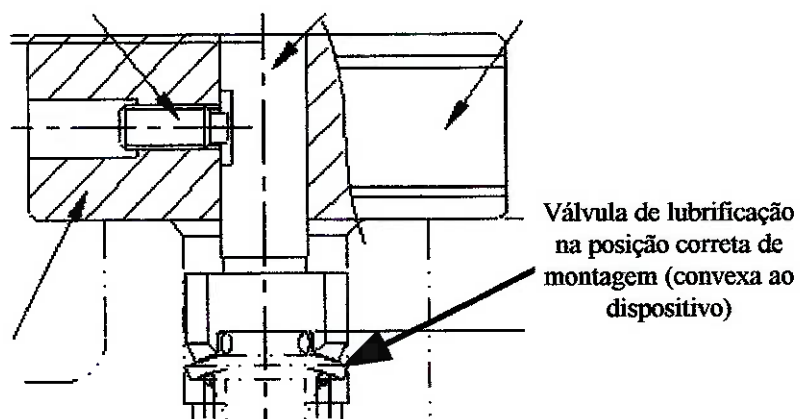
Investimento (est.): R\$ 1200 (R\$ 500 de projeto e R\$ 700 de execução)

Figura 5.4.4.2 (a) - Dispositivo de inspeção anterior



Fonte: Documentado pelo autor

Figura 5.4.4.2 (b) - Dispositivo proposto para o problema



Fonte: Extraído de documento da empresa (projeto terceirizado)

⇒ Danificação do retentor de óleo do eixo do detentor por montagem inadequada:

Ocorrência: Problema imperceptível após a montagem, gera problemas de vazamento de óleo da transmissão nos clientes OEM. Estatística imprecisa.

Situação atual: Montado com punção curto, não oferece guia suficiente para a montagem perpendicular ao furo da carcaça, o que gera cortes e danificações no retentor e provável vazamento de óleo.

Custos da não-qualidade envolvidos: Reprovação por vazamento em clientes externos (OEM's), prejuízo do índice de qualidade de fornecimento (PPM), deterioração na imagem de qualidade do produto e da empresa, HH de retrabalho no cliente.

*Ações de melhoria sugeridas*²⁵: Dispositivo *Poka-Yoke* de montagem que elimine a possibilidade de montagem oblíqua ao furo.

Responsável: Engenharia de Manufatura (representada pelo autor).

Prazo: 2 semanas (implantado)

Investimento: R\$ 150 (execução)

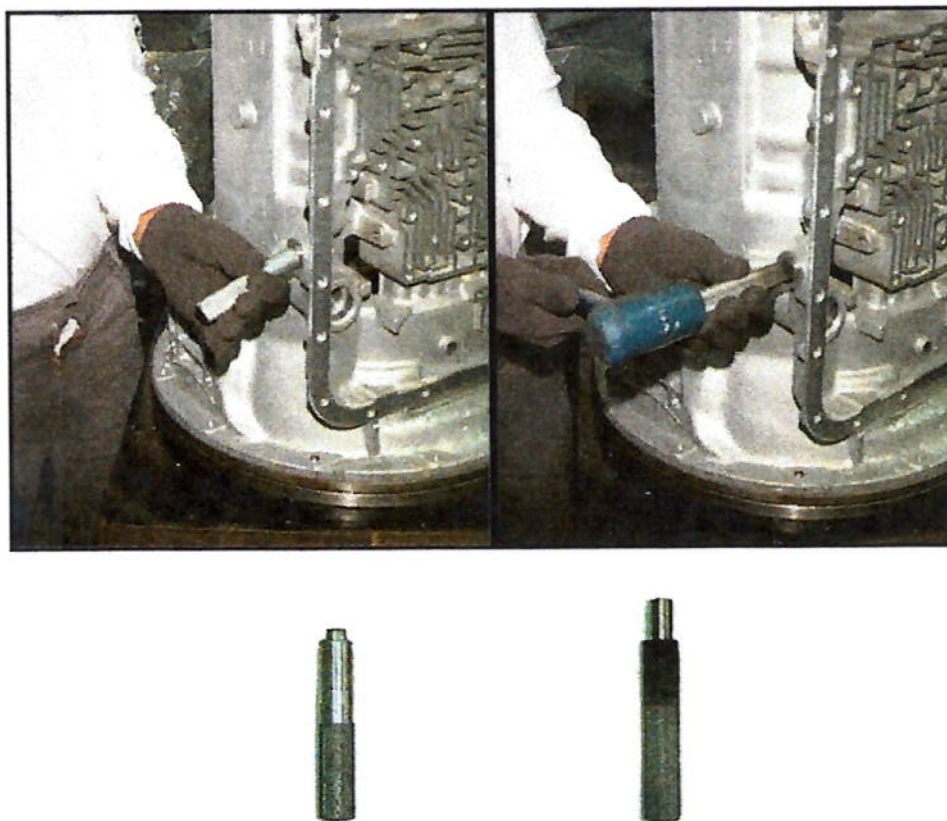
A seguir apresentamos a situação anterior e após a alteração no dispositivo de montagem, enfatizando a inviabilização da montagem oblíqua ao furo, evitando assim os problemas levantados.

²⁵ Sugestão advinda de reunião do time multifuncional.

Figura 5.4.4.2 (c) - Montagem do retentor de óleo do eixo do detentor

ANTES

DEPOIS



Fonte: Documentado pelo autor

Estação-piloto Tampa Traseira:

⇒ Esquecimento de montagem de alguma(s) das 26 molas do pistão da tampa traseira:

Ocorrência: Pouco provável de ser detectado no teste final do produto acabado, este erro já foi detectado em outra sub-montagem. Pouco impacto no desempenho funcional do produto.

Situação atual: Atualmente depende da atenção do operador, apesar de estar documentado no processo da empresa. Auxílio visual não disponível.

Custos da não-qualidade envolvidos: Prejuízo da imagem do produto junto aos distribuidores no ato da manutenção.

*Ações de melhoria sugeridas*²⁶:

- Dispositivo *Poka-Yoke* dotado de sensores fotoelétricos;
- Auxílio visual (escolhida pelo grupo).

Responsável: Engenharia de Manufatura

Prazo: 1 mês (em implantação)

Investimento: -

⇒ Esquecimento de montagem do filtro do governador:

Ocorrência: Chances razoáveis de ocorrência e chances menores de chegada do problema no cliente final (teste final do produto acabado geralmente sinaliza o problema).

Situação atual: Atualmente depende da memória do operador, apesar de estar documentado no processo da empresa. Auxílio visual não disponível.

Custos da não-qualidade envolvidos: Quando detectado internamente, envolve HH de retrabalho e HH e HM de novo teste do produto acabado. Quando chega no cliente final, envolve custos de acionamento de garantia.

*Ações de melhoria sugeridas*²⁷: Dispositivo *Poka-Yoke*. Através de um sensor fotoelétrico conjugado ao funcionamento da prensa, corta-se o funcionamento desta se a peça não tiver sido corretamente montada.

²⁶ Sugestão advinda de reunião do time multifuncional.

²⁷ Sugestão do autor com a colaboração de integrantes do time multifuncional..

Responsáveis: Engenharia de Manufatura (representada pelo autor), empresa de projeto de ferramental, Compras, Manutenção.

Prazo: 3 meses (projeto em andamento)

Investimento (est.): R\$ 3500 (R\$ 1000 de projeto e R\$ 2500 de execução)

⇒ Montagem invertida do anel-trava do rolamento:

Ocorrência: Montagem errada ligeiramente mais difícil que a correta.

Situação atual: Atualmente depende da atenção do operador na geometria da peça (chanfrada numa das superfícies), apesar de estar documentado no processo da empresa. Auxílio visual não disponível.

Custos da não-qualidade envolvidos: Nenhum impacto no desempenho funcional do produto. HH em retrabalho desprezíveis.

Ações de melhoria sugeridas: Auxílio visual.

Responsável: Engenharia de Manufatura.

Prazo: 1 mês (em implantação)

Investimento : -

CAPÍTULO 6
SISTEMÁTICA DE REVISÃO PERIÓDICA

6. Sistemática de revisão periódica dos projetos de melhoria

Na primeira etapa deste Trabalho de Formatura, apresentamos uma metodologia para identificação de oportunidades de melhoria contínua nas sub-montagens da empresa. Foram definidas duas sub-montagens como estações-piloto para o desenvolvimento deste estudo, baseado nos critérios apresentados no item 5.2.1. Tais critérios, apesar de serem adequados para a escolha de uma área inicial, baseiam-se principalmente em critérios qualitativos, portanto sujeitos a arbitrariedades e erros de julgamento oriundos da avaliação do time de trabalho.

Nesta etapa teremos dois objetivos principais:

1. Estabelecer prioridades dentre as estações de trabalho para disparar novos projetos de melhoria;
2. Definir critérios quantitativos mais apropriados para o diagnóstico da situação na fábrica, assim como um sistema de informações que viabilize a coleta de dados pertinentes, o seu tratamento e divulgação aos setores envolvidos.

Desta forma, a filosofia do Kaizen poderá ser melhor aplicada na empresa, unindo os esforços no chão de fábrica dos operadores com um sistema de acompanhamento da produtividade pela área de planejamento, praticamente inexistente e não formalizado antes deste estudo, o que manterá o ciclo PDCA girando.

6.1. Sistema de Informações

6.1.1. Indicadores de Produtividade

A definição de uma rede de indicadores de produtividade é algo complexo, que começa com a definição da missão da empresa e dos seus fatores críticos de sucesso, ou através da definição de uma Cadeia de Valor. Dentro do escopo deste Trabalho de Formatura, estaremos projetando uma pequena rede de indicadores e um sistema de informações que atendam à objetivos mais específicos.

A proposta aqui é definir um sistema de priorização de novos projetos através do uso de indicadores de produtividade, que atenda à seguinte exigência:

Forneça suporte à decisão de priorização de novos estudos de melhoria em determinadas sub-montagens da fábrica, através da diferenciação entre os estados das mesmas em um dado momento.

Desta forma, partindo da revisão bibliográfica feita no item 3.3.1, na qual foi desagregada a mão-de-obra e materiais em indicadores parciais, é conveniente eliminar da análise de indicadores a seguir as parcelas comuns às diversas sub-montagens, devido ao fato de tal informação não ser necessária para atender a exigência 1 acima.

Posto isso, na figura 3.3.1 (a), R (HH pagos) e D (HH disponíveis) são comuns aos postos de trabalho, considerando que não há diferença significativa no absenteísmo e na carga de treinamento e de empréstimos a outras áreas, o que é uma hipótese razoável. Desta forma, precisamos identificar apenas O* (HH não-trabalhados) e P* (HH não-produtivos).

Assim sendo, dos indicadores parciais de produtividade da MO apresentados no item 3.3.1, os seguintes já seriam suficientes para o nosso propósito:

$$\frac{O}{D} = \text{Porcentagem de tempo trabalhado};$$

$$\frac{P}{O} = \text{Porcentagem de tempo produtivo};$$

Sendo:

D - HH disponíveis (comum aos postos de trabalho por hipótese) ;

O - HH trabalhados;

P - HH produtivos;

Do ponto de vista do consumo específico de materiais, como apresentado na figura 3.3.1 (b), não estaremos utilizando da parcela G (gasto de material) pelo fato de a sua primeira decomposição (B- material com qualidade aceitável e B* material com qualidade não-aceitável) representar basicamente problemas de qualidade no fornecimento de peças, que não estão sendo abordados nesta oportunidade. Desta forma, precisamos identificar apenas F* (material não aproveitado).

Assim sendo, dos indicadores parciais de produtividade de materiais apresentados no item 3.3.1, já seria suficiente para o nosso propósito o seguinte:

$$\frac{F}{B} = \text{Porcentagem de material aproveitado};$$

Sendo:

B- material com qualidade aceitável;

F- material aproveitado;

6.1.2. Outros Critérios de acionamento de novos projetos

Além dos indicadores de produtividade mencionados, que atenderão os nossos objetivos do ponto de vista de utilização da mão-de-obra e de materiais, convém cobrir mais dois aspectos, que são a utilização do espaço físico e a segurança/condições de trabalho, o que completa os objetivos citados em 1.1.1.1. Convém ainda ressaltar que buscamos um diferencial no valor ponderado dos indicadores definidos para este estudo.

Procuramos definir indicadores que atendam aos conceitos básicos inerentes, como definido em 3.3.1.

6.1.2.1. Utilização do espaço físico

$$\text{Esp} = \frac{\text{espaço utilizado por bancadas e equipamentos}(m^2)}{\text{espaço total da estação}(m^2)}$$

6.1.2.2. Segurança / ergonomia

$$\text{Seg} = \frac{\text{afastamentos e dispensas médicas por posto de trabalho / ano}}{\text{afastamentos e dispensas médicas total da MO direta / ano}}$$

6.1.3. Obtenção dos dados

Para que o sistema proposto possa rodar e fornecer suporte à decisão de implantação de novos projetos, é necessário que seja estabelecido um sistema de apontamento que identifique as parcelas do consumo de HH e materiais desejadas. Segundo (SANTORO,1995), a importância de um sistema de apontamento é que ele fornece informações do estado de um sistema e do que foi realizado em um determinado período, auxiliando o planejamento e o controle.

Temos basicamente duas opções:

- rever e reprojetar o sistema de apontamentos atual;
- criar um novo sistema ajustado aos objetivos específicos deste.

Optamos pela segunda opção, pois desta forma podemos ajustar melhor as necessidades do sistema de apontamento aos indicadores de produtividade a serem obtidos.

Precisamos identificar as seguintes parcelas da mão-de-obra e materiais utilizados:

D - HH disponíveis:

A diferença entre D e R (homens-hora pagos) é devida principalmente à:

- componentes da lei trabalhista vigente: férias, DSR, almoço;
- componentes internos à empresa: treinamento, dispensas médicas, empréstimos a outras áreas.

O - HH trabalhados:

A diferença entre O e D (HH disponíveis) é devida principalmente à:

- falta de ordem de produção, devido à falta de insumos produtivos, falha na comunicação interdepartamental ou devido à decisão de ajuste da oferta à procura do PPCPE;

- tolerâncias (fadiga, necessidades pessoais e espera) da MO;
- tempos ociosos da MO;
- redução de velocidade etc.

P - HH produtivos:

A diferença entre P e O (HH trabalhados) é devida principalmente à:

- má qualidade de produção;
- refugos, retrabalhos e reparos.

B- material com qualidade aceitável:

A diferença entre B e G (material gasto) é devida principalmente à:

- materiais que não atendem às especificações de qualidade.

F- material aproveitado:

A diferença entre F e B é devida principalmente à:

- refugos e desperdícios.

Tabela 6.1.3 (a) - Métodos de determinação dos componentes da improdutividade

Parcela da MO ou de materiais	Componente	Método de determinação	OBS.
O* - HH não-trabalhados	falta de ordem de produção	= (capacidade de produção - produção realizada) * (tempo padrão da sub-montagem)	1
	tolerâncias (fadiga, necessidades pessoais e espera) da MO	Retirado do balanceamento da linha de produção	2
	tempos ociosos da MO	Retirado do balanceamento da linha de produção	2
	redução de velocidade	= (produção planejada - produção realizada) _i * (tempo padrão da sub-montagem)	3
P* - HH não-produtivos	má qualidade de produção	controle de retrabalho, reparo e refugo (CRRR)	4
	retrabalhos e reparos	controle de retrabalho, reparo e refugo (CRRR)	4
F* - material não- aproveitado	refugos e desperdícios	controle de retrabalho, reparo e refugo (CRRR)	4

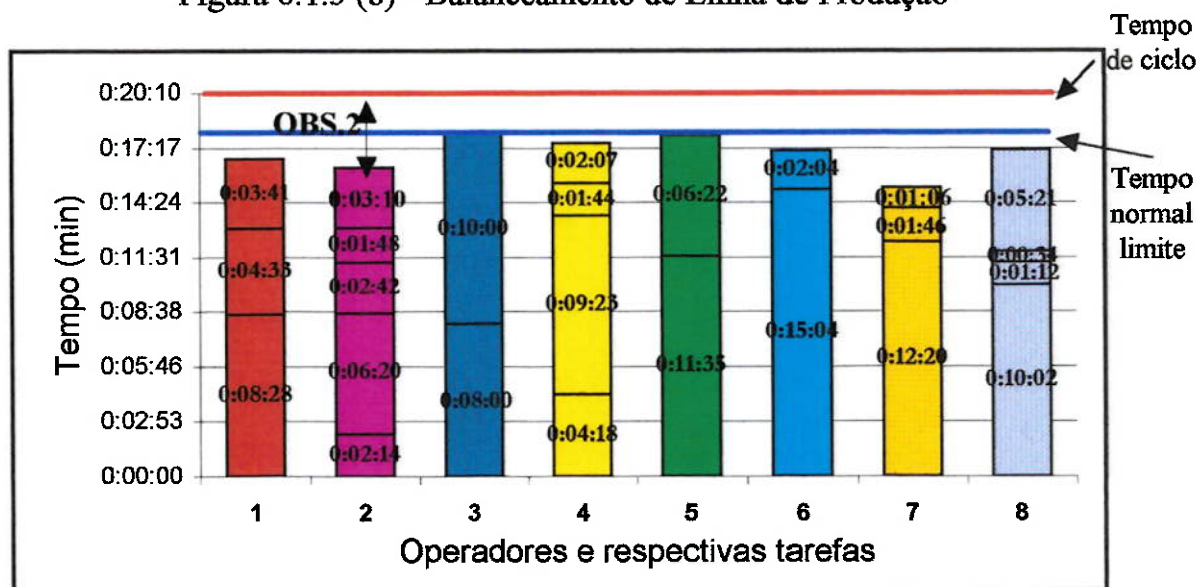
Fonte: Elaborado pelo autor

Observações:

1- A capacidade de produção em um turno normal (540 minutos disponíveis / turno) está fixada em 27 unidades, o que corresponde a um tempo de ciclo de 20 minutos por operador. A produção realizada em determinado turno é registrada diariamente através de um controle chamado “Controle de Transmissões Produzidas (CTP)”. Os tempos-padrão das sub-montagens estão disponíveis com a Engenharia Industrial da empresa.

2- O balanceamento da linha de produção foi realizado pelo autor com a colaboração do grupo de trabalho. Trata-se de um balanceamento não-otimizante, concebido através da metodologia gráfica da NUMMI²⁸. Cada barra vertical representa um operador, sendo as subdivisões correspondentes às principais tarefas a ele designadas. Estão considerados neste diagrama os tempos normais das operações, portanto as tolerâncias de fadiga, necessidades pessoais e de espera não estão representadas. Desta forma, as tolerâncias e os tempos ociosos da MO correspondem à diferença entre o tempo normal total por operador e o tempo de ciclo estabelecido (20 minutos), como mostrado na figura 6.1.3 (b). Tratam-se de dados constantes, enquanto não forem recalculados os tempos normais da operação ou enquanto não for mudado o balanceamento.

Figura 6.1.3 (b) - Balanceamento de Linha de Produção



Fonte: Elaborado pelo autor

²⁸ A NUMMI é uma joint-venture formada pela GM e pela Toyota para produção de veículos em Fremont, Califórnia. É *benchmark* no setor automotivo em muitos aspectos de produtividade e qualidade.

3- Ao contrário da observação 1, para a determinação da quantidade de tempo disponível despendida em reduções de velocidade faz-se necessário comparar a produção planejada em determinado horizonte (semana, mês), disponível com a área de PPCPE da empresa com a produção executada no mesmo período, vezes os tempos-padrão respectivos.

4- Dado que tais informações não estão disponíveis devidamente registradas atualmente, foi desenvolvida uma ficha de apontamento para a coleta de tais dados, a ser utilizada principalmente na área de retrabalho da empresa. Tal apontamento permite a identificação da origem e da causa do problema, recursos utilizados e resultado do retrabalho/reparo, permitindo rastrear os componentes de improdutividade P^* e F^* entre as sub-montagens. Em um segundo estágio de implantação, há a possibilidade de informatizar tal levantamento, utilizando-se de leitores de código de barra, por exemplo, porém o conceito será o mesmo utilizado agora (ver anexo 05).

Caso o problema com a(s) peça(s) seja(m) identificado(s) na própria sub-montagem geradora ou na linha, o procedimento a ser utilizado é segregar a(s) peça(s), identificado-a(s) com a etiqueta atual de material suspeito e comunicar o fato à área de retrabalho, a qual compete realizar o retrabalho/reparo. Caso o problema seja identificado durante ou após o teste final, com consequente reprovação do produto, deve-se proceder da mesma forma.

6.1.4. Tratamento das informações

No item anterior definimos quais são os parâmetros relevantes para a busca da diferenciação entre os postos de trabalho, as informações necessárias para a atenção dos nossos objetivos e a maneira de obtermos tais informações.

Agora estaremos apresentando, em forma esquemática, como é o fluxo de informações e como é feita a composição dos indicadores.

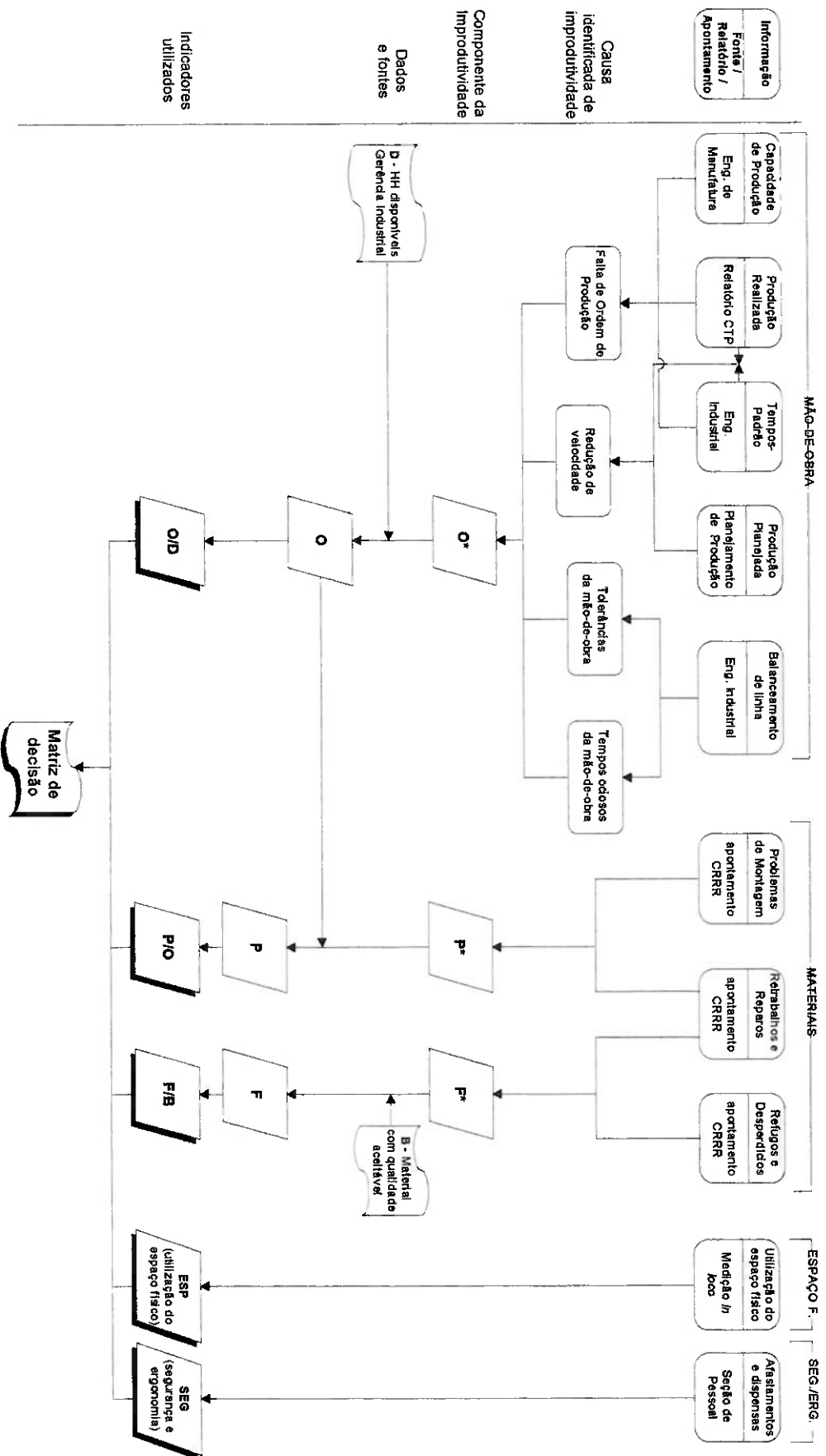
Identificamos no fluxograma a seguir (Figura 6.1.4) os principais *inputs* e as fontes de obtenção destes, preexistentes ou criadas para este estudo. Os *inputs* foram separados de acordo com os quatro objetivos iniciais básicos deste Trabalho de Formatura, segundo a divisão entre mão-de-obra, materiais, utilização do espaço físico e segurança/ergonomia.

Seguindo o raciocínio da Tabela 6.1.3 (a), a qual define os métodos de determinação dos componentes da improdutividade desejados (O^* , P^* , F^*), apresentamos na linha “causa identificada de improdutividade” quais *inputs* são conjugados para a definição das quatro causas de improdutividade aplicáveis. Da mesma forma identificamos O^* , P^* e F^* . Para o cálculo dos indicadores O/D , P/O , F/B , ESP e SEG necessitamos de mais alguns dados, os quais estão apresentados em seguida no fluxograma.

O objetivo básico deste capítulo, definido em 6.1.1, será atendido através de uma matriz de ponderação dos indicadores definidos, segundo a relevância relativa de cada indicador para a empresa na época deste trabalho. O método utilizado na concepção dessa matriz de decisão (ver figura 6.1.4-b), no que tange às frequências de coleta de dados e à definição de pesos relativos, será apresentado logo após a mesma.

É importante frisar que este sistema proposto poderá ser utilizado a partir do segundo projeto de melhoria (após o projeto-piloto definido neste trabalho), pois deve ser realizada primeiro a implantação dos sistemas de apontamentos propostos, que devem fornecer uma base de dados de 2 meses.

Figura 6.1.4 (a) - Fluxo de informações e composição de indicadores



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 6.1.4 (b) - Matriz de decisão de priorização de novos projetos

Matriz de decisão de priorização de novos projetos de melhoria Elaborada em: / / Participantes: _____									
Postos de trabalho / sub-montagens (exemplos)									
Objetivo	Indicador	Direção de melhoria	Peso decisório (1-5)	Trem de Engren.		Suporte Central		Embr. de 4ª. e Av.	
				Valor atual	Valor ponderado	Valor atual	Valor ponderado	Valor atual	Valor ponderado
Transf. e Transporte	O/D	▲	5	0.73	3.65	0.85	4.25	0.67	3.35
	P/O	▲	3	0.85	2.55	0.90	2.70	0.85	2.55
Materiais	F/B	▲	3	0.90	2.70	0.92	2.76	0.87	2.61
Espaço	ESP	▲	4	0.71	2.84	0.60	2.40	0.67	2.68
Seg./Erg.	SEG	▼	-3	0.15	-0.45	0.21	-0.63	0.10	-0.30
Total:				11.29		11.48		10.89	

OBS.: Dados hipotéticos para efeito de exemplificação

Fonte: Elaborado pelo autor

Prioridade hipotética para o próximo projeto

OBS.: Dados hipotéticos para efeito de exemplificação

Fonte: Elaborado pelo autor

Prioridade hipotética para o próximo projeto

6.1.4.1. Frequência de coleta de dados

Para que o sistema possa rodar e atender ao objetivo previsto é necessário que se estabeleçam as frequências de coleta dos dados apresentados na figura 6.1.4 (a) e na tabela 6.1.4 (b).

Tabela 6.1.4.1 - Frequência de coleta de dados

Informação	Fonte/Relatório /Apontamento	Frequência de coleta	Histórico a considerar	Responsabilidade de coleta
Capacidade de produção	Eng. de Manufatura	Na confecção de uma matriz de decisão ou em caso de alteração	últimos 2 meses (em caso de alteração no período)	Integrantes do grupo multifuncional
Produção realizada	Relatório CTP	diária	últimos 2 meses	PPCPE
Tempos-padrão	Eng. Industrial	Na confecção de uma matriz de decisão ou em caso de alteração	últimos 2 meses (em caso de alteração no período)	Eng. Industrial
Produção planejada	PPCPE	diária	últimos 2 meses	PPCPE
Balanceamento de linha	Eng. Industrial	Na confecção de uma matriz de decisão ou em caso de alteração	últimos 2 meses (em caso de alteração no período)	Eng. Industrial
Problemas de montagem	apontamento CRRR	semanal	últimos 2 meses	Área de retrabalho
Retrabalhos e reparos	apontamento CRRR	semanal	últimos 2 meses	Área de retrabalho

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 6.1.4.1 - Frequência de coleta de dados (cont.)

Informação	Fonte/Relatório /Apontamento	Frequência de coleta	Histórico a considerar	Responsabilidade de coleta
Refugos e desperdícios	apontamento CRRR	semanal	últimos 2 meses	Área de retrabalho
Dados de espaço físico	Coleta <i>in loco</i>	Na confecção de uma matriz de decisão ou em caso de alteração	últimos 2 meses (em caso de alteração no período)	Integrantes do grupo multifuncional
Afastamentos e dispensas médicas	Seção de pessoal	Na confecção de uma matriz de decisão	último ano	Integrantes do grupo multifuncional
D - HH disponíveis	Gerência Industrial	Na confecção de uma matriz de decisão	N/A	Integrantes do grupo multifuncional

Fonte: Elaborado pelo autor

6.1.4.2. Definição dos pesos da matriz de decisão

A definição dos pesos relativos de cada um dos cinco indicadores definidos deve ser revista a cada confecção da matriz de decisão de priorização, ou seja, sempre que for iniciada a discussão a respeito de um novo projeto de aprimoramento contínuo numa estação de trabalho. Tal revisão deve ser realizada pelo time multifuncional, ao qual compete, através do estabelecimento de um fórum de especialistas, mensurar a importância relativa dos aspectos cobertos pelos indicadores.

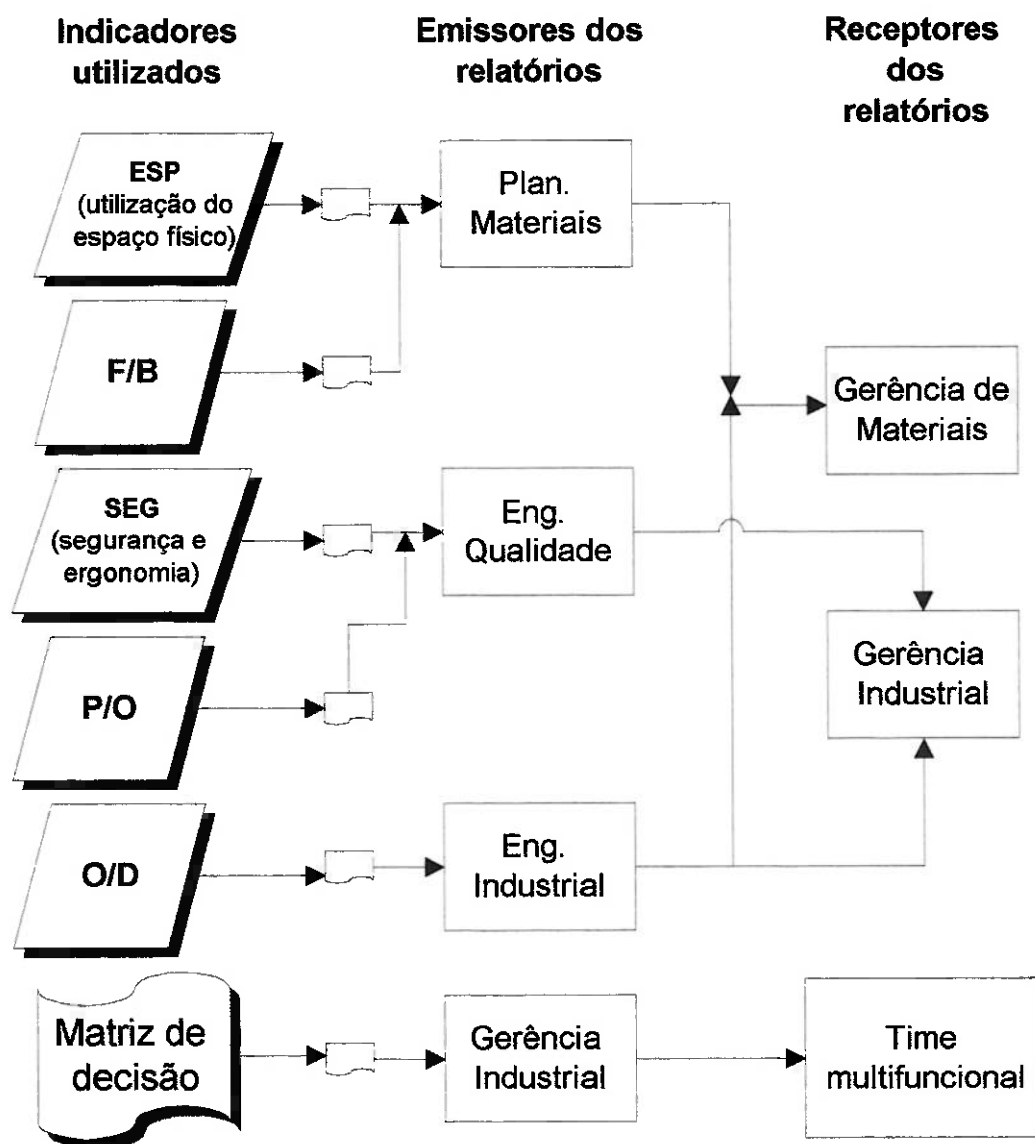
Na figura 6.1.4 (b) foram apresentados pesos relativos que foram definidos através do método descrito acima, referentes à situação posterior ao término do primeiro projeto.

Desta forma, foram considerados mais importantes para atuação os componentes de improdutividade detectados pelo indicador O/D, que são principalmente a falta de ordem de produção, tempos ociosos e tolerâncias da mão-de-obra e redução de velocidade.

6.1.5. Relatórios

É fundamental que a informação certa esteja com a(s) pessoa(s) certa(s) na hora certa. Trata-se de um conceito vital para a criação de um sistema de informações adequado. Neste caso, teremos basicamente seis tipos de relatórios, que são os relatórios com os valores históricos dos cinco indicadores, individualizados para cada sub-montagem, direcionados aos envolvidos com poder de decisão e o relatório com a matriz de decisão. Por não possuímos dados históricos a respeito de tais indicadores, pelo fato de serem componentes de um sistema de informação em implantação, não nos ateremos a exemplificar tais relatórios. A frequência de distribuição depende da frequência de coleta especificada na tabela 6.1.4.1. A seguir, na figura 6.1.5, representamos esquematicamente os emissores e receptores dos referidos relatórios de controle de desempenho.

Figura 6.1.5 - Emissores e receptores no fluxo de relatórios



Fonte: Elaborado pelo autor

CAPÍTULO 7
CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS FINAIS

7. Conclusões e Comentários Finais

7.1. Considerações Iniciais

Neste capítulo estaremos sintetizando os principais benefícios e méritos gerais do trabalho, do ponto de vista da empresa e do ponto de vista acadêmico, assim como estaremos apresentando as principais barreiras encontradas para a sua realização, os próximos passos a serem seguidos e uma análise crítica do seu desenvolvimento e da atenção dos objetivos.

7.2. Principais dificuldades e barreiras encontradas

A seguir estão resumidas as principais dificuldades e barreiras encontradas ao longo do desenvolvimento deste trabalho:

⇒ Retirar operadores das suas tarefas, para a realização de reuniões a respeito da implementação, e comprometer o andamento da produção;

⇒ Conquistar a confiança e o comprometimento dos envolvidos com o time multifuncional, especialmente dos operadores, gerando a consciência que melhorias de produtividade e qualidade não significam necessariamente corte de pessoal ou aumento de ritmo de trabalho;

⇒ Durante a criação da sistemática de revisão periódica (capítulo 6), dificuldade em estabelecer uma ponderação em critérios tão distintos como produtividade da mão-de-obra, consumo de materiais, utilização do espaço físico e segurança/ergonomia;

⇒ Dificuldade em sistematizar e mesmo em documentar um processo que ocorre no dia-a-dia da empresa, como o de melhoria contínua, no qual muitos dos aprimoramentos ocorrem por iniciativas isoladas, não

documentadas, o que faz com que se percam muitos dos parâmetros de avaliação dessas melhorias;

⇒ A inexistência de um “problema” a ser atacado *a priori*, o que levou à sistemática apresentada para diagnóstico e identificação de oportunidades de aprimoramento;

⇒ Poucas referências de implementação de projetos de melhoria contínua na literatura, aos moldes pretendidos por este estudo;

⇒ Sistema de sugestões atual da empresa, que cria barreiras para a implementação de técnicas que se utilizam de quadro de sugestões, como o CEDAC;

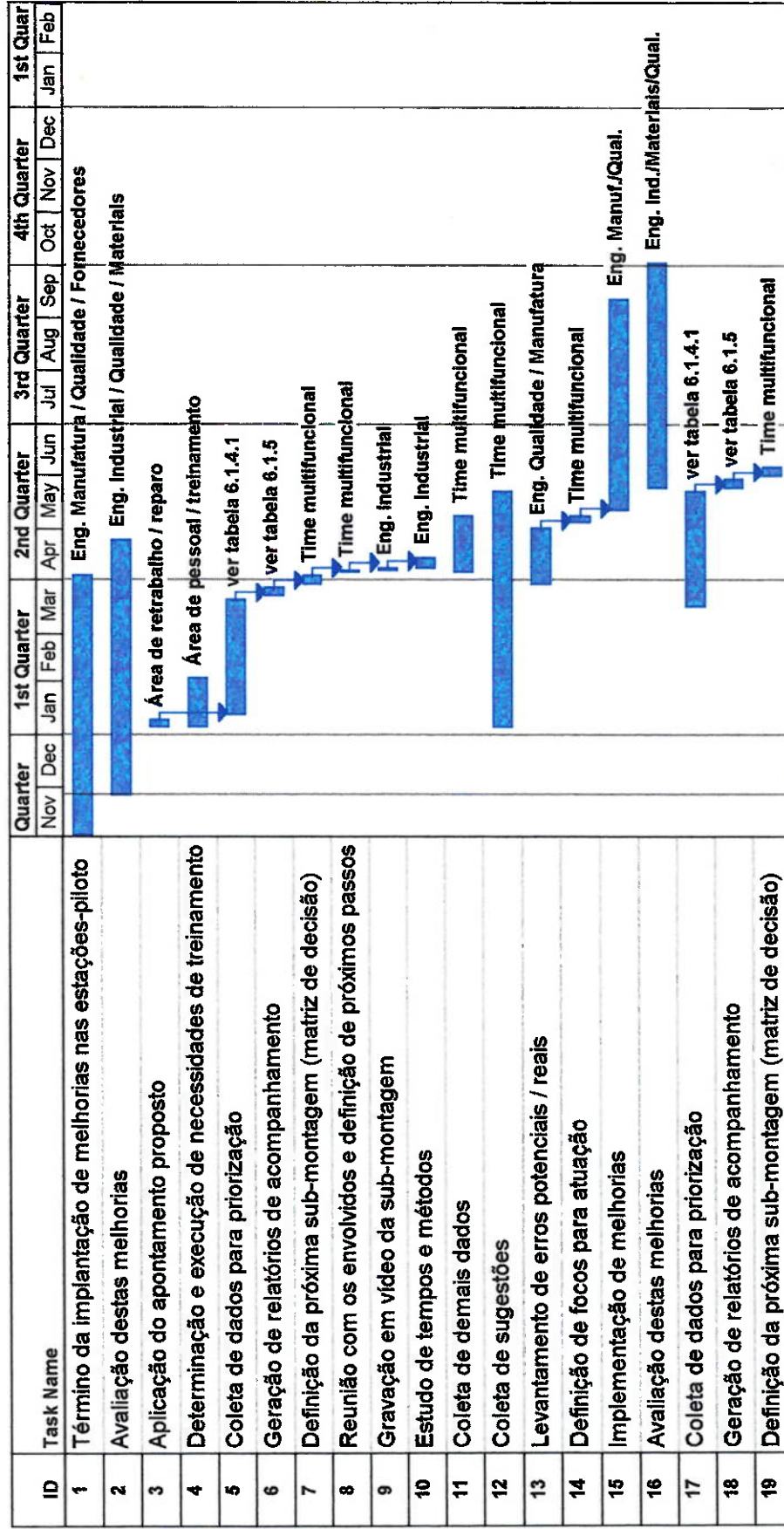
⇒ Pensamento gerencial orientado a resultados rápidos e de alto impacto, que vai de encontro à filosofia do *kaizen*, orientada para critérios de avaliação distintos, voltados ao processo (o “como”, não apenas o “o quê”) e aos esforços por melhores resultados (IMAI,1988).

7.3. Próximos passos

Para que o ciclo PDCA de melhorias continue girando é necessário que se planejem os próximos passos a serem efetuados. A seguir apresentamos um cronograma das atividades a serem desenvolvidas, segundo a revisão do método utilizado neste estudo. Optamos por realizar em paralelo as atividades em duas áreas escolhidas segundo o método apresentado no capítulo 6, para tornar o processo mais ágil e desta forma conseguir maior envolvimento do time de trabalho.

Nesta segunda etapa do projeto acreditamos que deve ser dada maior atenção ao desenvolvimento dos recursos humanos, notadamente os operadores, através de treinamento nas técnicas de qualidade envolvidas e através de um trabalho mais apurado da parte comportamental dos indivíduos, a cargo da área de treinamento e pessoal da empresa.

Figura 7.3 - Cronograma de próximos passos



Fonte: Elaborado pelo autor

7.4. Principais benefícios, resultados e méritos do Trabalho

O projeto de melhorias contínuas encontra-se em fase de implantação, segundo o cronograma previsto na figura 7.3. Parte dos resultados, porém, já podem ser identificados, principalmente do ponto de vista qualitativo.

Identificamos como fundamental indicador de resultado em um processo como esse o crescimento da participação e do envolvimento dos funcionários, gerando um ambiente de mais sinergia e propício a um melhor fluxo de informações. No que tange à esse aspecto, acreditamos que o resultado foi positivo, com aumento perceptível do comprometimento e da moral dos envolvidos.

Por outro lado, o desenho e implementação de um método de trabalho para diagnóstico, implantação e priorização de projetos de melhoria contínua possibilita uma melhor estruturação das atividades e conseqüentemente uma melhor utilização dos recursos humanos e materiais envolvidos. Além disso, a padronização das atividades direciona com mais foco os esforços de melhoria para os objetivos estabelecidos e cria condições para uma comparação entre os projetos implantados, por utilizarem a mesma metodologia e os mesmos indicadores de desempenho. Nestes aspectos citados, acreditamos que a proposta inicial foi atendida.

Do ponto de vista quantitativo, foram apresentados exemplos de melhorias alcançadas e propostas, porém com resultados de difícil mensuração, em virtude de envolverem busca de zero defeitos (por exemplo em situações sem histórico de problemas) e aspectos de pouca tangibilidade, como melhoria da qualidade percebida pelo cliente externo. Entretanto, o objetivo inicial do trabalho não previa ganhos rápidos e altos de produtividade com a implantação, o que afinal não condiz com o conceito de programas *kaizen*.

Para concluir, gostaria de levantar alguns resultados obtidos do ponto de vista acadêmico para o autor. Pelo caráter sistêmico de tal trabalho, o mesmo possibilitou a revisão e a aplicação de uma ampla gama de conceitos aprendidos no curso de Engenharia de Produção, como:

- ⇒ Ferramentas da qualidade (7 novas, 7 antigas, relação com a norma QS-9000, gerenciamento por processos, dispositivos *Poka-Yoke*, etc.);
- ⇒ Tempos e métodos;
- ⇒ Planejamento de projetos;
- ⇒ Produtividade (rede de indicadores, conceitos dos PMPQ: JIT, TQC, TPM);
- ⇒ Sistemas de Informação;
- ⇒ Análise de investimentos;
- ⇒ Organização do Trabalho na produção.

Evidentemente que não poderíamos aprofundar a análise em todos os conceitos citados, mas indubitavelmente tal oportunidade de revisão, atualização e utilização do aprendizado obtido no curso de Engenharia de Produção recompensou os esforços para a sua realização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referências Bibliográficas

BARNES, Ralph. Estudo de tempos e movimentos, São Paulo, Edgard Blucher, 1977.

BARRELA, Wagner Daumichen. Sistemas flexíveis de informação baseados em medidas de produtividade. São Paulo, 1995. 112 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

BOUER, Gregório. Gerenciamento por processos: process management. São Paulo, TQS Engenharia, 1997. (Apostila).

DE SORDI, André Luiz. Avaliação de uma melhoria contínua em uma indústria de autopeças. São Paulo, 1997. 72 p. (Trabalho de Formatura) - Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

IMAI, Massaki. Kaizen: a Estratégia para o sucesso competitivo. São Paulo, IMAM, 1992.

JUST in time. São Paulo, FCAV, s.d. (Apostila).

MIYAKE, Dario Ikuo. Programas de melhoria de produtividade e qualidade: Um estudo comparativo dos modelos "Just-in-Time" (JIT), "Total Quality Control" (TQC) e "Total Productive Maintenance" (TPM). São Paulo, 1993. 163 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

MUSCAT, Antônio Rafael Namur. Produtividade e gestão da produção. São Paulo, NPGCT, 1987. (Apostila).

OBANDO GUARDIA, Maria del Pilar. Implantação de um sistema enxuto de manufatura. São Paulo, 1998. 99 p. (Trabalho de Formatura) -

Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

POKA-yoke. São Paulo, FCAV, s.d. (Apostila).

PYZDEK, Thomas. What every engineer should know about quality control.

New York, Marcel Dekker, 1988.

QUALITY system requirement: QS-9000, 1996.

RAMOS, Alberto. Controle da qualidade. São Paulo, Optima Engenharia e Consultoria, s.d. (Apostila).

SANTORO, Miguel Cezar. Planejamento, programação e controle da produção e estoques. São Paulo, EPUSP, 1995. (Apostila).

SETO, Glaucia. Aplicação de técnicas da qualidade para remoção de gargalo.

São Paulo, 1992. 148 p. (Trabalho de Formatura) - Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

SLACK, Nigel. Vantagem competitiva em manufatura: atingindo

competitividade nas operações industriais. São Paulo, Atlas, 1993.

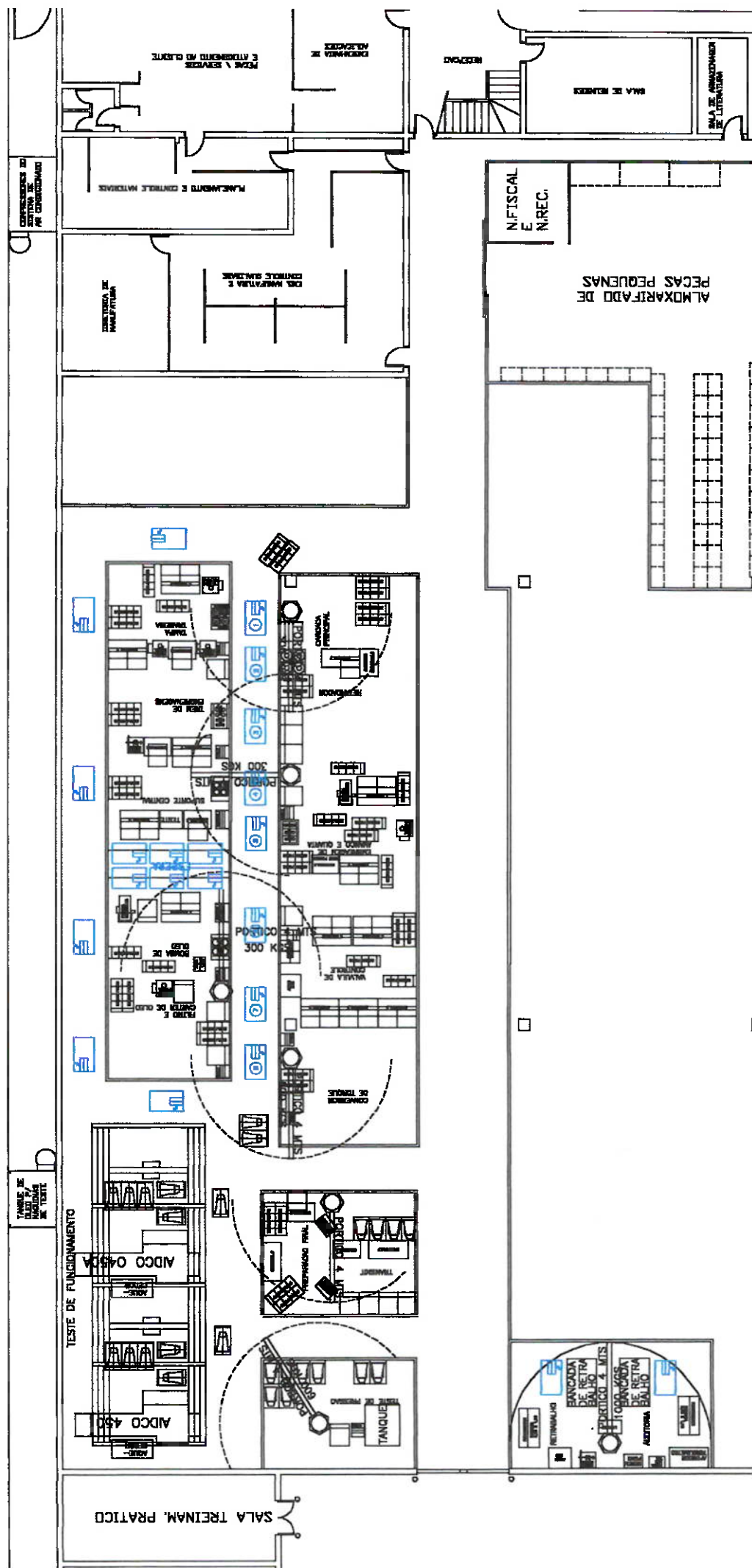
WOILER, Samsão; MATHIAS, Washington Franco. Projetos: planejamento, elaboração e análise. São Paulo, Atlas, 1986.

ANEXOS

Relação de Anexos

- 01 - Arranjo físico da planta
- 02 - Diagrama de fluxo (Tampa Traseira)
- 03 - Distribuição de tempos (Carcaça Principal)
- 04 - Distribuição de tempos (Tampa Traseira)
- 05 - Apontamento - CRRR

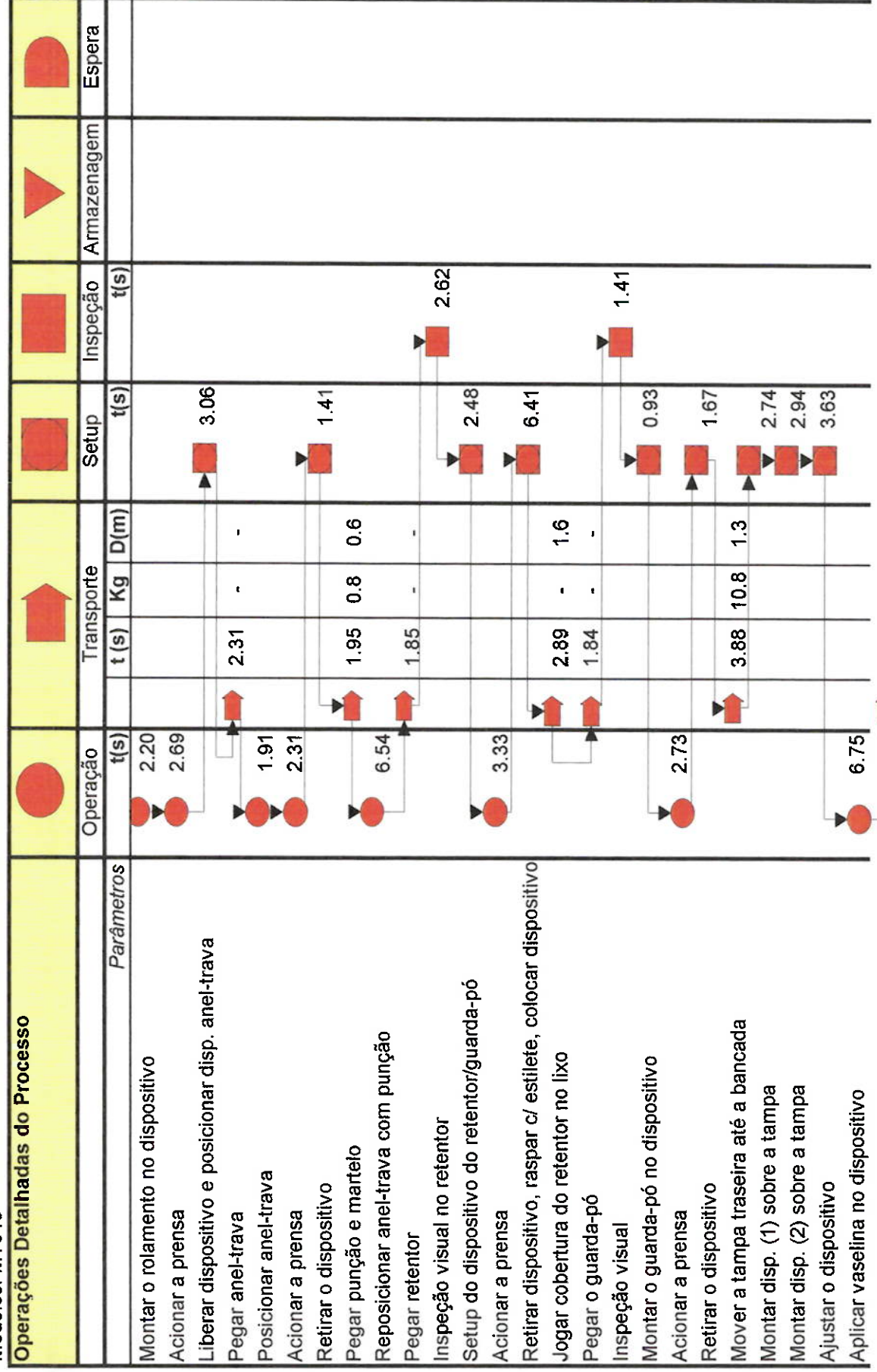
Anexo 01 - Arranjo físico da planta (Fonte: Extraído de documento da empresa)



Estação- Piloto: Tampa Traseira
Modelos: MT643

Operações Detalhadas do Processo	Parâmetros	Operação t(s)	Transporte			Setup t(s)	Inspeção t(s)	Armazenagem	Espera
			t (s)	Kg	D(m)				
Pegar tampa e colocar na bancada									
Soprar ar na tampa traseira		9.91	6.51	10.2	2.3				
Virar a peça			3.35	10.2	-				
Travar o dispositivo de apoio da peça						1.57			
Pegar Filtro do governador, arruela e bujão			3.17	-	-				
Montar filtro do governador		1.64							
Montar arruela do bujão		2.40							
Aproximar manualmente o bujão		4.47							
Aproximar c/ torquímetro e torquear		7.11							
Pegar bujão da tampa		14.15	3.24	-	-				
Aproximar e torquear 2 bujões			3.91	-	-				
Pegar bujão allen da tampa		6.96							
Aproximar o bujão allen		5.38							
Torquear o bujão allen		3.80	2.04	-	-				
Pegar o tubo de dreno									
Soprar ar no tubo de dreno							0.50		
Inspeção visual			1.49	-	1.2				
Movimentação do operador									
Montar o tubo de dreno		3.47							
Liberar as travas do dispositivo						1.33			
Movimentar a peça até a mesa da prensa			2.57	10.4	1.8				
Setup do dispositivo do rolamento						2.53			
Pegar o rolamento		3.63	2.31	-	-				
Desembalar conjunto de rolamentos (1/10)									
Eliminar a embalagem			2.18	-	1.6				

Estação- Piloto: Tampa Traseira
Modelos: MT643



Estação- Piloto: Tampa Traseira
Modelos: MT643

Operações Detalhadas do Processo										
Parâmetros	Operação	Transporte			Setup	Inspeção	Armazenagem	Espera		
		t (s)	Kg	D(m)						
Pegar o pistão		4.33		1.33	1.0	-				
Soprar ar no pistão										
Pegar o anel externo do pistão		7.24		2.90	-	-				
Montar o anel externo do pistão										
Inspeção visual								3.96		
Pegar o anel interno do pistão		7.02		1.86	-	-				
Montar o anel interno do pistão										
Inspeção visual								3.90		
Montar o conjunto do pistão na tampa		4.28								
Retirar dispositivos								2.96		
Pegar molas		29.80		2.40	-	-				
Montar as 26 molas										
Montar dispositivo		7.70		2.33	-	-		5.17		
Pegar anel-trava										
Montar anel-trava na tampa								2.12		
Retirar dispositivo										
Mover tampa traseira até a prensa		2.69		2.52	12.0	0.9				
Acionar a prensa										
Mover a tampa traseira até a bancada				1.71	12.0	1.0				
Testar pistão com sopro de ar										
Virar a tampa traseira		3.82		1.87	12.0	-		4.81		
Acionar botão de fim de linha										
Mover tampa traseira até a transmissão				5.45	12.0	3.3				
	158.3	56%		67.9	91.4	15.6	41.0	17.2	0.0	720 (*)
				24%			14%	6%	0%	
(*) - Intervalo Médio entre montagens da peça										

Rateio dos tempos líquidos -Estação-Piloto "Carcaça Principal"

Micro-Operação	Operação	Moviment.	Inspeção	Setup	Armazen.
Retirar palete, limpar e virar 6 carcaças (16%)	30.00				
Mover carcaça até a bancada		32.76			
Disparar Cimplicity / Ler a ordem no leitor de c.barras	22.53				
Inspeção visual na parte externa			20.54		
inspeção visual na parte interna			9.10		
Pegar martelo e dispositivo de mont. do tubo		4.09			
Pegar tubo e válvula		3.44			
Colocar tubo e válvula no dispositivo	1.00				
Pegar mola		2.00			
Colocar mola no dispositivo	0.72				
Mover até a carcaça		1.38			
Montar conjunto no furo de lubrificação	7.79				
Devolver dispositivo e martelo		2.31			
Verificar posição de montagem			2.75		
Devolver dispositivo de verificação		2.12			
Inspeção visual na parte inferior			1.32		
Pegar junta e adaptador		4.44			
Montar junta no adaptador	1.44				
Mover-se até a carcaça		1.13			
Montar adaptador no furo de lubrificação	1.81				
Pegar 2 parafusos		1.16			
Aproximar os parafusos	5.63				
Pegar bujões pequenos		1.00			
Montar 2 bujões pequenos	8.85				
Pegar a chave		2.19			
Apertar os parafusos	13.75				
Devolver a chave		1.30			
Pegar torquímetro		1.30			
Torquear os parafusos	5.34				
Devolver torquímetro		1.63			
Pegar bujões dos furos de lubrif. e saída do resfriador		1.84			
Montar os bujões anteriores	6.38				
Reposicionar a carcaça		1.50			
Pegar retentor		2.69			
Pegar dispositivo		1.04			
Montar retentor no dispositivo	6.18				
Pegar martelo		1.50			
Mover até a carcaça		0.88			
Montar retentor na carcaça	6.44				
Inspeção visual			3.72		
Retrabalho na montagem do retentor	2.97				
Devolver martelo e dispositivo		1.75			
Pegar eixo da seletora		2.57			
Pegar lima		1.63			
Retrabalhar eixo da seletora com lima	8.84				
Devolver lima		1.03			
Aplicar vaselina no eixo	2.25				
Mover-se até a carcaça		1.75			
Montar eixo da seletora	2.88				
Reposicionar carcaça		1.22			
Pegar detentor, porca e pino-trava		2.97			
Montar detentor	4.21				
Montar porca no eixo	22.16				
Devolver chave		1.66			
Pegar torquímetro		0.93			
Torquear porca	2.06				
Pegar pino-trava na bancada		2.53			
Montar pino-trava	3.15				
Verificar livre movimentação			4.75		
Pegar arruela e bujão		1.44			
Montar arruela no bujão	2.72				
Montar bujão no furo do interruptor de pressão	4.81				
Pegar chave		1.62			
Apertar bujão	3.46				

Anexo 03 - Distribuição de Tempos (Carcaça Principal)

Fonte: Elaborado pelo autor

Rateio dos tempos líquidos -Estação-Piloto "Carcaça Principal"

Micro-Operação	Operação	Moviment.	Inspeção	Setup	Armazen.
Devolver chave e pegar torquímetro		2.03			
Torquear bujão	1.84				
Devolver chave		1.59			
Pegar bujões pequenos		2.72			
Montar bujões na carcaça	3.35				
Pegar torquímetro		2.56			
Torquear bujões	5.34				
Devolver torquímetro		1.75			
Pegar bujão do modulador		6.16			
Montar bujão do modulador	0.97				
Colocar retentor sobre o bujão	3.56				
Prender com parafuso	5.75				
Reposicionar carcaça		1.62			
Inspeção visual			4.72		
Pegar plaqueta de identificação		2.59			
Prender plaqueta com rebite	6.94				
Pegar martelo		1.28			
Retrabalhar montagem da plaqueta	3.07				
Inspeção visual			3.34		
Mover-se até o leitor de código de barras		2.41			
Acionar Cimplicity e checar monitor	3.25				
Mover-se até a talha		3.60			
Movimentação da talha até a carcaça		7.43			
Movimentação da bancada até o TOS		3.28			
Prender a ordem de produção	5.44				
Movimentação da bancada até o TOS		18.15			
Pegar TOS disponível		10.56			
Posicionar manivela do TOS				7.90	
Posicionar carcaça com talha		9.94			
Montar parafusos de fixação	16.03				
Pegar chave-catraca		1.03			
Apertar parafusos de fixação	9.69				
Voltar talha para estação		13.34			
Pegar pinos-guia e junta	4.46				
Montar na carcaça	5.91				
Acionar leitor de código de barras	8.59				
Tempo (s):	261.56	184.84	50.24	7.90	0.00
%:	51.8%	36.6%	10.0%	1.6%	0.0%

Agregação de Valor - Estação-Piloto "Carcaça Principal"

Micro-Operação	Agregam Valor (s)	Não-Agregam Valor (s)
1 Retirar palete, limpar e virar 6 carcaças (16%)		30.00
2 Mover carcaça até a bancada	32.76	
3 Disparar Cimplicity / Ler a ordem no leitor de c.barras		22.53
4 Inspeção visual na parte externa	20.54	
5 inspeção visual na parte interna	9.10	
6 Pegar martelo e dispositivo de mont. do tubo		4.09
7 Pegar tubo e válvula	3.44	
8 Colocar tubo e válvula no dispositivo	1.00	
9 Pegar mola	2.00	
10 Colocar mola no dispositivo	0.72	
11 Mover até a carcaça		1.38
12 Montar conjunto no furo de lubrificação	7.79	
13 Devolver dispositivo e martelo		2.31
14 Verificar posição de montagem	2.75	
15 Devolver dispositivo de verificação		2.12
16 Inspeção visual na parte inferior	1.32	
17 Pegar junta e adaptador	4.44	
18 Montar junta no adaptador	1.44	
19 Mover-se até a carcaça		1.13
20 Montar adaptador no furo de lubrificação	1.81	
21 Pegar 2 parafusos	1.16	
22 Aproximar os parafusos	5.63	
23 Pegar bujões pequenos	1.00	
24 Montar 2 bujões pequenos	8.85	
25 Pegar a chave		2.19
26 Apertar os parafusos	13.75	
27 Devolver a chave		1.30
28 Pegar torquímetro		1.30
29 Torquear os parafusos	5.34	
30 Devolver torquímetro		1.63
31 Pegar bujões dos furos de lubrif. e saída do resfriador	1.84	
32 Montar os bujões anteriores	6.38	
33 Reposicionar a carcaça		1.50
34 Pegar retentor	2.69	
35 Pegar dispositivo		1.04
36 Montar retentor no dispositivo	6.18	
37 Pegar martelo	1.50	
38 Mover até a carcaça		0.88
39 Montar retentor na carcaça	6.44	
40 Inspeção visual		3.72
41 Retrabalho na montagem do retentor		2.97
42 Devolver martelo e dispositivo		1.75
43 Pegar eixo da seletora	2.57	
44 Pegar lima		1.63
45 Retrabalhar eixo da seletora com lima		8.84
46 Devolver lima		1.03
47 Aplicar vaselina no eixo		2.25
48 Mover-se até a carcaça		1.75
49 Montar eixo da seletora	2.88	
50 Reposicionar carcaça		1.22
51 Pegar detentor, porca e pino-trava	2.97	
52 Montar detentor	4.21	
53 Montar porca no eixo	22.16	
54 Devolver chave		1.66
55 Pegar torquímetro		0.93
56 Torquear porca	2.06	
57 Pegar pino-trava na bancada	2.53	
58 Montar pino-trava	3.15	
59 Verificar livre movimentação		4.75
60 Pegar arruela e bujão	1.44	
61 Montar arruela no bujão	2.72	
62 Montar bujão no furo do interruptor de pressão	4.81	

Anexo 03 - Distribuição de Tempos (Carcaça Principal)

Fonte: Elaborado pelo autor

Agregação de Valor - Estação-Piloto "Carcaça Principal"

Micro-Operação		Agregam Valor (s)	Não-Agregam Valor (s)
63	Pegar chave		1.62
64	Apertar bujão	3.46	
65	Devolver chave e pegar torquímetro		2.03
66	Torquear bujão	1.84	
67	Devolver chave		1.59
68	Pegar bujões pequenos	2.72	
69	Montar bujões na carcaça	3.35	
70	Pegar torquímetro		2.56
71	Torquear bujões	5.34	
72	Devolver torquímetro		1.75
73	Pegar bujão do modulador	6.16	
74	Montar bujão do modulador	0.97	
75	Colocar retentor sobre o bujão	3.56	
76	Prender com parafuso	5.75	
77	Reposicionar carcaça		1.62
78	Inspeção visual		4.72
79	Pegar plaqueta de identificação	2.59	
80	Prender plaqueta com rebite	6.94	
81	Pegar martelo		1.28
82	Retrabalhar montagem da plaqueta		3.07
83	Inspeção visual		3.34
84	Mover-se até o leitor de código de barras		2.41
85	Acionar Cimplicity e checar monitor		3.25
86	Mover-se até a talha		3.60
87	Movimentação da talha até a carcaça		7.43
88	Movimentação da bancada até o TOS		3.28
89	Prender a ordem de produção		5.44
90	Movimentação da bancada até o TOS		18.15
91	Pegar TOS disponível		10.56
92	Posicionar manivela do TOS		7.90
93	Posicionar carcaça com talha		9.94
94	Montar parafusos de fixação	16.03	
95	Pegar chave-catraca		1.03
96	Apertar parafusos de fixação	9.69	
97	Voltar talha para estação		13.34
98	Pegar pinos-guia e junta	4.46	
99	Montar na carcaça	5.91	
100	Acionar leitor de código de barras		8.59

Total (s): 280.14 224.4

Total (min): 04:40 03:45 **08:25**

%: 55.5% **44.5%**

Tabela de Detalhamento de Tempos - Estação-piloto "Tampa Traseira"

No.Op.	Micro-Operação	Amostras				Média (s)	Dev.Pad. (s)
		1 (s)	2 (s)	3 (s)	4 (s)		
1	30010 Pegar tampa e colocar na bancada	5.41	6.06	8.56	6.00	6.51	1.40
2	Soprar ar na tampa traseira	12.91	7.63	8.47	10.62	9.91	2.36
3	Virar a peça	3.56	3.38	3.03	3.44	3.35	0.23
4	Travar o dispositivo de apoio da peça	0.97	1.00	2.75	-	1.57	1.02
5	30020 Pegar Filtro do governador, arruela e bujão	4.40	2.31	2.44	3.53	3.17	0.99
6	Montar filtro do governador	1.78	2.12	1.06	1.59	1.64	0.44
7	30030 Montar arruela do bujão	2.65	2.06	2.81	2.09	2.40	0.38
8	Aproximar manualmente o bujão	5.81	3.90	3.22	4.94	4.47	1.14
9	Aproximar c/ torquímetro e torquear	7.00	7.60	7.35	6.50	7.11	0.48
10	30050 Pegar bujão da tampa	3.50	4.31	2.60	2.53	3.24	0.84
11	Aproximar e torquear 2 bujões	12.66	11.91	13.82	18.22	14.15	2.82
12	30060 Pegar bujão allen da tampa	4.87	5.10	3.13	2.53	3.91	1.27
13	Aproximar o bujão allen	5.57	6.44	8.81	7.03	6.96	1.37
14	Torquear o bujão allen	4.75	5.06	5.69	6.03	5.38	0.58
15	30070 Pegar o tubo de dreno	2.50	2.40	1.90	1.37	2.04	0.52
16	Soprar ar no tubo de dreno	3.34	5.40	3.50	2.97	3.80	1.09
17	Inspeção visual	0.50	-	-	-	0.50	
18	Movimentação do operador	1.93	1.91	0.62	1.50	1.49	0.61
19	Montar o tubo de dreno	5.00	3.00	2.90	2.97	3.47	1.02
20	30075 Liberar as travas do dispositivo	1.44	0.81	0.84	2.22	1.33	0.66
21	Movimentar a peça até a mesa da prensa	2.78	2.25	2.31	2.94	2.57	0.34
22	30080 Setup do dispositivo do rolamento	3.16	2.03	2.72	2.22	2.53	0.51
23	Pegar o rolamento	3.44	2.41	1.59	1.81	2.31	0.83
24	Desembalar conjunto de rolamentos (1/10)	3.63	-	-	-	3.63	
25	Eliminar a embalagem	2.18	-	-	-	2.18	
26	Montar o rolamento no dispositivo	2.75	1.16	2.16	2.72	2.20	0.74
27	Acionar a prensa	3.03	2.63	2.81	2.28	2.69	0.32
28	Liberar dispositivo e posicionar disp. anel-trava	2.34	4.41	3.34	2.16	3.06	1.04
29	30090 Pegar anel-trava	2.22	1.91	2.97	2.15	2.31	0.46
30	Posicionar anel-trava	2.09	2.78	1.25	1.50	1.91	0.68
31	Acionar a prensa	2.50	2.25	2.25	2.22	2.31	0.13
32	Retirar o dispositivo	1.60	1.35	1.44	1.25	1.41	0.15
33	Pegar punção e martelo	2.34	1.88	1.81	1.75	1.95	0.27
34	Reposicionar anel-trava com punção	5.97	8.13	6.88	5.16	6.54	1.27
35	30100 Pegar retentor	1.72	2.00	1.75	1.91	1.85	0.13
36	Inspeção visual no retentor	3.97	4.19	1.28	1.03	2.62	1.69
37	Setup do dispositivo do retentor/guarda-pó	2.03	2.16	2.65	3.06	2.48	0.47
38	Acionar a prensa	3.07	3.21	4.16	2.87	3.33	0.57
39	Retirar disp., raspar c/ estilete, colocar disp.	6.00	9.22	4.90	5.53	6.41	1.93
40	Jogar cobertura do retentor no lixo	2.97	2.34	3.94	2.31	2.89	0.76
41	30110 Pegar o guarda-pó	1.56	1.96	2.13	1.69	1.84	0.26
42	Inspeção visual	1.65	2.28	0.88	0.84	1.41	0.69
43	Montar o guarda-pó no dispositivo	1.16	0.68	1.06	0.81	0.93	0.22
44	Acionar a prensa	2.03	2.78	2.69	3.40	2.73	0.56
45	Retirar o dispositivo	2.16	1.53	1.44	1.53	1.67	0.33
46	30125 Mover a tampa traseira até a bancada	4.81	4.00	3.97	2.75	3.88	0.85
47	30130 Montar disp. (1) sobre a tampa	2.69	2.44	2.53	3.28	2.74	0.38
48	Montar disp. (2) sobre a tampa	3.53	2.72	3.25	2.25	2.94	0.57
49	Ajustar o dispositivo	3.63	-	-	-	3.63	
50	Aplicar vaselina no dispositivo	4.88	6.81	6.84	8.47	6.75	1.47
51	Pegar o pistão	1.69	1.22	1.19	1.21	1.33	0.24
52	Soprar ar no pistão	6.03	6.43	3.10	1.75	4.33	2.27
53	Pegar o anel externo do pistão	2.90	4.57	2.07	2.06	2.90	1.18
54	Montar o anel externo do pistão	6.97	7.44	4.90	9.66	7.24	1.95
55	Inspeção visual	3.32	3.72	5.81	2.97	3.96	1.27
56	Pegar o anel interno do pistão	1.47	1.78	1.88	2.29	1.86	0.34
57	Montar o anel interno do pistão	7.04	8.19	7.65	5.19	7.02	1.31
58	Inspeção visual	5.12	-	2.68	-	3.90	1.73
59	30135 Montar o conjunto do pistão na tampa	5.35	4.37	3.69	3.72	4.28	0.78
60	30140 Retirar dispositivos	3.21	2.68	3.31	2.63	2.96	0.35

Tabela de Detalhamento de Tempos - Estação-piloto "Tampa Traseira"

No.Op.	Micro-Operação	Amostras				Média (s)	Dev.Pad. (s)
		1 (s)	2 (s)	3 (s)	4 (s)		
61	Pegar molas	2.34	1.72	1.75	3.78	2.40	0.96
62	Montar as 26 molas	31.13	28.03	28.62	31.43	29.80	1.73
63	30150 Montar dispositivo	9.72	2.50	4.56	3.91	5.17	3.15
64	Pegar anel-trava	2.25	1.50	3.32	2.25	2.33	0.75
65	Montar anel-trava na tampa	13.76	4.68	5.47	6.87	7.70	4.14
66	Retirar dispositivo	3.69	1.50	-	1.16	2.12	1.37
67	30145 Mover tampa traseira até a prensa	2.19	2.87	2.78	2.25	2.52	0.35
68	Acionar a prensa	2.22	4.53	2.21	1.81	2.69	1.24
69	Mover a tampa traseira até a bancada	1.56	1.32	1.84	2.12	1.71	0.35
70	Testar pistão com sopro de ar	5.85	3.75	4.72	4.93	4.81	0.86
71	Virar a tampa traseira	1.88	1.56	2.09	1.94	1.87	0.22
72	Acionar botão de fim de linha	3.75	-	3.22	4.50	3.82	0.64
73	30155 Mover tampa traseira até a transmissão	5.00	5.59	5.38	5.81	5.45	0.34
Total Cronometrado (tempo normal em s):		306.88	263.86	260.74	260.21	272.92	22.70
Ritmo:						100%	
Tempo Padrão c / tolerâncias: 12% (s):						310.14	
Total Real (tempo corrido, s):		318.00	270.00	266.00	271.00		
% ((Real-Cron)/Real)		3.5%	2.3%	2.0%	4.0%		

Dimensionamento da amostra:

Nível de confiança: 95%

Erro relativo: 10 %

soma(x) 1092

soma(x2) 299492

Segundo a fórmula da página 31:

N' >= 2.77 amostras

Rateio dos tempos líquidos - Estação-piloto "Tampa Traseira"

No.Op.	Micro-Operação	Operação (s)	Moviment. (s)	Inspeção (s)	Armazen. (s)	Espera (s)	Setup (s)
1	30010 Pegar tampa e colocar na bancada		6.51				
2	Soprar ar na tampa traseira	9.91					
3	Virar a peça		3.35				
4	Travar o dispositivo de apoio da peça						1.57
5	30020 Pegar Filtro do governador, arruela e bujão		3.17				
6	Montar filtro do governador	1.64					
7	30030 Montar arruela do bujão	2.40					
8	Aproximar manualmente o bujão	4.47					
9	Aproximar c/ torquímetro e torquear	7.11					
10	30050 Pegar bujão da tampa		3.24				
11	Aproximar e torquear 2 bujões	14.15					
12	30060 Pegar bujão allen da tampa		3.91				
13	Aproximar o bujão allen	6.96					
14	Torquear o bujão allen	5.38					
15	30070 Pegar o tubo de dreno		2.04				
16	Soprar ar no tubo de dreno	3.80					
17	Inspeção visual			0.50			
18	Movimentação do operador		1.49				
19	Montar o tubo de dreno	3.47					
20	30075 Liberar as travas do dispositivo						1.33
21	Movimentar a peça até a mesa da prensa		2.57				
22	30080 Setup do dispositivo do rolamento						2.53
23	Pegar o rolamento		2.31				
24	Desembalar conjunto de rolamentos (1/10)	3.63					
25	Eliminar a embalagem		2.18				
26	Montar o rolamento no dispositivo	2.20					
27	Acionar a prensa	2.69					
28	Liberar dispositivo e posicionar disp. anel-trava						3.06
29	30090 Pegar anel-trava		2.31				
30	Posicionar anel-trava	1.91					
31	Acionar a prensa	2.31					
32	Retirar o dispositivo						1.41
33	Pegar punção e martelo		1.95				
34	Reposicionar anel-trava com punção	6.54					
35	30100 Pegar retentor		1.85				
36	Inspeção visual no retentor			2.62			
37	Setup do dispositivo do retentor/guarda-pó						2.48
38	Acionar a prensa	3.33					
39	Retirar disp., raspar c/ estilete, colocar disp.						6.41
40	Jogar cobertura do retentor no lixo		2.89				
41	30110 Pegar o guarda-pó		1.84				
42	Inspeção visual			1.41			
43	Montar o guarda-pó no dispositivo						0.93
44	Acionar a prensa	2.73					
45	Retirar o dispositivo						1.67
46	30125 Mover a tampa traseira até a bancada		3.88				
47	30130 Montar disp. (1) sobre a tampa						2.74
48	Montar disp. (2) sobre a tampa						2.94
49	Ajustar o dispositivo						3.63
50	Aplicar vaselina no dispositivo	6.75					
51	Pegar o pistão		1.33				
52	Soprar ar no pistão	4.33					
53	Pegar o anel externo do pistão		2.90				
54	Montar o anel externo do pistão	7.24					
55	Inspeção visual			3.96			
56	Pegar o anel interno do pistão		1.86				
57	Montar o anel interno do pistão	7.02					
58	Inspeção visual			3.90			
59	30135 Montar o conjunto do pistão na tampa	4.28					
60	30140 Retirar dispositivos						2.96

Rateio dos tempos líquidos - Estação-piloto "Tampa Traseira"

No.Op.	Micro-Operação	Operação (s)	Moviment. (s)	Inspeção (s)	Armazen. (s)	Espera (s)	Setup (s)
61	Pegar molas		2.40				
62	Montar as 26 molas	29.80					
63	30150 Montar dispositivo						5.17
64	Pegar anel-trava		2.33				
65	Montar anel-trava na tampa	7.70					
66	Retirar dispositivo						2.12
67	30145 Mover tampa traseira até a prensa		2.52				
68	Acionar a prensa	2.69					
69	Mover a tampa traseira até a bancada		1.71				
70	Testar pistão com sopro de ar			4.81			
71	Virar a tampa traseira		1.87				
72	Acionar botão de fim de linha	3.82					
73	30155 Mover tampa traseira até a transmissão		5.45				
Total (s):		158.26	67.86	17.20	0.00	720 (*)	40.95
%		55.7%	23.9%	6.1%	0.0%		14.4%

(*) - Intervalo Médio entre montagens de tampa traseira

Agregação de Valor - Estação-piloto "Tampa Traseira"

No.Op.	Micro-Operação	Agregam Valor (s)	Não agregam Valor (s)
1	30010 Pegar tampa e colocar na bancada	6.51	
2	Soprar ar na tampa traseira		9.91
3	Virar a peça		3.35
4	Travar o dispositivo de apoio da peça		1.57
5	30020 Pegar Filtro do governador, arruela e bujão	3.17	
6	Montar filtro do governador	1.64	
7	30030 Montar arruela do bujão	2.40	
8	Aproximar manualmente o bujão	4.47	
9	Aproximar c/ torquímetro e torqupear	7.11	
10	30050 Pegar bujão da tampa	3.24	
11	Aproximar e torqupear 2 bujões	14.15	
12	30060 Pegar bujão allen da tampa	3.91	
13	Aproximar o bujão allen	6.96	
14	Torqupear o bujão allen	5.38	
15	30070 Pegar o tubo de dreno	2.04	
16	Soprar ar no tubo de dreno		3.80
17	Inspeção visual	0.50	
18	Movimentação do operador		1.49
19	Montar o tubo de dreno	3.47	
20	30075 Liberar as travas do dispositivo		1.33
21	Movimentar a peça até a mesa da prensa		2.57
22	30080 Setup do dispositivo do rolamento		2.53
23	Pegar o rolamento	2.31	
24	Desembalar conjunto de rolamentos (1/10)		3.63
25	Eliminar a embalagem		2.18
26	Montar o rolamento no dispositivo	2.20	
27	Acionar a prensa	2.69	
28	Liberar dispositivo e posicionar disp. anel-trava		3.06
29	30090 Pegar anel-trava	2.31	
30	Posicionar anel-trava	1.91	
31	Acionar a prensa	2.31	
32	Retirar o dispositivo		1.41
33	Pegar punção e martelo		1.95
34	Reposicionar anel-trava com punção		6.54
35	30100 Pegar retentor	1.85	
36	Inspeção visual no retentor	2.62	
37	Setup do dispositivo do retentor/guarda-pó		2.48
38	Acionar a prensa	3.33	
39	Retirar disp., raspar c/ estilete, colocar disp.		6.41
40	Jogar cobertura do retentor no lixo		2.89
41	30110 Pegar o guarda-pó	1.84	
42	Inspeção visual	1.41	
43	Montar o guarda-pó no dispositivo	0.93	
44	Acionar a prensa	2.73	
45	Retirar o dispositivo		1.67
46	30125 Mover a tampa traseira até a bancada	3.88	
47	30130 Montar disp. (1) sobre a tampa		2.74
48	Montar disp. (2) sobre a tampa		2.94
49	Ajustar o dispositivo		3.63
50	Aplicar vaselina no dispositivo		6.75
51	Pegar o pistão	1.33	
52	Soprar ar no pistão		4.33
53	Pegar o anel externo do pistão	2.90	
54	Montar o anel externo do pistão	7.24	
55	Inspeção visual	3.96	
56	Pegar o anel interno do pistão	1.86	
57	Montar o anel interno do pistão	7.02	
58	Inspeção visual	3.90	
59	30135 Montar o conjunto do pistão na tampa	4.28	
60	30140 Retirar dispositivos		2.96
61	Pegar molas	2.40	
62	Montar as 26 molas	29.80	

Anexo 04 - Distribuição de Tempos (Tampa Traseira)

Fonte: Elaborado pelo autor

Agregação de Valor - Estação-piloto "Tampa Traseira"

No.Op.	Micro-Operação
63	30150 Montar dispositivo
64	Pegar anel-trava
65	Montar anel-trava na tampa
66	Retirar dispositivo
67	30145 Mover tampa traseira até a prensa
68	Acionar a prensa
69	Mover a tampa traseira até a bancada
70	Testar pistão com sopro de ar
71	Virar a tampa traseira
72	Acionar botão de fim de linha
73	30155 Mover tampa traseira até a transmissão

Parciais (s):
% do tempo total:
Total (s)

Agregam Valor (s)	Não agregam Valor (s)
	5.17
2.33	
7.70	
	2.12
2.52	
2.69	
	1.71
	4.81
	1.87
	3.82
5.45	
182.65	101.62
64.3%	35.7%
284.27	

Operador(es): João Carlos / André Barbosa
Período: 05/10/98 a 09/10/98

Orientação para preenchimento:

Anexo 05 - Apontamento - CRRR

Fonte: Elaborado pelo autor
Dados simulados

Aprovado por: Fábio Soares - Supervisor
Data: 13/10/98