

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**FABIO SILVA PRADO
LANDO TETSURO NISHIDA**

**MELHORIA NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE ESCOVAS DE AÇO
PARA USO INDUSTRIAL ATRAVÉS DO MÉTODO *LEAN* DE PRODUÇÃO**

SÃO PAULO

2004


FABIO SILVA PRADO
LANDO TETSURO NISHIDA

MELHORIA NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE ESCOVAS DE AÇO
PARA USO INDUSTRIAL ATRAVÉS DO MÉTODO *LEAN* DE PRODUÇÃO

Trabalho de formatura apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do
Título de Engenheiro Mecânico.

Orientador:

Prof. Dr. Amilton Sinatora


16/12/04

São Paulo

2004

RESUMO

Nishida, Lando Tetsuro; Prado, Fábio Silva. **Melhoria no processo de fabricação de escovas para uso industrial através do método *Lean* de produção**. 2004. 91 p. Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecânica, São Paulo, 2004.

Uma empresa fabricante de escovas de aço sofre concorrência de produtos importados, dessa maneira para manter-se no mercado, é necessário um grande incremento de produtividade e redução de custo. Uma das soluções propostas pela empresa foi a automatização das máquinas utilizadas no processo. O escopo deste trabalho, porém, foi a implementação do Modelo *Lean* de Produção no qual, através da eliminação dos desperdícios nos processos envolvidos houve redução dos custos, do tempo de produção e o número de estoques, permitindo converter o investimento neste material em capital. Desta forma, além de se tornar competitiva no preço, e com a alta produtividade, a empresa poderá atender a demanda dos clientes sem atraso. Pôde-se concluir que não houve necessidade de automatização das máquinas, uma vez que a empresa demonstrou possuir capacidade plena para atender a demanda com o maquinário atual. Evitou-se assim, um investimento desnecessário.

Palavras-chave: Modelo *Lean* de Produção. *Lean*.

ABSTRACT

Nishida, Lando Tetsuro; Prado, Fábio Silva. **Steel brush manufacturing process improvement by Lean Production methodology**. 2004. 91 p. Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecânica, São Paulo, 2004.

A steel brush company suffers competition from imported products and, in order to remain competitive, it is necessary a great increment of productivity and cost reduction. One of the solutions proposed by the company, was the automatization of the machines used in it processes. The target of this work, however, was the implementation of the Lean Production System in which, through the elimination of wastefulness in the involved processes, the company had reduction of its costs, of the time of production and of its inventory numbers, converting this material into capital. Therefore, besides being competitive in price, and with increased productivity, the company could respond to customer demand without delays. From this work, it could be concluded that there is no need for machine automatization, since the company demonstrated to have full capacity to follow the demand with the current machinery. As a result, an unnecessary investment can be avoided.

Keywords. *Lean Production methodology, Lean*

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Área de expedição	16
Figura 2.2 - Produtos acabados	17
Figura 2.3 - Área de embalagem	17
Figura 2.4 - Acúmulo de caixas na embalagem	18
Figura 2.5 - Máquina de corte	18
Figura 2.6 - Máquina grampeadora	19
Figura 2.7 - Fabricação da escova com cabo	19
Figura 2.8 - Prensa	20
Figura 2.9 - Matriz da prensa	20
Figura 2.10 - Prensa de montagem	21
Figura 2.11 - Prensa de enchimento	21
Figura 2.12 - Prensa de estampo	22
Figura 2.13 - Chapas de alumínio estampadas	22
Figura 2.14 - Máquina de corte	23
Figura 2.15 - Chicotes cortados	23
Figura 2.16 - Máquina de Endireitamento	24
Figura 2.17 - Fabricação dos rolos	24
Figura 2.18 - Almoxarifado	25
Figura 2.19 - Estoque de matéria prima	25
Figura 2.20 - Planta da fábrica atual	26
Figura 2.21 - Layout da fábrica atual	27
Figura 2.22 - Fluxo de produtos na fábrica atual	29
Figura 2.23 - Fluxo de produtos na fábrica atual	30
Figura 2.24 - Fluxo de produtos na fábrica atual	31
Figura 3.1 Produção puxada	34
Figura 3.2 – Desenho esquemático do quadro <i>Kanban</i>	49
Figura 3.3 – Exemplo de cartão <i>kanban</i>	50
Figura 3.4 - Vista frontal da nova fábrica	51
Figura 3.5 - Pátio da nova fábrica	51
Figura 3.6 - Área interna da nova instalação	52
Figura 3.7 - Fluxo dos produtos da Família A	53
Figura 3.8 - Fluxo dos produtos da Família B	54
Figura 3.9 - Novo fluxo dos produtos da Família A	56
Figura 3.10 - Novo fluxo dos produtos da Família B	57
Figura 3.11 - Novo fluxo dos produtos da Família C	58
Figura 3.12 – Disposição das máquinas de acordo com novo layout	60
Figura 4.1 - Lote econômico (fonte Shingo, Shigeo)	64
Figura 4.2 - Planilha exemplo de coleta de dados da atividade de setup	67
Figura 4.3 - Exemplo de separação das atividades de setup interno e externo	67
Figura 4.4 - Exemplo de padronização de altura numa matriz de prensa	68
Figura 4.5 - Exemplo de operação realizada em paralelo	69
Figura 4.6 – Exemplos de métodos de redução de ajustes	70
Figura 4.7 - Prensa da estamparia	73
Figura 4.8 - Prateleira das matrizes da prensa	73
Figura 4.9 - Diferença de altura h entre as matrizes	74
Figura 4.10 - Operador na prensa das escovas circulares	75
Figura 4.11 - Matrizes da prensa das escovas circulares	75
Figura 5.1 Sistema de manutenção autônoma	83
Figura 5.2 Frequência de falhas	85

Figura 5.3 - Investigação das causas	86
Figura 5.4 - Ciclo de vida das máquinas	86
Figura 5.5 - Identificação das máquinas.....	88
Figura 5.6 - Folha de controle de manutenção	89
Figura 5.7 - Quadro de Habilidades	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Definição das Famílias de Produto	15
Tabela 3.1 – Demanda de escovas da família A.....	46
Tabela 3.2 – Demanda de escovas da família B.....	47
Tabela 3.3 – Demanda de escovas da família C.....	48
Tabela 3.4 – Comparação do <i>lead time</i> atual e futuro.....	59
Tabela 3.5 - Comparação dos <i>Lead time</i>	60
Tabela 5.1 Organização das Áreas para manutenção	81

SUMÁRIO

1 Sistema <i>Lean</i> de Produção	11
1.1 Os 5 princípios do Lean Thinking.....	12
2 Mapeamento do Fluxo de Valor.....	13
2.1 Identificação da Família de Produtos	14
2.2 Análise do Estado Atual da Fábrica	15
2.2.1 Fluxo Atual dos Processos:	16
2.2.2 Layout da Fábrica Atual	26
2.2.3 Fluxo Atual dos Produtos	28
2.3 Os 7 Principais Desperdícios.....	32
3 Análise do Estado Futuro da Fábrica	33
3.1 Produção Puxada	33
3.2 Kanban.....	35
3.2.1 Funções do Kanban	35
3.2.2 Regras de Uso do Kanban	36
3.2.3 Tipos de Kanban.....	36
3.3 Nivelamento de Produção	37
3.4 Dimensionamento de um Sistema Puxado com Supermercado.....	43
3.4.1 Método.....	43
3.4.2 Estudo da Demanda.....	44
3.4.3 Dados da Fábrica.....	45
3.4.4 Análise do Processo.....	45
3.4.5 Resultados	46
3.5 Novo Lay-out da Fábrica.....	50
4 Setup Rápido	60
4.1 História da Troca Rápida de Ferramentas	61
4.2 Entendendo a Necessidade	62
4.3. Método do Setup Rápido.....	65
4.4. Resultados do Setup Rápido.....	71
5 TPM (Total Productive Maintenance).....	76
5.1 Definição e Objetivos.....	76
5.2 Melhorando a Eficiência de Produção.....	77
5.3 Tipos de Manutenção	79
5.3.1 Manutenção Preventiva	79
5.3.2 Manutenção Preditiva.....	80
5.3.3 Manutenção Corretiva	80
5.4 Estrutura do Setor de Manutenção	81
5.4.1 Manutenção Centralizada.....	81
5.4.2 Manutenção Descentralizada.....	82
5.4.3 Manutenção Híbrida.....	82
5.5 Manutenção Autônoma	83
5.6 Análise de Falhas.....	84
5.6.1 Falhas Crônicas	84
5.6.2 Falhas Esporádicas	85
5.7 Modelo de Gestão de Manutenção Proposto	87
5.7.1 Inventário de Equipamentos.....	87
5.7.2 Controle de Manutenção	88

5.7.3 Cronograma de Manutenção Preventiva	89
5.7.4 Manutenção Autônoma	90
5.7.5 Treinamento e Job-rotation	90
5.7.5.1 Balanceamento das Atividades de Produção	90
5.7.5.2 Job-rotation.....	91
5.7.5.3 Trabalhadores Multi-funcionais	91
6 Conclusão	92
REFERÊNCIAS	94
ANEXOS.....	95

Interpretação do Mapa do Fluxo de Valor

Mapas do Estado Atual – Família A

Mapas do Estado Atual – Família B

Mapas do Estado Atual – Família C

Mapas do Estado Futuro – Família A

Mapas do Estado Futuro – Família B

Mapas do Estado Futuro – Família C

Mapas do Estado Futuro II – Família B

Layout da fábrica – São Paulo, SP

Layout da fábrica – Arujá, SP

1 Sistema *Lean* de Produção

Aplicou-se para o estudo deste caso, metodologia do Sistema *Lean* de Produção.

A adoção de um modelo de negócios em busca de competitividade é um dos maiores desafios para as empresas. Trata-se da competitividade real causada pela eficácia das operações empresariais e não de meras e artificiais flutuações de taxas de câmbio ou ainda de vantagens passageiras.

Uma das filosofias de negócios mais poderosas é o enfoque do "*Lean Thinking*", ou "Mentalidade Enxuta", baseada no Sistema Toyota de Produção que olha para as atividades básicas envolvidas no negócio e identifica o que é o desperdício e o que é o valor a partir da ótica dos clientes e usuários.

Os princípios do Sistema *Lean* de Produção envolvem a criação de fluxos contínuos e sistemas puxados baseados na demanda real dos clientes, a análise e melhoria do fluxo de valor das plantas e da cadeia completa, desde as matérias primas até os produtos acabados, e o desenvolvimento de produtos que efetivamente sejam soluções do ponto de vista do cliente.

Por mais simples que isso possa parecer, a adoção dessa filosofia tem trazido resultados extraordinários para as empresas que a praticam.

Originalmente, concebida por Taiichi Ohno, funcionário da Toyota, e colaboradores na década de 50, essencialmente como práticas de manufatura, essa metodologia tem sido gradualmente disseminadas em todas as áreas da empresa e também para empresas dos mais diferentes tipos e setores, tornando-se efetivamente uma filosofia e uma cultura empresarial.

Os resultados obtidos geralmente resultam em um aumento da capacidade de oferecer os produtos que os clientes querem, na hora que eles querem, nos preços que eles estão dispostos a pagar, com custos menores, qualidade superior, "*lead times*" curtos, garantindo assim maior rentabilidade ao negócio.

1.1 Os 5 princípios do Lean Thinking

Tendo como objetivo a eliminação do desperdício, a Mentalidade Enxuta é uma forma de especificar valor, alinhar na melhor sequência as ações que criam valor, realizá-las sem interrupção sempre que solicitadas e de forma cada vez mais eficaz. É Enxuto pois consiste em se fazer cada vez mais com cada vez menos (tempo, espaço e recursos) e ao mesmo tempo aproximar-se daquilo que os clientes desejam, do que seja valor para eles.

O ponto de partida para a Mentalidade Enxuta consiste em definir o que é **Valor**. Diferente do que muitos pensam, não é a empresa e sim o cliente que define o que é valor. Para ele, a necessidade gera o valor e cabe às empresas determinarem qual é essa necessidade, procurar satisfazê-la e cobrar por isso um preço específico para manter a empresa no negócio e aumentar o lucro via melhoria contínua dos processos, reduzindo o custo e aumentando a qualidade.

O próximo passo consiste em identificar a **Cadeia de Valor**. Significa dissecar a cadeia produtiva e separar os processos em três tipos: aqueles que efetivamente geram valor, aqueles que não geram valor mas são importantes para a manutenção da qualidade e, por fim, aqueles que não agregam valor devendo ser evitados imediatamente. Apesar de continuamente olharem para sua cadeia produtiva, as empresas continuam a ter a geração de custos não acompanhada pela geração de valor, pois olham para si própria, ignorando os processos de fornecedores e revendedores. As empresas devem olhar para todo o processo desde a criação do produto até a venda final (e por vezes o pós-venda).

A seguir, deve-se dar "fluidez" para os processos que restaram. Isso exige uma mudança na mentalidade das pessoas. Elas têm de deixar de lado a idéia que têm de produção por departamentos como a melhor alternativa. Constituir esse **Fluxo de Valor** com as etapas restantes é uma etapa difícil do processo. É também a mais estimulante.

O efeito da criação de um Fluxo de Valor pode ser sentido na redução dos tempos de concepção de produtos, de processamento de pedidos e em estoques. Ter a capacidade de desenvolver, produzir e distribuir rapidamente dá ao produto uma "atualidade": a empresa pode atender a necessidade dos clientes quase que instantaneamente. Isso permite inverter o fluxo produtivo: as empresas não mais empurram os produtos para o consumidor (desovar estoques) através de descontos e promoções. O consumidor passa

a "puxar" a produção, eliminando estoques e dando valor ao produto. É a **Produção Puxada**.

Outra consequência do Fluxo de Valor, aliada à Produção Puxada, é redução de custos, esforços, tempos e espaços.

A **Perfeição**, quinto e último passo da Mentalidade Enxuta, não parece mais um sonho: ela é realidade. Não é difícil em um processo transparente, onde todos os membros da cadeia (montadores, fabricantes de diversos níveis, distribuidores e revendedores) tenham conhecimento do processo como um todo, podendo dialogar e buscar continuamente melhores formas de criar **Valor**.

2 Mapeamento do Fluxo de Valor

Fluxo de Valor representa todas as ações, tanto as de agregação quanto as de não agregação de valor, exigidas para trazer um produto, desde a matéria prima até o produto acabado, ou do pedido até a entrega, ou ainda, da concepção ao lançamento. Incluem as ações para processar as informações vindas do cliente e as ações para transformar o produto em seu caminho fluxo abaixo.

Considerar a perspectiva do fluxo de valor significa levar em conta o quadro mais amplo, não só os processos individuais, melhorar o todo, não só otimizar as partes.

Praticando o mapeamento do fluxo de valor, poderá-se enxergar o chão de fábrica de tal modo a apoiar a produção enxuta, implementando um fluxo que agregue valor. Para isso, é necessário ter uma "visão" do fluxo.

O mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta que ajuda a enxergar e entender o fluxo de material e de informação na medida em que o produto segue o fluxo de valor. Segue-se a trilha da produção de um produto, desde o consumidor até o fornecedor, representando-o visualmente cada processo no fluxo de material e informação.

As vantagens de mapear o fluxo de valor são:

- Ajuda a visualizar mais do que simplesmente os processos individuais

- Mapear ajuda a identificar além dos desperdícios no fluxo de valor, as suas fontes de desperdícios.
- Junta os conceitos e técnicas enxutas, que ajuda a evitar implementação de algumas técnicas isoladamente.
- Forma a base de um plano de implementação.
- Mostra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material.

O mapeamento do fluxo de valor inicialmente segue as etapas seguintes:

1. Definir a família de produtos;
2. Desenhar o Estado Atual;
3. Desenhar o Estado Futuro;
4. Fazer o plano de trabalho e implementação.

O primeiro passo é desenhar o Estado Atual, que é feito a partir da coleta de informações no chão de fábrica. Isto fornece a informação necessária para desenvolver um estado futuro. As idéias sobre o estado futuro (estado com melhorias), virão à tona enquanto estiver mapeando o estado atual.

2.1 Identificação da Família de Produtos

Antes de iniciar o mapeamento, há necessidade de focalizar em uma família de produtos. Os consumidores preocupam-se com produtos específicos, não com todos os seus produtos. Portanto, não é necessário mapear tudo que existe no chão de fábrica. Mapear o fluxo de valor significa andar pela fábrica e desenhar as etapas de processamento (material e informação) para uma família de produtos, de porta a porta na planta.

Uma família de produtos é um grupo de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam equipamentos comuns nos seus processos anteriores.

Para o caso da empresa analisada, foram selecionados os produtos de maior demanda mensal. Para cada produto foram identificados os processos pelos quais passam durante

sua fabricação. Após isso, agruparam-se os produtos que passam pelas etapas semelhantes, como apresentado na tabela abaixo.

Tabela 2.1 - Definição das Famílias de Produto

Processos	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Modelos de Escovas										
Escova com cabo 1777/3		ok	ok	ok					ok	ok
Escova com cabo 1777/4		ok	ok	ok					ok	ok
Escova sem cabo 1780		ok	ok	ok					ok	ok
Escova circular de aço ondulado	ok		ok			ok	ok	ok	ok	ok
Escova tipo copo aço ondulado	ok		ok			ok	ok	ok	ok	ok
Escova tipo miniatura aço ondulado	ok		ok			ok	ok	ok	ok	ok
Escova circular de aço torcido		ok	ok		ok			ok		ok
Escova tipo copo aço torcido		ok	ok		ok			ok		ok

Processo	Descrição	Processo	Descrição
A	Ondulação	F	Enchimento
B	Endireitamento	G	Prensagem
C	Corte	H	Montagem
D	Grampaemento	I	Aparação
E	Torção	J	Embalagem

Definiu-se, portanto, as famílias de produtos A, B e C.

2.2 Análise do Estado Atual da Fábrica

Após a definição da Família de Produtos, o passo seguinte para a análise é mapear o processo de manufatura dos produtos desta fábrica. Feito isto, é possível identificar os problemas que causam o aumento de custo de produção, a falta ou excesso de capacidade das máquinas para atender a demanda, ou descobrir o(s) gargalo(s) da produção cujas máquinas são as candidatas a serem automatizadas, não necessitando assim, a automatização de todos os equipamentos.

Segue abaixo, o retrato do estado atual em que se encontra a fábrica em estudo. Os dados foram coletados durante visita a empresa, conforme o cronograma do 1º semestre.

2.2.1 Fluxo Atual dos Processos:

As figuras a seguir permitem visualizar as etapas do processo de produção das escovas de aço. A ordem adotada é a inversa do processo produtivo.

Expedição

Todos os produtos acabados aguardam a sua retirada pelo cliente nesta área de expedição.

Observava-se uma grande quantidade de estoques de produtos embalados que chegavam a permanecer mais de 3 dias parados.



Figura 2.1 - Área de expedição



Figura 2.2 - Produtos acabados

Embalagem

Os produtos enviados para expedição, saem desta área: Embalagem. Todos os produtos acabados são enviados para este setor e embalados e mandados para Expedição.



Figura 2.3 - Área de embalagem



Figura 2.4 - Acúmulo de caixas na embalagem

Aparação



Figura 2.5 - Máquina de corte

Os produtos passam por este processo, onde as pontas das escovas são alinhadas antes de passar para o processo de embalagem.

Grampeadora

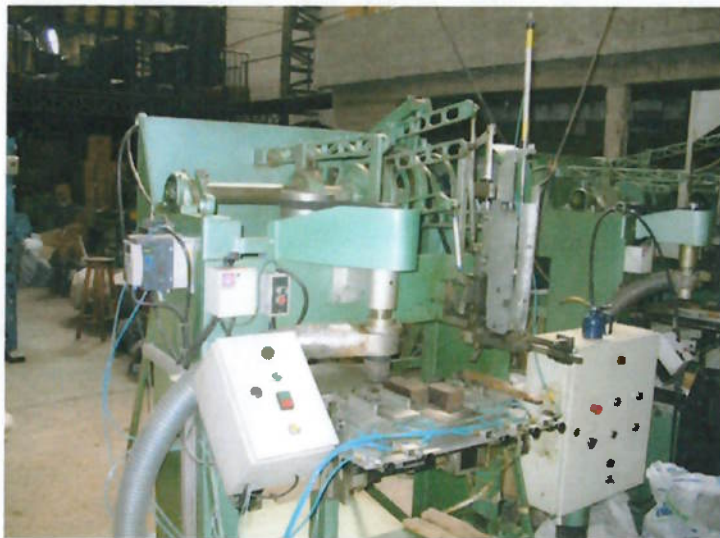


Figura 2.6 - Máquina grampeadora



Figura 2.7 - Fabricação da escova com cabo

Nesta máquina, são produzidas as escovas com cabo. Cada 25 segundos, se produz uma peça. Demora-se em torno de 5 minutos para realizar o *setup* (troca de ferramentas para produzir outro tipo de produto).

Prensa



Figura 2.8 - Prensa



Figura 2.9 - Matriz da prensa

Utiliza-se esta máquina, para as escovas circulares. A cada 40 segundos, se produz uma peça. Demora-se em torno de 1 hora para realizar o *setup*.



Figura 2.10 - Prensa de montagem

Esta outra prensa menor, é utilizada apenas na montagem das escovas trançadas. Produz uma peça a cada 15s.



Figura 2.11 - Prensa de enchimento

Esta prensa é utilizada no processo de enchimento na fabricação das escovas circulares demorando 30s para produzir uma peça. O setup desta prensa é adequado, totalizando 5 minutos a cada troca.

Estamparia



Figura 2.12 - Prensa de estampo



Figura 2.13 - Chapas de alumínio estampadas

Esta prensa realiza a estampagem, produzindo a cada 6,5s placas de adaptação a partir das chapas de alumínio para as escovas circulares e trançadas. As placas são estocadas em barris e caixas. Esta máquina é o principal foco do trabalho com setup, pois esta prensa produz uma grande variedade de peças. O seu tempo atual de setup é de 30 min.

Corte



Figura 2.14 - Máquina de corte



Figura 2.15 - Chicotes cortados

Todas as escovas são produzidas com os “chicotes” de materiais e tamanhos variados, que são cortados nesta máquina de corte em 6s.

Endireitamento e Ondulação



Figura 2.16 - Máquina de Endireitamento

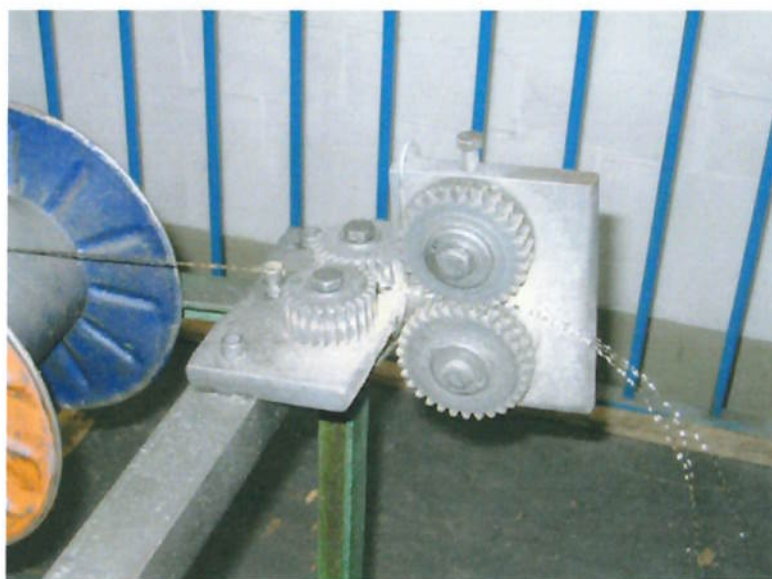


Figura 2.17 - Fabricação dos rolos

Todos os chicotes são produzidos por estas máquinas, alimentados com rolos de arames de materiais específicos.

Estes chicotes são estocados em prateleiras, a espera do processo seguinte e os rolos de arames, armazenados no almoxarifado.



Figura 2.18 - Almoxarifado



Figura 2.19 - Estoque de matéria prima

2.2.2 Layout da Fábrica Atual

A planta de produção atual, da fábrica localizada na zona leste da capital São Paulo, tem as dimensões em aproximadamente 12 x 38 metros, com a seguinte disposição:

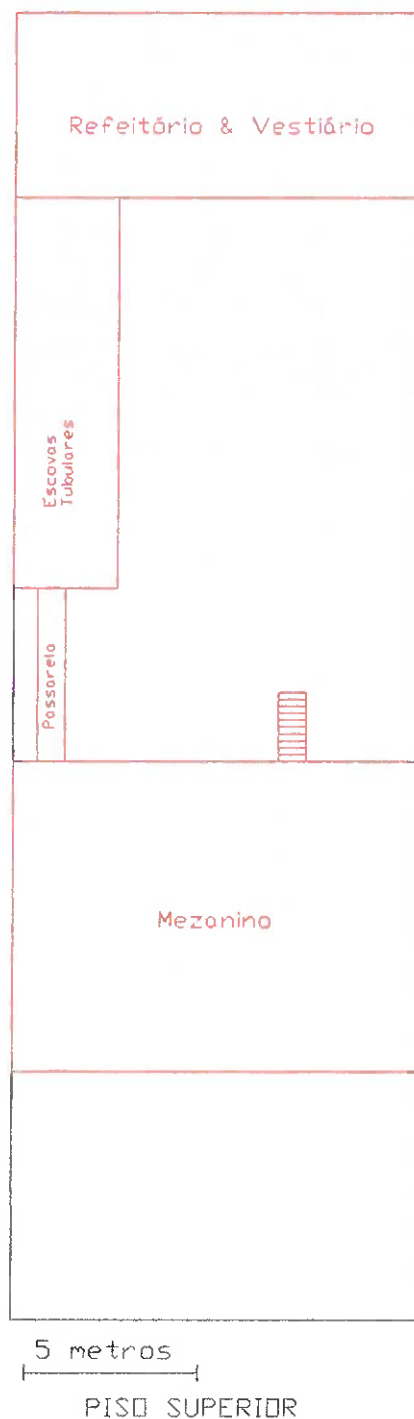


Figura 2.20 - Planta da fábrica atual

Os traços em vermelho indicam o segundo pavimento da fábrica. A disposição dos equipamentos neste espaço físico segue a seguinte distribuição:

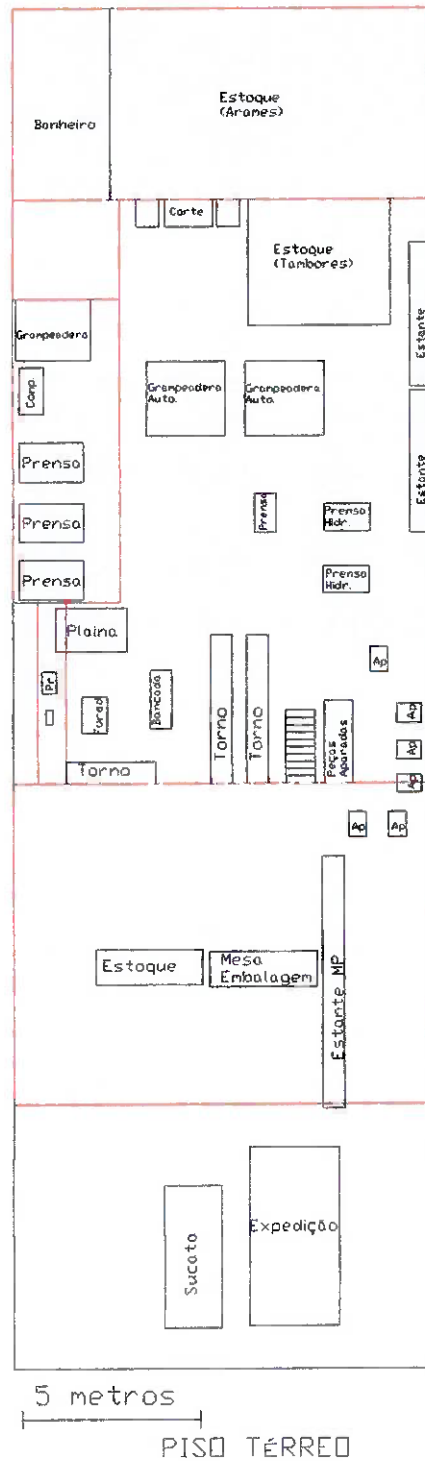


Figura 2.21 - Layout da fábrica atual

A entrada da fábrica está situada na parte inferior do desenho, que pode ser separado em partes:

- Frontal – onde se encontram os produtos acabados à espera do embarque para entrega e caçamba para retirada de sucata.
- Mezanino – realizam-se os processos de ondulação, endireitamento, torção e enchimento.
- Porção mediana da planta – local onde se executa a maior parte dos processos de produção.
- Porção final da planta – efetua-se o corte e onde está o estoque de componentes estampados e arames.

2.2.3 Fluxo Atual dos Produtos

As ilustrações seguintes irão identificar as rotas de cada uma das famílias no interior da planta de produção atual, onde o código de cores é:



Família A



Família B



Família C

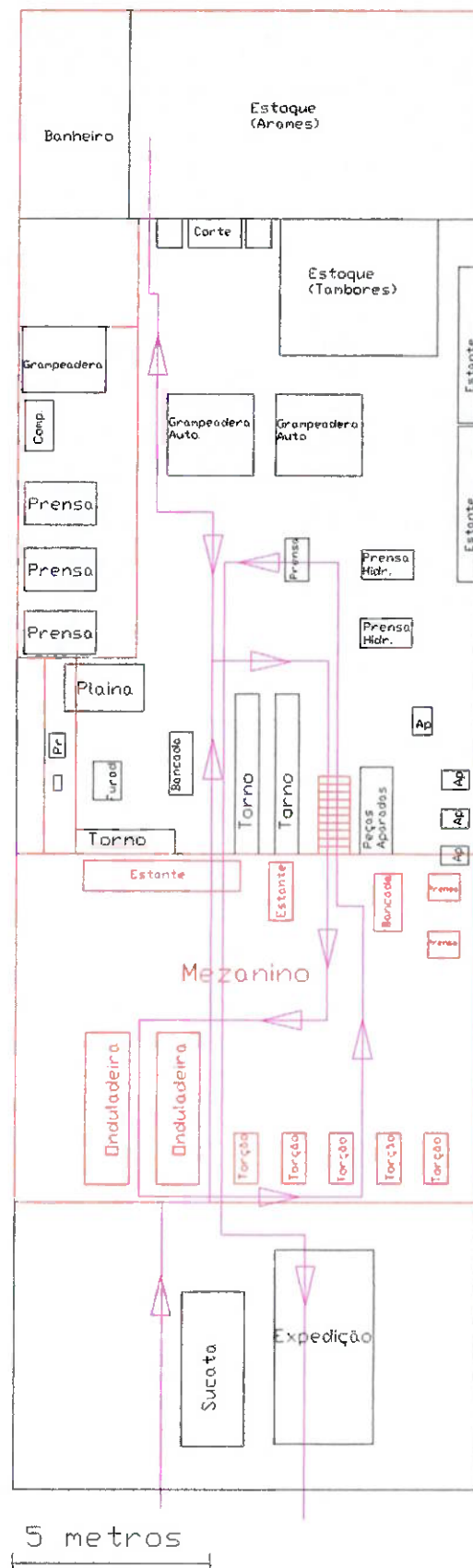


Figura 2.22 - Fluxo de produtos na fábrica atual

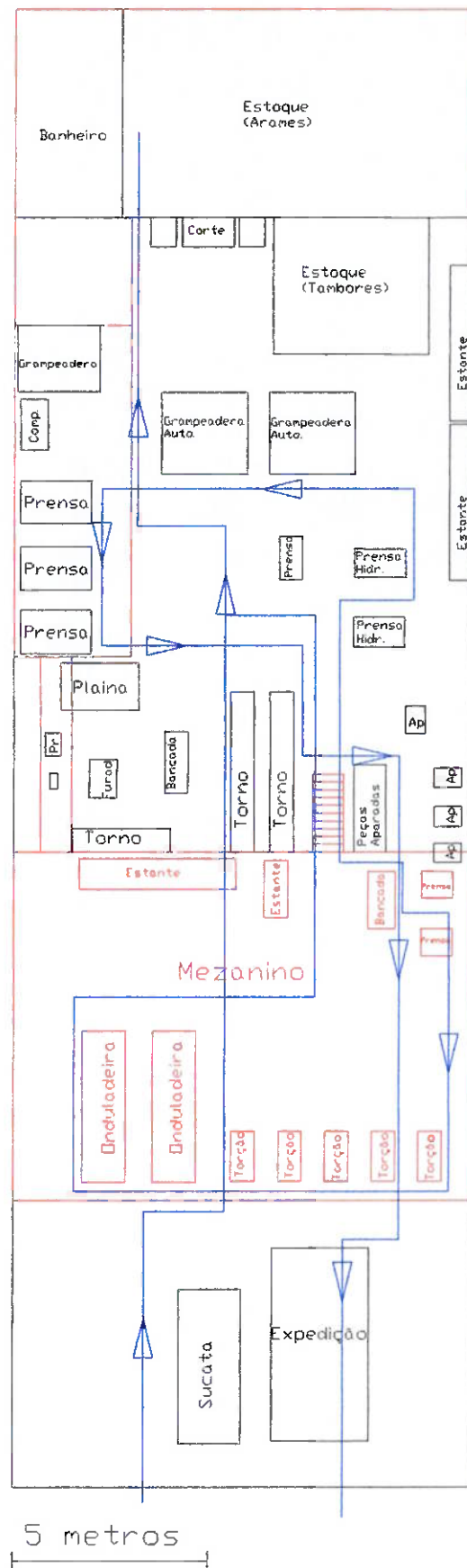


Figura 2.23 - Fluxo de produtos na fábrica atual

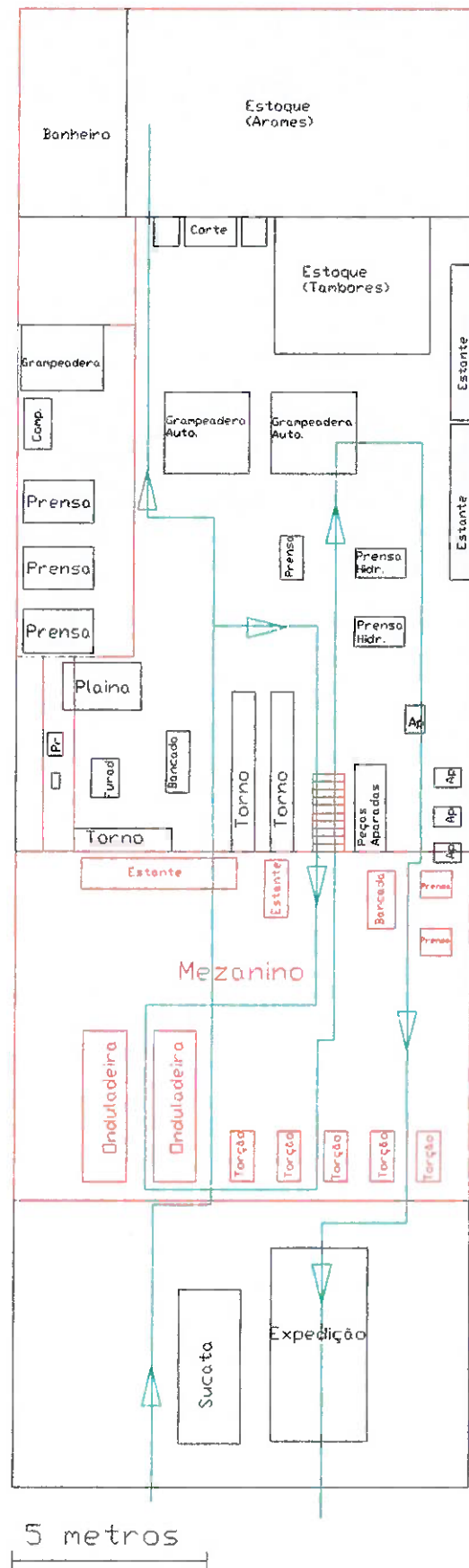


Figura 2.24 - Fluxo de produtos na fábrica atual

O principal problema deste lay-out é o posicionamento de quatro processos que permeiam toda a produção da fábrica: o recebimento de materiais, estoque de matéria-prima, endireitamento e ondulação, corte e expedição. Todos os produtos que são produzidos nas três Famílias de Produtos passam obrigatoriamente por estes processos apenas uma vez. Porém, o material é transportado por uma distância de ao menos quatro vezes o comprimento da fábrica.

Também é problemática a localização dos processos de endireitamento e ondulação no mezanino, e que faz com que todo material tenha que ser elevado e posteriormente descido durante a produção.

Pôde-se notar também no processo de fabricação, os problemas fundamentais da produção em lotes e "empurrados", gerando estoques intermediários em grande quantidade. Na configuração atual cada processo no fluxo de valor opera como uma ilha isolada, produzindo e empurrando o produto de acordo com as programações recebidas do Controle de Produção ao invés de atender as necessidades reais dos processos seguintes na cadeia produtiva. Já que este material produzido não é necessário ainda, ele deve ser manuseado, contado, armazenado, etc (desperdício). Os defeitos permanecem encobertos nos estoques em processo até que o processo seguinte finalmente use as peças e descubra algum problema (oxidação do material, por exemplo). Como resultado, enquanto o tempo de agregação de valor para produzir um produto é muito pequeno, o tempo total que o produto gasta percorrendo pela planta é muito longo.

Para reduzir esse longo *lead time*, desde a matéria-prima até o produto acabado, precisa-se mais do que simplesmente eliminar o desperdício. Embora seja importante estar atento ao desperdício, o projeto do Estado Futuro precisa eliminar as fontes ou "as causas-raiz" do desperdício no fluxo de valor. Uma vez que os problemas da produção em massa possam ser enxergados de tal forma que revelem essas causas básicas.

2.3 Os 7 Principais Desperdícios

Os sete principais desperdícios comumente encontrados na produção em massa são:

1. Produção em excesso: produzir além das necessidades do próximo processo. É a pior forma de desperdício, pois contribui para a ocorrência dos outros seis.
2. Espera: operadores esperando enquanto as máquinas operam, falhas no equipamento, peças necessárias que não chegam, etc.
3. Transporte: movimentação desnecessária de produtos ou peças tais como de uma etapa de processamento a um almoxarifado e dali a uma outra etapa do processo quando a segunda etapa poderia estar localizada ao lado da primeira.
4. Processamento: realizar etapas desnecessárias ou incorretas, geralmente devido a equipamento ou projeto ruim.
5. Estoque: possuir estoques maiores que o mínimo necessário para um sistema puxado controlado precisamente.
6. Movimentação: operadores realizando movimentações desnecessárias tais como procurar por equipamento, peças, documentos, etc.
7. Correção: inspeção, retrabalho e refugo.

Em Anexo são apresentados os mapas do estado atual para as famílias A, B, C.

3 Análise do Estado Futuro da Fábrica

A seguir, serão explicados alguns conceitos a serem utilizados para a elaboração da nova configuração da fábrica. Buscando-se também a eliminação dos atuais desperdícios e a identificação da(s) máquina(s) gargalo da produção a serem melhoradas através da automatização.

3.1 Produção Puxada

Produção Puxada, em termos simples, significa que um processo anterior não deve produzir um bem ou serviço sem que um cliente, o processo posterior, o solicite.

Ilustrando esse conceito através de um exemplo simples, onde as estações de trabalho estão bem próximas, possibilitando a transferência de uma peça por vez como no exemplo:

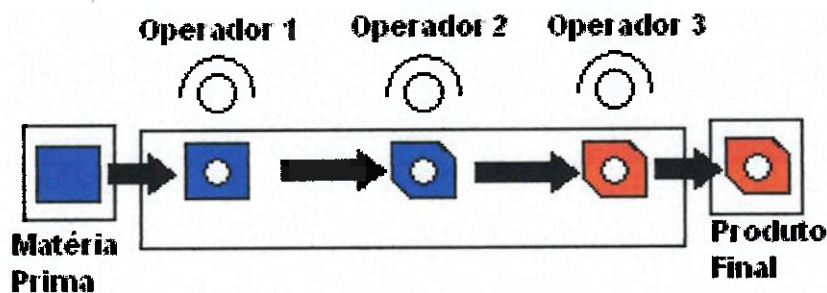


Figura 3.1 Produção puxada

Este exemplo mostra que, caso haja uma definição de haver apenas uma peça entre cada posição, assim que há a retirada desta peça pelo processo posterior, o processo anterior é informado sobre o que produzir.

Desta forma, estabelece-se a Produção Puxada entre os processos. Caso não haja uma requisição do cliente final, a peça que está entre os processos não é removida, significando que os processos anteriores não devem produzir.

Esta ilustração é simples e representa claramente o conceito de puxar ("fazer uma, mover uma"), viável quando se trata de uma célula de montagem ou de processos colocados em fluxo contínuo. Porém, como lidar com a situação de processos (células de montagem) independentes e separados?

Deve-se concentrar em dois elementos básicos dos sistemas puxados:

1. O sinal para o processo anterior produzir
2. Atender a demanda do processo posterior, sem provocar perdas

Para fornecer a ordem de produção ou a informação para que os processos produzam, será utilizado um sistema de *kanban* entre os processos para que essa sinalização ocorra de forma simples e direta.

Com esta ferramenta simples implementada, atende-se a necessidade de sinalização entre os processos que estão distantes.

Para atender às necessidades do processo anterior, precisa ser criada uma sistemática que permita trabalhar de acordo com a demanda de forma a não perder o sincronismo

entre os processos, o que pode ser causado por parada de máquinas, falta de matéria prima, etc. Assim, pode-se estabelecer o uso de um supermercado entre os processos. Mas qual seria a diferença entre estoque e supermercado? Na aparência, podem julgar tratar-se da mesma coisa com outra denominação, ou seja, peças paradas esperando para serem trabalhadas.

No entanto, há uma diferença fundamental. Os estoques não são controlados gerando uma série de transtornos e desperdícios no processo. Resultam dos processos tradicionais de empurrar a produção com base em programas de produção ou expectativas a respeito do consumo.

Taiichi Ohno dizia que estoques não agregam valor, só custos. Então, deve-se procurar eliminar ao máximo os estoques.

Mas deve-se procurar reduzir e eliminar os estoques atuando nas suas causas e não a partir de ações voluntaristas e inconseqüentes como "vamos reduzir os estoques".

Objetivo final será construir processos enxutos com o máximo de fluxos contínuos. Assim, surgem os supermercados para administrar o fluxo entre os processos organizados a partir do sistema puxado em que se busca produzir o mais próximo possível do consumo real.

Os supermercados devem ter um sistema de controle que delimita o nível máximo e mínimo de produtos que deve conter.

O supermercado administrado pelo kanban forma o que é chamado de Sistema Puxado com Supermercado que tem a função de fornecer a ordem exata de produção entre dois processos, sem tentar prever a demanda posterior.

3.2 Kanban

Kanban significa informação, que pode estar contida, por exemplo, em um pedaço de papel retangular dentro de um vinil retangular. Nele, a informação pode ser dividida em três categorias: (1) informação de coleta, (2) informação de transferência e (3) informação de produção.

As funções associadas ao *kanban* e as suas regras de uso estão discriminadas abaixo:

3.2.1 Funções do Kanban

1. Fornecer informação sobre pegar ou transportar peças.
2. Fornecer informação sobre a produção.

3. Impedir o excesso de produção e o transporte excessivo.
4. Servir como uma ordem de fabricação afixada nos itens.
5. Impedir produtos defeituosos pela identificação do processo que os produz.
6. Revelar problemas existentes e manter o controle de estoque.

3.2.2 Regras de Uso do Kanban

1. O processo posterior pega o número de itens indicados pelo *kanban* no processo anterior.
2. O processo inicial produz itens na quantidade e sequência indicadas pelo *kanban*.
3. Nenhum item é produzido ou transportado sem um *kanban*.
4. Colocar sempre um *kanban* em cada item.
5. Produtos defeituosos não são enviados para o processo seguinte. O resultado é produção sem defeito.
6. Reduzir o número de *kanban* aumenta a sensibilidade aos problemas.

3.2.3 Tipos de Kanban

Existem 3 tipos de *kanban*:

- 1- *Kanban de Retirada.* Este cartão *kanban* tem a função básica de autorizar uma retirada de um supermercado, transmitindo a mensagem: *"preciso de peças do Tipo 'A', localizadas no endereço 'A3', na quantidade 'X' que devem ser entregues no endereço 'W'(na célula de montagem posição 'l')."*

Deve-se dispor dessas informações para dimensioná-lo. Seu funcionamento é muito simples: deve-se agregar um cartão para cada embalagem e sempre que a embalagem for aberta, o cartão deve ser retirado e colocado no posto de *kanban* para que o abastecedor saiba que peças ele deve trazer do supermercado. É importante definir a rota de entrega para que haja uma efetiva sincronização.

- 2- *Kanban de Produção.* Este cartão *kanban* tem por função autorizar um determinado processo a produzir um produto para reabastecer o supermercado. Transmite a seguinte mensagem: *'processo de montagem produza as peças do*

Tipo "A", na quantidade "V" que devem ser colocadas no endereço "A3" no supermercado".

Estas informações devem estar disponíveis para dimensioná-lo. É preciso agregar um cartão para cada embalagem produzida e quando a mesma for consumida (retirada) pelo processo cliente, o cartão retorna, passando a mensagem acima.

3- Kanban de Sinalização (triângulo). Este tipo de cartão kanban tem a mesma função do kanban de produção. Porém, há uma diferença na quantidade, relacionada com a velocidade de resposta do processo fornecedor. Neste caso, ela é bem maior que a velocidade de retirada do processo cliente. Isso gera a necessidade de produção em lotes, ou seja, a mensagem que este tipo de kanban passa é a mesma que o anterior, com a ressalva de que há uma informação adicional, o ponto de disparo do cartão. Esta informação avisa o processo cliente quando ele deve enviar o triângulo para o processo fornecedor.

3.3 Nivelamento de Produção

Para explicar a importância do nivelamento nos dias de hoje, por volta de 1920 a produção de veículos nos EUA estava crescendo exponencialmente devido à redução de custos e de preços advindas da produção em massa implantada por Henry Ford. Mas deve-se registrar também que, na época, somente um modelo de veículo estava à disposição dos consumidores. Mesmo com o surgimento do conceito de segmentação do mercado da GM, a variedade de produtos era muito limitada.

Uma das maiores transformações causadas pelo Sistema Toyota de Produção foi exatamente a possibilidade de oferecer uma enorme variedade de modelos ao mesmo tempo em que produzia com custos menores e qualidade superior.

Desde então, a demanda por maior variedade só tem aumentado, exigindo das empresas uma capacidade de resposta e um sistema de produção o mais flexível possível para atender a essa demanda. E não só na indústria automobilística isso tem ocorrido. Todos os setores produtores de bens de consumo, por exemplo, do têxtil ao alimentos, de calçados a eletrônica, atualmente são obrigados a oferecer uma ampla variedade de

modelos para atender a cada gosto, quase que, no limite, a cada consumidor individualmente.

Para atender a esta demanda por variedade, as empresas não podem ter uma linha dedicada a cada tipo de produto e, assim, acabam usando uma única linha com capacidade de trabalhar com vários tipos e modelos.

Desse modo, o sistema de produção deve ser capaz de atender a essa variedade do mercado utilizando alguns conceitos e práticas que não eram necessários na produção em massa.

Considerando, como ilustração, o caso de uma programação baseada na previsão de vendas, a se cumprir da seguinte forma: 10.000 produtos divididos em 5.000 do modelo A, 2.500 do modelo B e 2.500 do modelo C para serem produzidos em 20 dias. Isso significa que é preciso produzir por dia 250 A, 125 B e 125 C.

Uma possível escolha é produzir 250 A pela manhã, 125 B no início da tarde e 125 C no final da tarde, resultando em geração de estoques elevados e aumento de "lead time".

Esta escolha não é necessariamente a melhor pois com isto está-se distanciando da demanda real. Caso haja uma mudança no decorrer do dia, não poderá atender ao cliente. Assim, para que seja possível atender melhor à demanda, deve-se nivelar a produção. O que significa usar o menor tamanho de lote possível para que seja possível ajustar a produção a quaisquer mudanças na demanda.

O ideal seria nivelar a produção usando o princípio de "fazer toda peça toda hora". No exemplo, dever-se-ia fazer: 1 A, 1 B, 1 A, 1 C, 1 A, 1 B, 1 A,.....

O que se busca aqui é ter uma programação uniforme da produção. E isto envolve três fatores: demanda nivelada, nivelamento da carga e balanceamento da célula (linha). Nivelamento da carga envolve a distribuição do trabalho disponível dentro do período de tempo disponível, dividido em seções, com o nivelamento dos modelos de produto. Balanceamento de linha é referente a distribuição do trabalho entre os operadores de

forma que os mesmos trabalhem com o mesmo ritmo e carga de trabalho. E, para conseguir uma demanda nivelada, deve-se:

- Ter certeza de que sua empresa não esteja dificultando o nivelamento da demanda através de suas próprias políticas tais como descontos para grandes quantidades (ao invés de dar descontos para demandas regulares), ou incentivos de vendas mensais (ao invés de dar incentivos para obter pedidos regulares).
- Diferenciar a sua demanda. De forma simplificada, pode-se considerar a existência de três tipos básicos de demanda. Há produtos com volumes suficientes para justificar instalações dedicadas, produtos com volume intermediário em que instalações dedicadas não fazem sentido e a necessidade de uma programação em intervalos de tempo regulares é importante para disciplinar os fluxos e há ainda os produtos com volumes baixos ou intermitentes, cuja programação deve girar ao redor do programa dos produtos de volume intermediário.
- Analisar a demanda com profundidade. Por trás de demandas aparentemente erráticas pode haver mais estabilidade do que se imagina. Ainda assim, a demanda por determinado produto pode ser esporádica, mas fazer estes produtos compartilharem sub-montagens para permitir que a demanda possa tornar-se mais regular. Tentar fazer todo produto todo dia.

Usar o conceito de "variedade o mais tarde possível". Não adicione variedade até o último momento possível. O projeto do produto tem um papel importante nesta hora.

- Usar a lógica de "disponibilidade assegurada conforme prometido" encontrada na maior parte dos pacotes da Programação da Produção.
- Estabilizar as operações de manufatura através de supermercados de produtos acabados reabastecidos de acordo com o consumo, com um pouco de folga, se necessário.

- Reduzir o tempo de troca para facilitar a puxada dos clientes. Muitas demandas são relativamente estáveis, mas se tornam instáveis quando os membros da cadeia de suprimentos desconfiam dos tempos de resposta e da disponibilidade real de estoque.
- Usar os limites de controle como nos gráficos de CEP. Na medida em que a demanda fica dentro destes limites, não mude o plano.
- Dar prioridade para os pedidos regulares. Não deixar as exceções prejudicar a rotina. Filtrar os pedidos esporádicos e atendê-los com um esquema específico, com frequência menor.
- Usar a "programação abaixo da capacidade" para ter certeza de atingir o objetivo de produção. Isto significa não programar para a máxima capacidade, mas ter um pequeno período de folga (pulmão) para resolver problemas. Se não ocorrer nenhum problema, fazer melhorias contínuas, 5S (gerenciamento visual) etc.
- Estabilizar a produção no nível correto da lista de materiais ("bill of materials"). Talvez estabilizar no nível do MPS, Sistema de Planejamento de Materiais (Material Planning System) e puxar a partir da programação da montagem final.
- Medir a variação da demanda, relatar, discutir, fazer as pessoas serem responsáveis por isto, especialmente Vendas e Marketing. Perceber os prós e contras das promoções e do "preço baixo todos os dias".
- Trabalhar com uma previsão de médio prazo ao invés de curto prazo. O médio prazo será mais estável e provavelmente mais confiável. Testar a confiabilidade de diferentes horizontes de previsão, e não ter medo de ignorar as previsões de curto prazo.
- Dar incentivos para os distribuidores que trabalham buscando uma estabilização da demanda.
- Praticar o controle de filas conscientemente.

- Comunicar ao longo da cadeia de suprimentos. Tentar produzir de acordo com o Tempo *Takt* (ritmo de produção) do cliente final. Tentar persuadir os parceiros da cadeia de suprimentos para compartilharem a informação, e estar disposto a compartilhar também.
- Acima de tudo, ter uma visão de uma demanda regular e nivelada. Identificar as barreiras que impedem que isto ocorra e fazer planos apropriados.

Antes de chegar a uma demanda nivelada, há alguns requisitos importantes que devem ser atingidos antes como ter tempo de troca de ferramentas das máquinas igual a zero no processo puxador e ter um tempo de resposta aos problemas igual ao seu *Takt*.

Para que isto aconteça, a empresa deve investir no desenvolvimento de técnicas para a redução do tempo de troca (*setup*) e também desenvolver uma equipe e um sistema de alerta (ANDON) para que os problemas não provoquem paradas de produção.

Após o direcionamento destes itens é importante que seja criado um sistema de nivelamento o mais simples e automático possível. Pode-se conseguir isto através do Quadro de Nivelamento de Produção ("Heijunka box").

O Quadro de Nivelamento na realidade é a parte superior do quadro de controle de supermercado, onde há uma régua de tempo dividida em intervalos (*pitch*), onde é feita a programação de produção através dos cartões kanban.

Para determinar o *pitch* deve-se multiplicar o Tempo *Takt* pela quantidade de peças em uma embalagem, por exemplo:

Para um takt time de 1 minuto e embalagens com 20 peças tem-se um *pitch* de:

$20 \times 1 = 20$ minutos, isto significa que a cada 20 minutos é possível saber se a produção está atrasada ou não. Este tipo de indicador tem um poder maior sobre os operadores, pois é mais significativo do que se usar o *takt* diretamente, sem contar que é muito melhor saber como está a cada 20 minutos do que só saber no final do turno, quando não há mais tempo de reação.

Retomando o exemplo da página 38, podemos dizer que a estratégia de nivelamento é determinada conforme mostra o exemplo: a demanda por turno é 250 A, 125 B e 125 C. Deve-se dividir a quantidade de cada modelo pela menor quantidade dos modelos existentes (125 do C):

$$A = 250/125 = 2$$

$$B = 125/125 = 1$$

$$C = 125/125 = 1$$

Somatória total do intervalo = 4

Isto significa que a cada intervalo de 4 peças, deve-se produzir 2 A, 1B e 1 C. Assim terá ABA-C-ABAC- ABAC....

Outro exemplo: 240 A, 120 B e 60 C

$$A = 240/60 = 4$$

$$B = 120/60 = 2$$

$$C = 60/60 = 1$$

Somatória total do intervalo = 7

Isto significa que a cada intervalo de 7 peças deve-se produzir 4 A, 2 B e 1 C. Assim teremos A A B A A B C - A A B A A B C.....

Desta forma, consegue-se realizar o nivelamento da produção colocando os cartões na seqüência determinada:

O nivelamento da produção cria uma maneira diferente de se produzir, que se prolonga por toda a cadeia de suprimentos, provocando mudanças na maneira de agir em todo o processo. Inclusive o abastecimento de matéria prima deve ser feito em pequenas quantidades e mais freqüentemente, evitando a formação de grandes estoques. E como consequência a redução de custos dentro da cadeia.

3.4 Dimensionamento de um Sistema Puxado com Supermercado

3.4.1 Método

Primeiro, deve-se realizar um estudo da demanda do processo posterior (sugestão: pode ser um período de 3 meses mas deve-se analisar caso a caso para permitir uma visão do comportamento da demanda), para que seja possível identificar qual a porcentagem de volume correspondente de cada modelo de produto produzido, qual o takt time, quais os picos de demanda que podem ocorrer no futuro;

Em seguida, estudar o comportamento operacional do processo fornecedor (período semelhante ao anterior) para que se possa identificar o número de quebras, problemas de qualidade, problemas de entrega dos fornecedores, tempo de reparo de máquinas, tempo de troca entre modelos, etc.

Calcula-se então, o tempo de ciclo do processo fornecedor que deve ser igual ao tempo *takt* do processo cliente.

Finalmente, estudar o tamanho das embalagens para que ocupem o mínimo espaço possível.

O dimensionamento da quantidade de peças no supermercado deve considerar a definição dos seguintes elementos:

- o ritmo de consumo do processo cliente
- o ritmo de abastecimento do processo fornecedor
- a quantidade mínima e máxima que deve ser mantida no processo cliente
- o nível mínimo de giro de inventário dentro do supermercado (que será chamado de faixa verde)
- a flutuação de volume no processo cliente (faixa amarela)
- a segurança (faixa vermelha) de forma a assegurar que o processo cliente não pare em função de parada de máquinas, falha no fornecimento de matéria-prima, problemas de qualidade, etc...

O controle do nível de supermercado pode ser feito através de um processo de Gestão Visual, uma vez que nem sempre o supermercado estará próximo fisicamente ao processo fornecedor.

3.4.2 Estudo da Demanda

Analisado o comportamento do volume de produção da fábrica nos últimos 3 meses (a ser obtido) pode-se constatar que o pico de demanda o que dá uma indicação de que o supermercado num primeiro momento deverá suprir este pico quando o mesmo ocorrer.

Outra informação que pode ser definido é o tempo Takt. Sabendo que o nosso cliente trabalha em um turno de 9 horas (540 minutos) e descontados 60 minutos de parada para descanso de almoço, teremos 480 minutos de tempo disponível. Tendo a quantidade de peças, obtém-se o consumo de peças por turno, então calcula-se o tempo Takt: horas de trabalho disponível / peças a serem produzidas por turno.

Para poder determinar a porcentagem referente a cada modelo do produto, deve-se realizar um estudo mais acurado da demanda. Temos os modelos existentes:

Família A:

- Escova c/ cabo 1777/3
- Escova c/ cabo 1777/4
- Escova s/ cabo 1778

Família B

- Escova circular de aço ondulado
- Escova tipo copo de aço ondulado
- Escova tipo miniatura de aço ondulado

Família C

- Escova circular de aço torcido
- Escova tipo copo de aço torcido

Analisa-se o comportamento de um determinado mês.

Com base neste comportamento, pode-se concluir o volume diário de cada modelo

Para a análise do comportamento do processo fornecedor deve-se avaliar o relatório de parada de produção dos últimos 3 meses. Esta informação é importante para que se possa identificar qual o tamanho do estoque de segurança que irá manter dentro do supermercado.

3.4.3 Dados da Fábrica

Baseado nas visitas realizadas a fábrica, foram destacadas as seguintes informações, que possibilitaram dimensionar o Kanban e os supermercados, apropriados para a demanda do mercado atual:

Pode-se perceber que o problema mais crítico refere-se à falta de materiais em certas épocas do ano e assim, deve-se levar isso em consideração para a definição do estoque de segurança. Ficou evidente também que não há praticamente parada para troca de modelo, porém, o tempo de *setup* é próximo de 10 minutos na maioria delas, porém é realizado em torno de uma vez por mês.

Utiliza-se embalagens padrão de 38 cm de largura por 43 de comprimento por 32 de altura para escovas com cabo, com capacidade para 120 peças. Para os modelos de escovas circulares onduladas as embalagens tem um tamanho diferente, o que faz com que a quantidades por embalagem também sejam diferentes. Para a escova da família A, a caixa contém 120 peças e para A família B a caixa contém 20 peças.

3.4.4 Análise do Processo

Para definição da quantidade de peças no supermercado, deve-se responder algumas perguntas:

- qual é o ritmo de consumo do processo cliente?
- qual é o ritmo de abastecimento do processo fornecedor?
- qual é a quantidade mínima e a máxima que deve ser mantida no processo cliente?

Esta definição depende do método de abastecimento que será feito a cada certo intervalo de horas.

- Qual o nível mínimo de giro de inventário dentro do supermercado (faixa verde do quadro de Kanban)?
- Qual a flutuação de volume no processo cliente (faixa amarela do quadro de Kanban)?
- Qual a segurança (faixa vermelha do quadro de Kanban) de forma a assegurar que o processo cliente não pare em função de parada de máquinas, falha no fornecimento de matéria-prima, problemas de qualidade, etc?

Respondido estas perguntas, tem-se o supermercado definido, com um quadro de controle chamado Quadro Kanban.

A partir dos dados da demanda média fornecidos pela empresa, para as três famílias de produtos foram montadas as seguintes tabelas e calculado o número de cartões necessários nas faixas verde, amarelo e vermelho em cada processo.

Para o caso desta empresa, devido a demanda grandes números de produtos finais, em alguns processos, cada cartão representa um lote de peças (indicadas entre parênteses).

3.4.5 Resultados

Kanban para Família A:

Tabela 3.1 – Demanda de escovas da família A

Família A	c/ Cabo 1777/3			c/ Cabo 1777/4			s/ Cabo 1780		TOTAL
	Carbono	Latonado	Inox	Carbono	Latonado	Inox	Carbono	Latonado	
Pcs/caixa	12	12	12	12	12	12	12	12	7000
Qtd/mês	1000	500	500	1500	1000	500	1200	800	
Qtd/dia	50	25	25	75	50	25	60	40	
Caixas/mês	83	42	42	125	83	42	100	67	
Caixas/dia	4	2	2	6	4	2	5	3	
bandejas/dia	1	1	1	2	1	1	2	1	

bandejas produzidas por chicote: 2
peças produzidas por bandeja: 40

Expedição

Verde	29	embalagens (12x)
Amarelo	15	
Vermelho	15	

Célula (grampo+aparação)

Verde	29	embalagens (12x)
Amarelo	15	
Vermelho	15	

Corte

Verde	9	bandejas
Amarelo	4	
Vermelho	4	

Endireit.

Verde	4	chicotes
Amarelo	2	
Vermelho	2	

Almoxarifado

Verde	4	(cabos 12x)
Amarelo	2	
Vermelho	2	

Kanban para Família B:

Tabela 3.2 – Demanda de escovas da família B

Família B	Aço Ondulado				Tipo Copo		
	6" / 3/4"		6" / 1"		4"	6"	
	Carbono	Latonado	Carbono	Latonado	Carbono	Carbono	
Pcs/caixa	20	20	20	20	20	20	TOTAL 4500
Qtd/mês	2000	1000	600	400	300	200	
Qtd/dia	100	50	30	20	15	10	
Caixas/mês	100	50	30	20	15	10	
Caixas/dia	5	3	2	1	1	1	
bandejas/dia	2	1	1	0	0	0	

bandejas produzidas por chicote:

2

peças produzidas por bandeja:

50

Expedição

Verde	11	embalagens
Amarelo	6	
Vermelho	6	

Aparação

Verde	11	escovas (20x)
Amarelo	6	
Vermelho	6	

Célula (ench/prensa/mont.)

Verde	11	escovas (20x)
Amarelo	6	
Vermelho	6	

Estampo

Verde	11	placas (20x2tipos)
Amarelo	6	
Vermelho	6	

Almoxarifado

Verde	11	(argola/caneca 20x)
Amarelo	6	
Vermelho	6	

Corte

Verde	5	bandejas
Amarelo	2	
Vermelho	2	

Onduladeira

Verde	2	chicotes
Amarelo	1	
Vermelho	1	

Kanban para Família C:

Tabela 3.3 – Demanda de escovas da família C

Família C	4"		6"		Tipo Copo
	Carbono	Inox	Carbono	Inox	Carbono
Pcs/caixa	20	20	20	20	20
Qtd/mês	5000	2000	2000	1000	300
Qtd/dia	250	100	100	50	15
Caixas/mês	250	100	100	50	15
Caixas/dia	13	5	5	3	1
bandejas/dia	5	2	2	1	0

TOTAL
10300

bandejas produzidas por chicote:

2

peças produzidas por bandeja:

50

placas produzidas por chapa:

3

Expedição

Verde	26	embalagens
Amarelo	13	
Vermelho	13	

Estampo

Verde	26	placas (20x3tipos)
Amarelo	13	
Vermelho	13	

Almoxarifado

Verde	26	chapas estampo (20x)
Amarelo	13	
Vermelho	13	

Montagem

Verde	26	escovas final (20x)
Amarelo	13	
Vermelho	13	

Torção

Verde	26	escovas (20x)
Amarelo	13	
Vermelho	13	

Corte

Verde	10	bandejas
Amarelo	5	
Vermelho	5	

Endireit.

Verde	5	chicotes
Amarelo	3	
Vermelho	3	

Com estes dados calculados, pode ser montado o quadro kanban, para controlar o nível de estoque em cada supermercado e dizer qual a próxima peça a ser produzida. A configuração final do quadro terá o seguinte formato:



Figura 3.2 – Desenho esquemático do quadro *Kanban*

Nas faixas coloridas, serão colocados os cartões, a medida que os produtos forem saindo dos supermercados e entregues ao seu destino. Se há cartões no quadro, significa que houve consumo do produto em algum processo, que estará identificado no cartão.

Segue abaixo, um exemplo de dados contidos no cartão *kanban*:

Número:	56091	Quantidade:	20
Local de consumo:	Aparação	Local de reposição:	Célula B

Figura 3.3 – Exemplo de cartão *kanban*

3.5 Novo Lay-out da Fábrica

A concepção de um novo lay-out seria necessária de qualquer maneira, pois a empresa está mudando de localização, saindo de um bairro onde o mercado de serviços está em expansão, assim como o público da região está se tornando mais enriquecido, o que torna altos os custos fixos de uma indústria nesta região.

A nova planta está estabelecida em uma cidade próxima a São Paulo, em um condomínio exclusivamente industrial e a beira da rodovia Presidente Dutra, o que facilita no escoamento da produção para outros mercados, em especial o mercado relacionado à construção ou reforma de navios ou plataformas petrolíferas, que estão concentrados no estado Fluminense. As figuras 3.4, 3.5 e 3.6 permitem visualizar as características da nova planta.



Figura 3.4 - Vista frontal da nova fábrica



Figura 3.5 - Pátio da nova fábrica

Na nova instalação há uma maior área total, assim como construída, e a partir da planta desta nova instalação que se inicia a idealização do novo Lay-out.

A nova planta tem sua estrutura física nas dimensões de 20 x 60 metros.





Figura 3.6 - Área interna da nova instalação

Os conceitos que permearam a criação do novo lay-out foram:

- A redução do comprimento da linha de produção
- Concepção de uma linha sem cruzamentos internos
- Não cruzamento entre fluxos de produção de diferentes famílias
- Disposição dos equipamentos por família de produtos e não por função
- Criação dos espaços físicos para implementação das células de manufatura
- Espaçamento entre os equipamentos para maior facilidade na manutenção
- Corredores com larguras suficientes para o uso de empilhadeiras ou similares
- Proximidade das áreas de apoio em relação à linha de produção

O primeiro projeto vislumbrava a possibilidade de mudança nos posicionamentos de entrada e saída de materiais, e teve sua elaboração final às seguintes configurações para cada família. Seguem destacados na planta as rotas de cada uma das famílias de produto no interior da instalação.

-  Família A
-  Família B
-  Família C

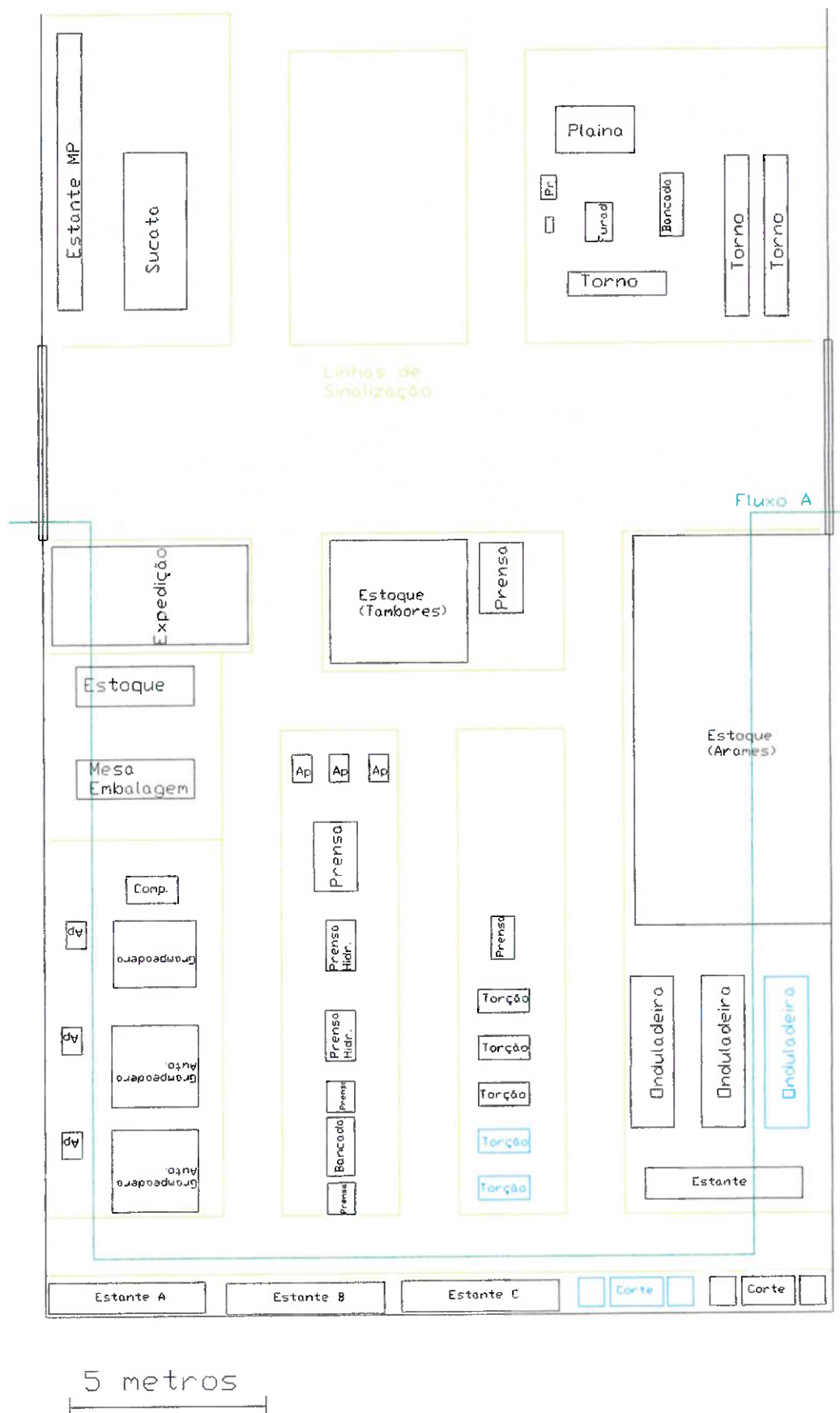


Figura 3.7 - Fluxo dos produtos da Família A

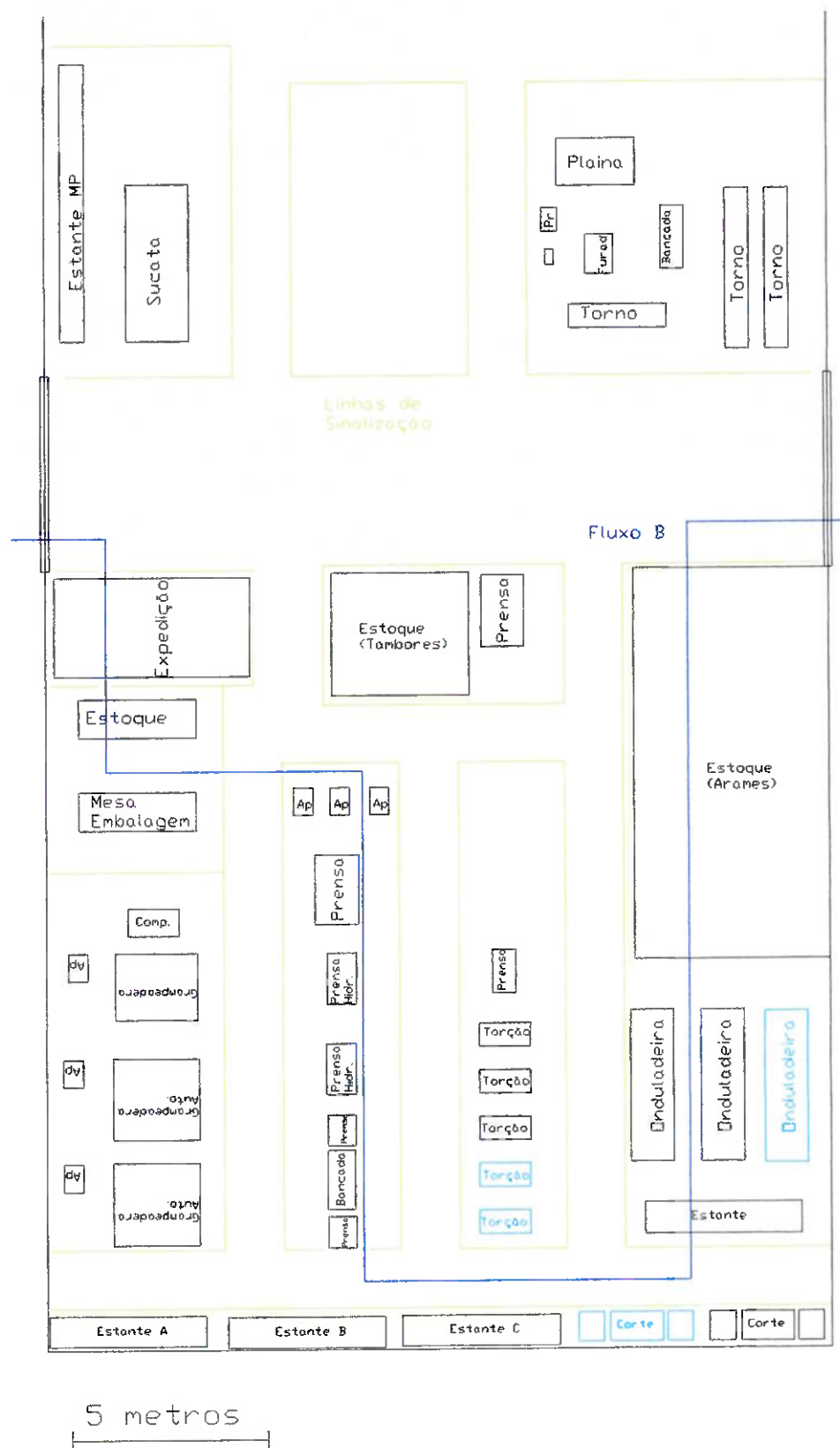
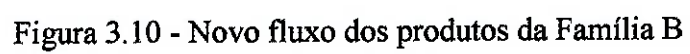
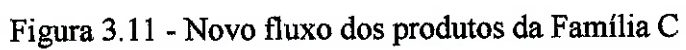


Figura 3.8 - Fluxo dos produtos da Família B

Contudo, a principal limitação no projeto deste lay-out foi o posicionamento dos acessos, já instalados, de matéria-prima. Sendo assim, a concepção foi redefinida a partir destes pontos de entrada e saída de materiais. Após algumas horas de dedicação e estudo foi possível finalizar uma configuração que compões os conceitos anteriormente declarados e as limitações impostas ao projeto.





Baseado nas disposições das novas máquinas em células, o tempo de operação de cada processo, número de máquinas, e o tempo takt estabelecido para o Estado Futuro, conclui-se que em momento algum, pela demanda atual, há motivos para investir nas automatizações das máquinas para as famílias de produto A, B e C.

Conclui-se que a fábrica possui capacidade suficiente para atender a demanda, e reduzir os custos de produção com menor *lead time*, conforme mostrado na tabela abaixo.

Tabela 3.4 – Comparação do *lead time* atual e futuro

Família de Produtos	Lead Time do Estado Atual	Lead Time do Estado Futuro	Ganho
A	7,5 dias	2 dias	275%
B	11 dias	3 dias	267%
C	11 dias	3 dias	267%

Com a implantação do novo lay-out, foram realizadas medições do lead time, que no caso da família B, resultou em 2 dias. A figura 3.12 mostra que o projeto do lay-out foi seguido na implantação na nova planta.

Para resolver o problema a solução foi a criação de um procedimento geral para a realização do setup, com esta ação foi possível aumentar a eficiência do equipamento em 50%.

A segunda experiência ocorreu no verão de 1957, quando Shingo foi convidado para realizar um trabalho de melhoria no estaleiro da Mitsubishi Heavy Industries em Hiroshima, onde o problema era o setup da plaina utilizada para usinar a base dos motores diesel, pois a mesma estava com problema de eficiência, ao examinar a situação Shingo sugeriu que se utilizasse uma mesa auxiliar para a realização das etapas preparatórias do setup, esta solução resultou em uma redução de 40% do tempo de setup. Naquele momento Shingo não tinha percebido a importância da transformação de atividades internas em externas, o que teria antecipado a evolução da ferramenta em 10 anos.

A Terceira experiência ocorreu em 1969, quando Shingo Visitou a fábrica de carroçerias da planta principal da Toyota Motor Company, cujo desafio era o de melhorar o tempo de setup de uma prensa de 1000 toneladas que era de 4 horas para no mínimo 2 horas (tempo de troca do concorrente).

Após um estudo e separação das atividades internas e externas, o resultado apareceu em 6 meses com a redução do tempo de setup para 90 minutos, Shigeo e o gerente da área ficaram contentes com o resultado. Um mês depois Shigeo visitou a fábrica e encontrou o gerente da área preocupado, pois o mesmo recebera um novo desafio, reduzir o tempo de setup para 3 minutos, na hora Shingo ficou preocupado, mas logo surgiu uma idéia "por que não converter uma atividade interna em externa? ", nascia assim um novo conceito, após 3 meses de trabalho duro a meta de 3 minutos foi atingida.

Assim nasceu a Metodologia de Troca Rápida de ferramentas, vale ressaltar que este método foi baseado em uma teoria agregada com anos de experimentação prática.

4.2 Entendendo a Necessidade

A Visão Tradicional a cerca da melhoria de setup pode ser resumida em três tópicos:

1. A habilidade na Troca de ferramentas só pode ser adquirida com a prática e longa experiência.
2. A produção em grandes lotes minimiza os efeitos do tempo de setup e reduz a hora-homem necessária.
3. Devem-se estabelecer lotes econômicos e as quantidades em estoque devem ser reguladas de acordo com estes.

Estes pressupostos tiveram sua origem na produção em massa, numa época onde a demanda era de alto volume e de baixa variedade, e o que ocorreu ao longo do tempo é que se acreditou que a produção devesse sempre trabalhar com esta premissa "grandes volumes = a grandes lotes de produção".

Com este parâmetro os Sistemas de produção tinham como meta obter o equilíbrio entre o custo do setup e o custo do lote, daí surgiu o lote econômico que permite um equilíbrio limitado entre os custos, figura 4-1.

Esta estratégia de Gestão da Produção, através do lote econômico, fez com que a Engenharia Industrial não se preocupasse com a causa raiz do problema, o tempo de setup em si, sendo que o paradigma principal dizia que mudanças drásticas no tempo de setup eram impossíveis.

Tendo uma demanda com grande diversificação e baixo volume, para atender a esta demanda tem-se uma estratégia de agrupar os pedidos para ter grandes lotes de produção, o que resolve o problema de setup, mas aumenta os estoques.

Por outro lado quando a demanda exige pouca variedade e grande volume, a produção pode atender utilizando-se de pequenos lotes repetidamente, minimizando-se os estoques, porém com um grande número de setups é necessário.

Com isto pode-se concluir que as características da demanda podem ser separadas da oferta, e com isto a estratégia da produção deve ser definida com base na demanda, mas não que dizer que deva ser igual a mesma. Não se pode ter a falsa noção de que, porque grande volume é bom, grandes lotes também o são.

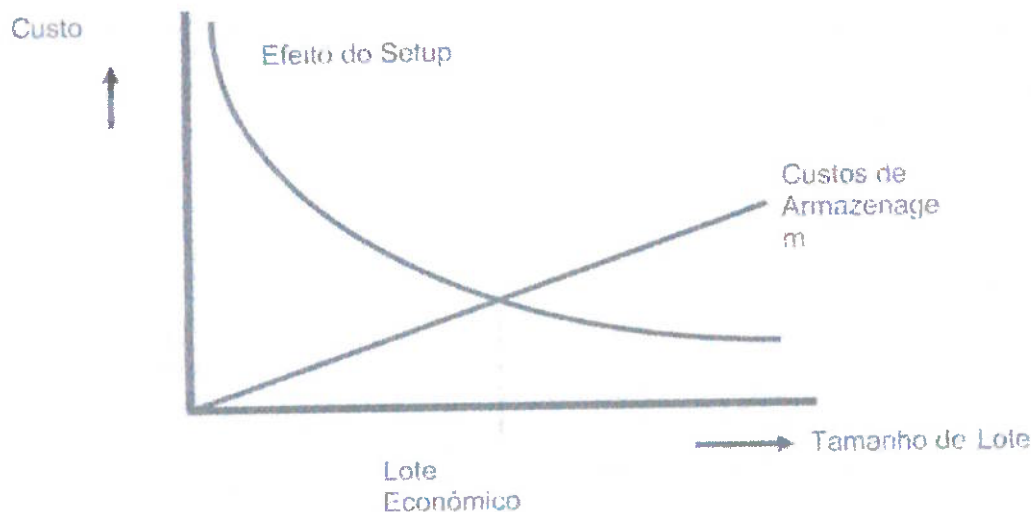


Figura 4.1 - Lote econômico (fonte Shingo, Shigeo)

Com este esclarecimento em mente, devemos encarar o tempo de setup como sendo um desafio a ser superado para que possamos atingir uma eficiência de produção melhor, com condições de atender a demanda de maneira eficaz através de pequenos lotes.

Quando se consegue trabalhar com pequenos lotes tem-se como principal vantagem a capacidade e agilidade de atender a mudanças no pedido do cliente, e também a mudanças de prioridade no trabalho.

As vantagens de se trabalhar com pequenos lotes:

- Aumento da taxa de giro de capital
- Redução do estoque que permitem o uso eficiente do espaço da planta
- A produtividade cresce à medida que as operações de manuseio de estoque são eliminadas.
- Bens não são perdidos devido a deterioração
- A capacidade de mesclar a produção de vários tipos de bens proporciona maiores reduções de estoque
- Aumento da flexibilidade de produção
- Aumento das taxas de utilização de máquinas e de capacidade produtiva

Trabalhando-se com pequenos lotes pode-se ainda aproximar do fluxo contínuo de produção, um dos conceitos da Manufatura Enxuta, pois a habilidade de troca entre modelos influencia diretamente a capacidade de criação de fluxo contínuo.

Como reflexão vale citar um trecho do artigo da revista Management, publicada pela Japan Management Association, em junho de 1976, escrito por Taiichi Ohno, ex-Vice Presidente da Toyota.

" ... Era comum que, após perder meio dia com setup, a máquina fosse utilizada por apenas 10 minutos. Agora, alguém pode estar pensando que, como um setup demorava meio dia, a produção deveria durar, pelo menos, o mesmo tempo. Isto, contudo, nos deixaria com grande quantidade de produtos acabados que nunca conseguiríamos vender. Estamos na busca de meios para reduzir o setup para alguns segundos. Obviamente é mais fácil falar do que fazer "

4.3. Método do Setup Rápido

O método de Setup rápido (Troca Rápida de Ferramentas) criada pelo Shigeo Shingo esta dividida em 5 partes:

- 1) Estabelecer metas desafiadoras;
- 2) Separar as atividades de setup interno das atividades de setup externo;
- 3) Converter setup interno em setup externo;
- 4) Reduzir as atividades de setup interno;
- 5) Reduzir todas as atividades restantes;

O primeiro passo para a aplicação da metodologia é o envolvimento de todos (engenheiros, técnicos e operadores), pois uma intervenção para melhoria de setup isolada não traz um resultado satisfatório, por este motivo que esta metodologia também promove o trabalho em equipe.

1) Estabelecer metas desafiadoras:

Estabelecer uma meta é um fator crucial para o sucesso da implementação do setup rápido, a própria metodologia nasceu de um desafio que foi colocado como meta para

Shingo, meta que a princípio pareceu impossível de ser atingida. Portanto caso você coloque uma meta muito fácil de ser atingida provavelmente você não terá aproveitado todo o potencial do time de trabalho.

Uma meta inicial razoável é a de atingir SMED (Single Minute Exchange of Die), no qual o tempo de preparação de máquinas deve ser completado em, no máximo, nove minutos e 59 segundos. Ao se estabelecer uma meta a mesma precisa ter uma data alvo para ser alcançada.

2) Separar as atividades de setup interno das atividades de setup externo.

Antes de realizarmos esta tarefa é preciso entender o que é um setup interno e um setup externo:

Setup Interno

São atividades que podem ser executadas apenas quando a máquina estiver parada.

Ex.: Montagem ou remoção de matrizes, ajustes, etc.

Setup Externo

São atividades que podem ser executadas enquanto a máquina estiver em operação.

Ex.: Transporte de matrizes, preparação de moldes, localização de ferramentas, etc.

Uma vez entendido o que significa cada tipo de setup, deve agora observar e registrar as atividades que são realizadas durante um setup, no local que ela está ocorrendo (Gemba), para isso pode se usar papel e cronômetro para tal (figura 4-2), em alguns casos o uso de filmagem da troca ajuda no registro das atividades, e o mesmo pode ser utilizado para que todos do time possam ter a mesma informação.,

Depois de identificadas as atividades realizadas durante o setup o time deve separar as atividades de setup interno das atividades de setup externo.

Folha de Observação do Tempo de Setup					
Passo	Descrição da Atividade	Tempos lidos		Tempo	Observações
		Início	Fim		
1	Pegar ferramentas do armário				
2	Soltar placa de arraste				
3	Pegar Paquímetro no armário				
4	Regular posição da luneta				
5	Fixar apoio para placa de arraste				
6	Fixar nova placa de arraste				
7	Pegar dispositivos de fixação				
8	Ajustar posição do dispositivo de fixação				Ajuste c/ chave soquete 3/4
9	Prender dispositivo de fixação				
10	Pegar Calibre de boca				
11	Regular limites mecânicos				
12	Regular limites elétricos				
TOTAL					

Figura 4.2 - Planilha exemplo de coleta de dados da atividade de setup

Folha de Observação do Tempo de Setup					
Passo	Descrição da Atividade	Tempos lidos		Tempo	Observações
		Início	Fim		
1	Pegar ferramentas do armário				Externa
2	Soltar placa de arraste				Interna
3	Pegar Paquímetro no armário				Externa
4	Regular posição da luneta				Interna
5	Fixar apoio para placa de arraste				Interna
6	Fixar nova placa de arraste				Interna
7	Pegar dispositivos de fixação				Externa
8	Ajustar posição do dispositivo de fixação				Interna
9	Prender dispositivo de fixação				Interna
10	Pegar Calibre de boca				Externa
11	Regular limites mecânicos				Interna
12	Regular limites elétricos				Interna
TOTAL					

Figura 4.3 - Exemplo de separação das atividades de setup interno e externo

3) Converter setup interno em setup externo:

Uma vez que entendidas e separadas todas as atividades de setup, agora será iniciada a conversão das atividades de interna para externas, é importante entender que o objetivo principal é deixar o equipamento parado o menor tempo possível.

Existem várias formas de se converter setup interno em setup externo, serão citados alguns deles:

Preparar as condições de operação antes do setup - Neste caso o que deve ser feito é realizar operações de pré-aquecimento de moldes, montagem de subconjuntos e preparação de ferramentas antes de parar a máquina para o setup.

Padronizar funções necessárias - Aqui o importante é analisar as funções necessárias (Centragem, fixação, extração, aperto e alimentação) do ponto de vista de setup e padronizá-las, veja exemplo na figura 11:

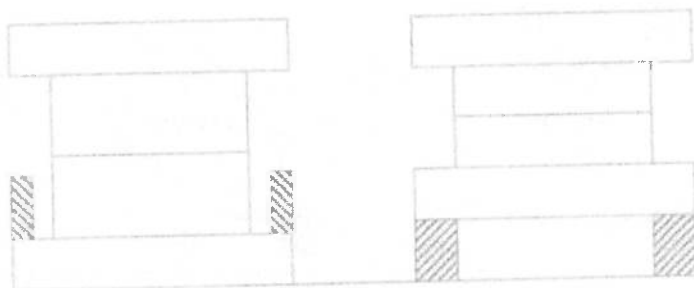


Figura 4.4 - Exemplo de padronização de altura numa matriz de prensa

(Fonte: Shigeo Shingo, Sistema de troca rápida de ferramenta)

Usar dispositivos intermediários - Em alguns casos o setup para ser realizado necessita de ajustes ou uma preparação da matriz para que a mesma encaixe na posição correta, nestes casos recomenda-se que tenhamos uma mesa, ou suporte intermediário para que se possa montar e ajustar a matriz na altura/posição adequada.

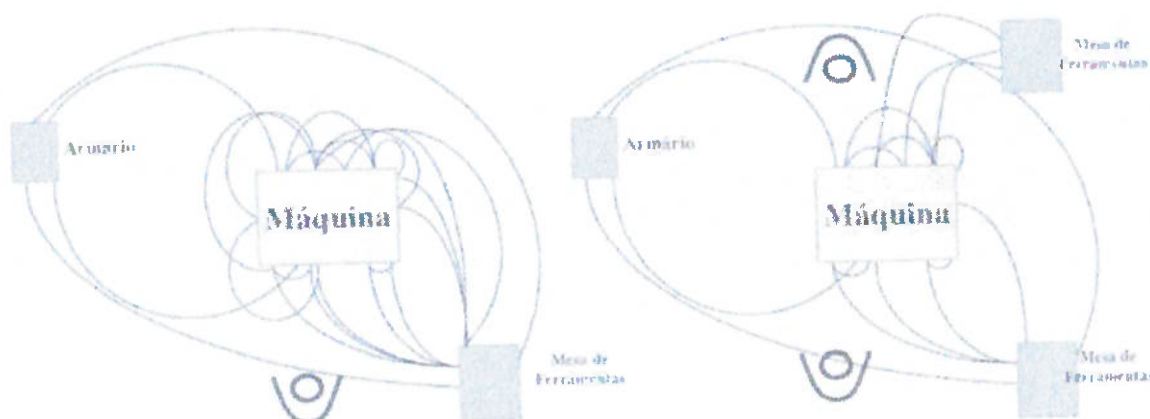
4) Reduzir as atividades de setup interno:

Reduzir as atividades de setup interno nada mais é do que o time prover alternativas para reduções do tempo de setup interno, isto pode ser feito através da realização de atividades em paralelo ou se eliminando ajustes.

Realização de atividades em paralelo - Vale ressaltar que quando se diz realizar atividades em paralelo, significa utilizar o tempo de um outro operador para auxiliar na preparação, normalmente um outro operador que tenha um pequeno tempo disponível.

Nas atividades em paralelo é preciso ter um método de trabalho sincronizado, caso contrário o esforço será perdido, pois os 2 operadores tem que realizar suas operações

de forma que o tempo de parada de máquina seja menor, este é um caso onde $1 + 1$ não é igual a dois, é muito mais, pois em alguns casos o tempo de redução é significativo, como mostrado na figura abaixo. À esquerda tem-se um operador realizando o setup, enquanto que à direita, dois operadores realizam o setup em sincronia. As linhas curvas representam o caminho de movimentação percorrido pelos operadores durante a atividade.

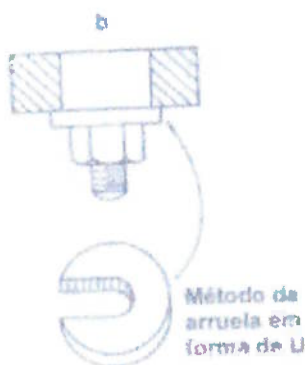


Fonte: "Kiyoshi Suzuki - The new Manufacturing Challenge"

Figura 4.5 - Exemplo de operação realizada em paralelo

Eliminar os ajustes - Para que os ajustes sejam eliminados, é preciso analisar cada caso e descobrir qual é o método adequado para que se possa ter um ganho significativo, estes métodos são em geral formas de simplificar a retirada e colocação de peças de fixação e métodos de reduzir o número necessário de ajustes.

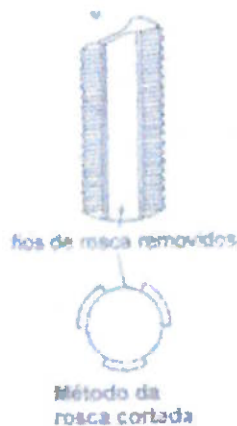
As figuras seguintes ilustram essas soluções:



Método da arruela em U

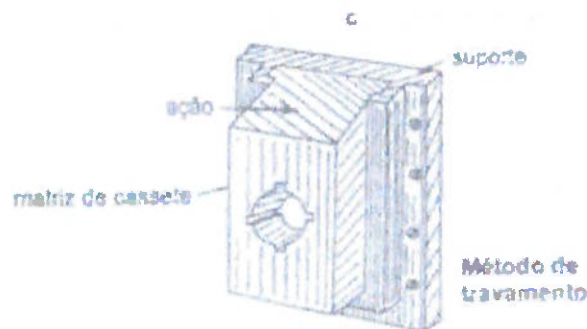


Método dos furos em formato de pêra



Método da rosca fendida

Método de Grampeamento



Método de ranhura em U

Método de travamento

Figura 4.6 – Exemplos de métodos de redução de ajustes

(Fonte: Shingeo Shingo, Sistema de troca rápida de ferramenta)

5) Reduzir todas as atividades restantes;

As atividades externas de setup são muitas vezes desprezadas pelos preparadores e podem causar longos períodos de tempo de setup, uma ferramenta muito útil para auxiliar o processo de setup é a utilização de um check-list preparatório, que possibilite a preparação antecipada de itens que afetem o setup externo.

O check-list deve ser específico e não genérico, ou seja, não deve conter frases do tipo: Preparar as ferramentas, mas sim algo como: Separar a chave allen 1/4; Separar o óleo

lubrificante MI, etc. Para elaboração do mesmo deve analisar um processo de troca e coletar informações com os operadores e preparadores.

Além do Check-list podem ser utilizados outros métodos de otimização:

Melhorar o sistema de armazenagem de ferramentas - Muitas vezes as ferramentas a serem utilizadas durante um setup estão localizadas em um local longe do ponto de uso, dificultando sua localização e uso. Uma maneira de se otimizar este processo é ter as ferramentas o mais próximo possível da posição de trabalho.

Implementar sistema de identificação Visual - O Sistema de identificação visual auxilia na localização de matrizes e ferramentas, possibilitando uma redução no tempo de localização dos mesmos.

A utilização de códigos de cores na identificação de matrizes associadas aos produtos podem auxiliar na localização dos mesmos quando da preparação do setup. Existem outras técnicas que podem ser utilizadas para a melhoria deste processo de setup externo tais como 5S, Kanban para o setup, etc..

4.4. Resultados do Setup Rápido

Os resultados que podem ser atingidos com a aplicação da metodologia de Setup rápido são inúmeros, sendo que entre eles podem ser citados:

- Tempo de setup reduzido - Este resultado é obtido diretamente, disponibilizando a máquina e o homem para serem mais produtivos.
- Aumento nas taxas de utilização de máquina e capacidade produtiva - Com um menor tempo de setup a taxa de utilização da máquina aumenta, pois ela fica mais tempo disponível para a produção.
- Eliminação de erros de setup - Com a implementação de check-list o treinamento para os operadores fica mais simples, eliminando-se os ajustes a troca se torna menos suscetível a erros.
- Qualidade melhorada - A eliminação de ajustes faz com que tenhamos menos rodadas de teste fazendo com que o refugo seja conseqüentemente menor.

- Maior segurança - Com a implementação de técnicas simples de troca o risco de acidentes diminui.
- Menores despesas - As despesas com o setup diminuem significativamente em função do menor tempo necessário para realizá-los.
- Menor exigência de qualificação - Com a simplificação do processo não há mais necessidade de mão de obra especializada, qualquer operador pode realizar a operação de setup, criando assim um ambiente de cooperação entre as pessoas.
- Permite a Produção em pequenos lotes - Com o setup reduzido podemos trabalhar com lotes menores de forma a atender mais rapidamente as variações na demanda.
- Aumento da Flexibilidade de produção - A flexibilidade aumenta em função dos pequenos lotes, e também na menor dependência de uma equipe especializada.
- Promove o Trabalho em *Time* - Com a aplicação das atividades em paralelo, o sincronismo da equipe que estiver realizando a troca passa a ser fundamental, sendo então necessário Trabalho em *time*.

No caso da empresa estudada, podem ser feitas melhorias de setup nas prensas de montagem da escova circular e na estamparia.

Na estamparia, a altura da base das matrizes utilizadas pode ser padronizada, deixando todas iguais por meio de calços. Com isso, elimina-se o ajuste dos parafusos reguladores de altura da própria prensa a cada troca de matriz.

Na prateleira, identificações das matrizes através de números ou cores, relacionando-os com o tipo de produtos gerados, melhorará consideravelmente no gerenciamento visual, eliminando perdas de tempo na procura pela matriz correta durante o *setup* da prensa.

As figuras 4.7, 4.8 e 4.9 ilustram o setor de prensas da fábrica, onde se percebe a variedade de ferramentas utilizadas e que não possuem a altura padronizada.



Figura 4.7 - Prensa da estamparia



Figura 4.8 - Prateleira das matrizes da prensa

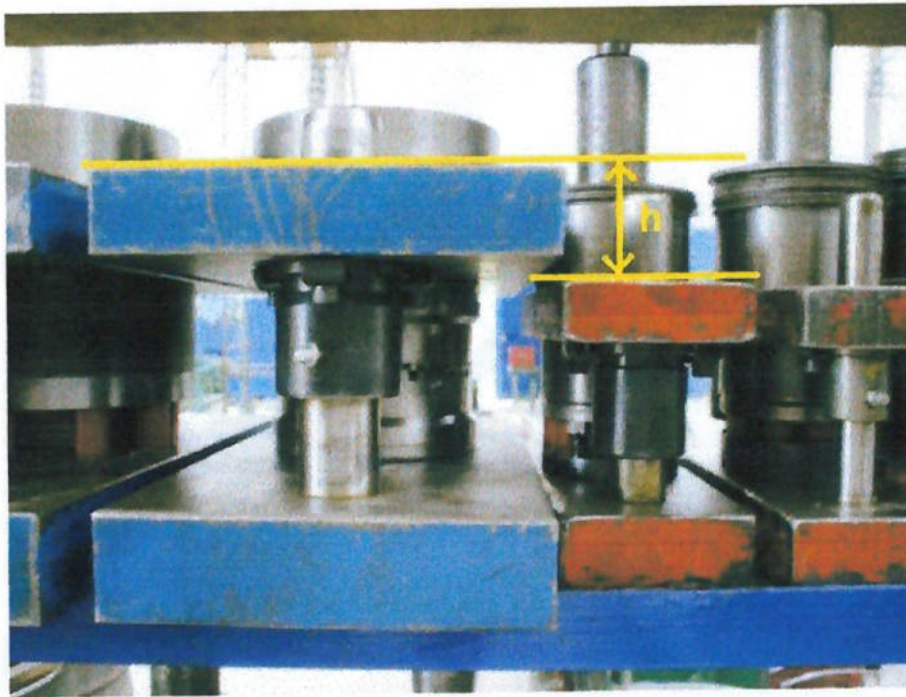


Figura 4.9 - Diferença de altura h entre as matrizes

Na prensa utilizada na montagem das escovas circulares, pode ser realizada a mesma padronização quanto as alturas das matrizes e identificações das mesmas.

Neste caso, pelo tamanho e peso elevado das matrizes, duas pequenas bancadas com rodas na base, cuja altura seja a mesma do local onde a matriz é colocada será útil. A primeira bancada servirá para retirar a matriz que estaria na prensa e que será trocada pela nova. Na segunda bancada, estaria a nova matriz que será colocado na prensa. Em ambos os casos, bastaria o operador empurrar a matriz colocando ou retirando da bancada, em vez de levantá-la do chão com ajuda de 2 a 3 operadores.

As figuras 4.10 e 4.11 ilustram a situação atual de trabalho, indevidas, que pode ser melhorada seguindo as sugestões apresentadas.



Figura 4.10 - Operador na prensa das escovas circulares



Figura 4.11 - Matrizes da prensa das escovas circulares

5 TPM (Total Productive Maintenance)

Surgiu em 1971, baseada no sistema de manutenção preventiva provindo das décadas 50 e 60, praticadas nos Estados Unidos. Nas duas décadas seguintes, houve o desenvolvimento deste sistema, sendo reconhecido em diversas empresas e países.

O início deste método, em 1971, ocorreu na empresa de peças automotiva Nippondenso Co., que utilizava um sistema de manutenção preventiva a cerca de uma década, através de um processo de manutenção onde havia a participação de todos os funcionários, dando origem ao sistema chamado inicialmente de “Total-member-participation PM”.

5.1 Definição e Objetivos

A definição original de TPM se restringia ao setor produtivo, mas em 1989 este conceito foi ampliado para toda a empresa. Contudo nesta abordagem iremos tratar somente de aspectos ligados ao sistema de produção. O TPM foi definido pelo *Japanese Institute of Plant Engineers* (JIPE) como:

1. Método para maximizar a eficiência dos equipamentos.
2. Processo para estabelecer um sistema completo de manutenção preventiva.
3. Sistema de operação que envolve planejamento, uso e manutenção de todos os equipamentos em qualquer setor da empresa.
4. Processo baseado em participação de todos os membros, do setor administrativo-gerencial aos operadores de máquinas e áreas de suporte.
5. Incentiva as atividades praticadas em pequenos grupos para realização de manutenção preventiva.

Os conceitos utilizados no TPM estão alinhados com o sistema de produção *Just in Time* (JIT), produzindo o necessário no momento necessário. Para que seja possível a utilização do JIT, entretanto, é necessária a redução de falhas esporádicas, pequenas paradas, minimização de tempos de setup e produção em pequenos lotes.

Para suportar este sistema, o TPM é usado, pois possui conceitos adequados ao JIT.

Podemos destacar os principais fatores:

- Tecnologia de manufatura ligada à operação
- Eliminação das perdas
- Prevenção de falhas em equipamentos
- *On-the-spot*
- Gestão participatória e respeito pelas pessoas

Os 8 princípios para o desenvolvimento do TPM são:

- 1) “Kobetsu-Kaisen” – para melhorar a eficiência da produção, eliminando as principais perdas.
- 2) “Jishu-Hozen” – execução de atividades especificamente por operários, chamados de sete passos.
- 3) Planejamento de manutenção – ação para evitar os chamados 8 principais defeitos.
- 4) Educação e treinamento para promover melhores habilidades de operação e manutenção.
- 5) Estabelecimento da produção e o dos sistemas de controle para novos produtos e equipamentos.
- 6) Estabelecer o sistema de qualidade de manutenção
- 7) Estabelecer a medição da eficiência dos departamentos administrativos
- 8) Estabelecer um ambiente seguro, higiênico e com proteção ao meio ambiente.

5.2 Melhorando a Eficiência de Produção

Para aperfeiçoar a eficiência das linhas de produção o TPM divide as perdas em quatro grandes grupos: na eficiência dos equipamentos, nas paradas e *start-up*, nos esforços humanos e nos uso das matérias-primas.

Os defeitos que impedem melhores valores de eficiência nos equipamentos são:

- defeitos crônicos ou esporádicos
- perdas em processos de ajustes ou setup
- perdas por falta de afiação das ferramentas

- perdas depois de paradas devido a reparos periódicos, longas paradas, feriados ou hora de almoço.

- perdas devido a pequenas paradas
- perdas devido à redução de velocidade nos equipamentos
- perda de capacidade por retrabalho

As falhas causadas pela força humana estão divididas em:

- perdas de tempo durante o processo de gestão
- perdas por movimentação inadequadas
- perdas por falta de organização das linhas de montagem
- perdas causadas por falhas em operações automatizadas
- perdas em horas trabalhadas para medições e ajustes na qualidade

As principais falhas que impedem o uso efetivo das matérias-primas são:

- desperdiço de matéria-prima
- gastos excessivos em energia (elétrica, combustível, vapor, etc.)
- necessidade de reparos em ferramentas

Através das visitas e entrevistas realizadas nas instalações foi possível analisar quais os tipos de perdas que se sobressaem. Estas falhas são:

- perdas em processos de *setup* (melhoria)
- perdas devido ao modelo de gestão da produção (Kanban)
- perdas em movimentações inadequadas (novo Layout)
- perdas devido à má organização das linhas de montagem (novo layout)
- desperdiço de matéria-prima (Kanban)

Conceito Básico do Planejamento do Sistema de Manutenção

O processamento e montagem de produtos em uma fábrica acontecem pela iteração homem-máquina, em processos automáticos, semi-automáticos ou manuais. Processos robotizados são sub-utilizados no Brasil atualmente, contudo não deixam de ser uma alternativa em longo prazo.

5.3 Tipos de Manutenção

Os tipos de manutenções normalmente realizadas se dividem em três categorias: manutenção preventiva, corretiva e preditiva.

5.3.1 Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva é estruturada sobre a previsão de vida útil dos componentes dos equipamentos. As substituições ou reparos podem ser realizados conforme uma base temporal ou segundo inspeções. Esta categoria de manutenção é aconselhável nos seguintes casos:

- Ciclos de vida útil de fácil previsão
- Existe pouca variabilidade de falhas
- Grandes benefícios em caso de substituições periódicas sem realização de inspeção

Manutenção com base no tempo (MBT)

Método: São efetuadas previsões teóricas ou práticas baseadas nos parâmetros de funcionamento de cada equipamento e contabilizadas segundo produtividade, turnos, dias, etc.

Deve-se sempre realizar a substituição ou reparo na data programada, independente da condição do componente.

Méritos: Baixo consumo de horas-homem em procedimentos de inspeção.
Reduzida frequência de falhas.

Deméritos: Frequentemente ocorre um número de manutenções superior ao necessário.
Exige altos gastos.

Manutenção por Inspeção (MI)

Método: Os equipamentos são frequentemente desmontados e tem seus componentes inspecionados. Segundo esta inspeção é tomada a decisão

sobre a necessidade de reparo ou substituição do componente ou da efetivação de uma nova data para posterior inspeção.

Méritos: Processo intermediário entre (MBT) e (MBE).

Deméritos: Necessidade de um elevado número de procedimentos de inspeção.

5.3.2 Manutenção Preditiva

Neste procedimento a manutenção é realizada baseada nas condições dos componentes-chaves dos equipamentos, que passam por diagnósticos e inspeções para que estes componentes sejam utilizados segundo toda efetividade de sua vida útil. Para isso, em geral existe a necessidade de investimentos tecnológicos em inspeção, diagnóstico e monitoramento do desgaste dos componentes para detectar algum tipo de anomalia que indique eminência de falha.

No momento em que detecta a eminência de falha se processa o reparo ou substituição do componente.

Manutenção baseada no Estado do componente (MBE)

Método: Identificar a deterioração dos equipamentos através de sistemas usualmente *on-line* e proceder com os reparos no momento que a deterioração atingir o valor crítico pré-estabelecido.

Méritos: Redução do número de processos de manutenção desnecessário e reduzido em relação ao MBT.

Deméritos: A instalação de sistemas de monitoramento requer elevados gastos, assim como uma maior força de trabalho envolvida com a manutenção.

5.3.3 Manutenção Corretiva

Este procedimento se baseia na troca de componentes somente a ocorrência de falhas.

Deste modo, é utilizado em casos onde:

- Incidência de falhas decorre em perdas mínimas
- A deterioração ocorre de maneira generalizada, impedindo inspeções.

Método: Substituição ou reparo dos componentes somente após a parada do equipamento. Não se deve realizar inspeções ou trocas periódicas de componentes.

Méritos: Os componentes são utilizados realmente até o fim de sua vida útil e a redução de custos decorrente de não serem processadas inspeções ou reparos cobrem as perdas ocasionadas pelas falhas.

Deméritos: As falhas são maiores, reduzindo a eficiência da produção.

5.4 Estrutura do Setor de Manutenção

Uma importante consideração para o bom funcionamento e execução do plano de manutenção é como se relacionam a operação e manutenção, pois o número de atividades a serem realizadas pela equipe envolvida na manutenção é extenso, exigindo cooperação de outras áreas da fábrica, como programação e produção.

A organização da equipe de manutenção pode ser centralizada, descentralizada ou híbrida. Quanto às áreas de atuação, tradicionalmente se divide a atuação em máquina, eletricidade, eletrônica, diagnóstico e predial. A tabela seguinte ilustra o relacionamento entre áreas de atuação e estrutura de equipe.

Tabela 5.1 Organização das Áreas para manutenção

Áreas Organização	Máquinas	Eletricidade	Eletrônica	Diagnóstico	Predial
Centralizada					
Descentralizada					
Híbrida					

	Sistema de uso moderado
	Sistema de uso generalizado
	Sistema pouco usado
	Sistema não se aplica

5.4.1 Manutenção Centralizada

Esta organização é estabelecida por centros de manutenção postados em centros fixos de serviço e donde os grupos de atuação saem para efetuar os atendimentos necessários nas estações das linhas de produção.

- Méritos:** Desenvolvimento de tecnologias e habilidades balanceadas na equipe.
Possibilidade de profundos estudos sobre os defeitos.
- Deméritos:** Pode haver dificuldade de interação com o sistema produtivo.
Pode haver na falha ou superficialidade nas informações sobre a operação.

5.4.2 Manutenção Descentralizada

Neste modelo os responsáveis pelos procedimentos de manutenção estão dispostos próximos às estações de trabalho nas linhas de produção. É usual em instalações de médio a grande porte, existindo em geral um responsável direto por manter a linha trabalhando, este profissional é chamado de mecânico de linha.

- Méritos:** Apresenta melhor coordenação com as ações da produção.
As ações de reparo são efetuadas em menores tempos.
- Deméritos:** A disseminação dos desenvolvimentos tecnológicos e das habilidades daqueles que trabalham com manutenção é deficiente.
Necessidade de um número maior de trabalhadores.
Maior dificuldade para criação de um sistema de rotação de postos.

5.4.3 Manutenção Híbrida

Como o nome aponta, este sistema trabalha com os dois conceitos apresentados acima, trabalhando de forma complementar, isto é, existem responsáveis diretos pelo funcionamento da produção, que estão localizados no chão de fábrica, e existe uma estrutura de apoio a estes profissionais, principalmente em casos de falhas de dimensões maiores.

- Méritos:** Excelente coordenação com o sistema produtivo.
É possível haver uma ampla disseminação das tecnologias e habilidades no grupo, assim como é possível o estudo detalhado dos casos de falhas.
- Deméritos:** Necessita-se de mais organização e habilidade para gerenciar este sistema.
Necessidade de identificação de objetivos claros para programar o sistema de rotação de postos.

5.5 Manutenção Autônoma

O sistema de manutenção autônoma é caracterizado pela participação da equipe de produção atuando em conjunto com a equipe de manutenção. Obviamente que não se espera que todos responsáveis pela produção possuam as mesmas habilidades do que aqueles que trabalham com exclusividade no setor de manutenção.

A base deste sistema esta no fato dos operadores de equipamentos possuírem habilidades suficientes para realizar manutenções diárias.

A manutenção cotidiana dos equipamentos consiste na limpeza, lubrificação e checagem de pontos específicos do equipamento. A vantagem deste sistema pode ser ilustrada comparando a lavagem de um carro pelo seu dono e pelo posto. Quando o proprietário do veículo executa sua limpeza, ele consegue detectar riscos na lataria, pequenos amassados, vazamentos ou afrouxamento de componentes. Desta forma, pode se agir sobre estes pequenos pontos rapidamente e antes de se concretizar em uma falha que irá proporcionar a parada do veículo.

A limpeza e a lubrificação em especial são ações que se executadas segundo as normas de manutenção irão fazer com que os sistemas dos equipamentos sua vida útil estendida, pois, a poeira é constituída basicamente por sílica, que por sua vez tem elevada dureza. Esse material em contato com as partes móveis de qualquer equipamento irá atuar como um terceiro corpo de desgaste. Assim, justifica-se a limpeza para retirada deste material e a utilização de um lubrificante adequado.

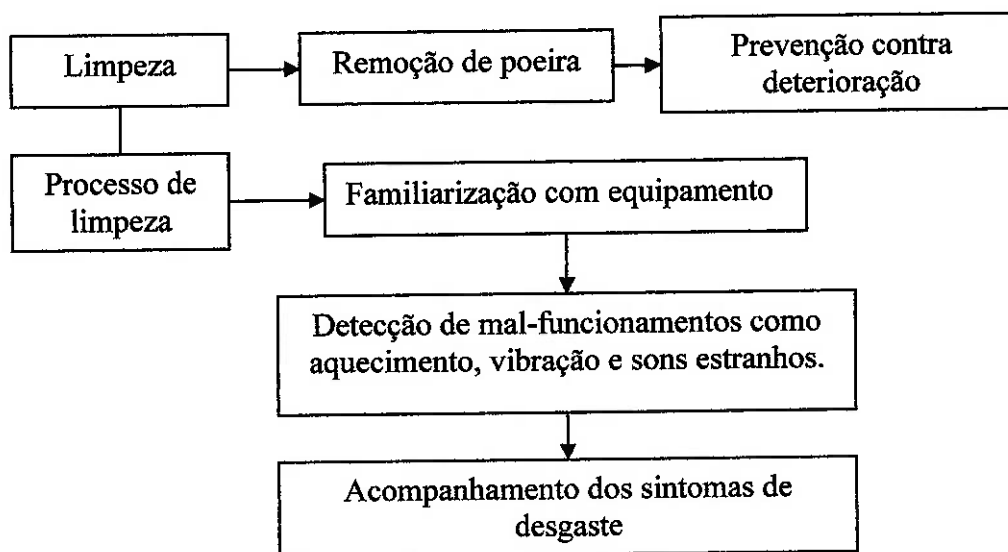


Figura 5.1 Sistema de manutenção autônoma

5.6 Análise de Falhas

Melhorias podem ser realizadas através da análise de falhas, que consiste em estudos detalhados para detectar a(s) causa (s) raiz do problema.

Na gestão da manutenção, o objetivo inicial é eliminar os defeitos causados por falhas esporádicas, que são de proporções maiores e mais evidentes, e que seguindo conceitos básicos de manutenção com disciplina são solucionados facilmente. Contudo, para desenvolver melhorias no processo de manufatura da fábrica e reduzir ao mínimo possível de ocorrências das falhas crônicas é necessária uma análise mais aprofundada sobre as causas destas falhas.

Como dito anteriormente, as ocorrências de falhas em geral são classificadas em falhas crônicas e esporádicas, que podem ser definidas como::

5.6.1 Falhas Crônicas

Este tipo de problema é caracterizado por número de defeitos pequeno e com frequência aleatória no tempo. Para se reduzir a ocorrência deste fenômeno é necessário que a gerência tome ações quanto a mudanças no método de produção, pois estes defeitos são inerentes ao processo.

5.6.2 Falhas Esporádicas

São caracterizadas por ocorrências de baixa frequência e um elevado número de defeitos por ocorrência. Esta espécie de defeito é relacionada a falhas de equipamentos, isto é, os equipamentos estão em funcionamento não conforme.

Em geral, a responsabilidade sobre estas ocorrências recaem sobre os responsáveis pela operação e manutenção dos equipamentos.

O gráfico abaixo ilustra as ocorrências das falhas crônicas e esporádicas. As falhas crônicas, que acontecem cotidianamente, estão ao redor do valor médio previsto para o processo atual. Estes valores estão inseridos entre o limite superior e o limite inferior, que são linhas extremas de aceitação, fora destes limites o processo está fora de padrão, o que não garante a qualidade especificada ao produto.

O destaque corresponde a um pico de falhas, que é sinal da ocorrência de uma falha esporádica, que acontece com baixa frequência, contudo causando um grande estrago.

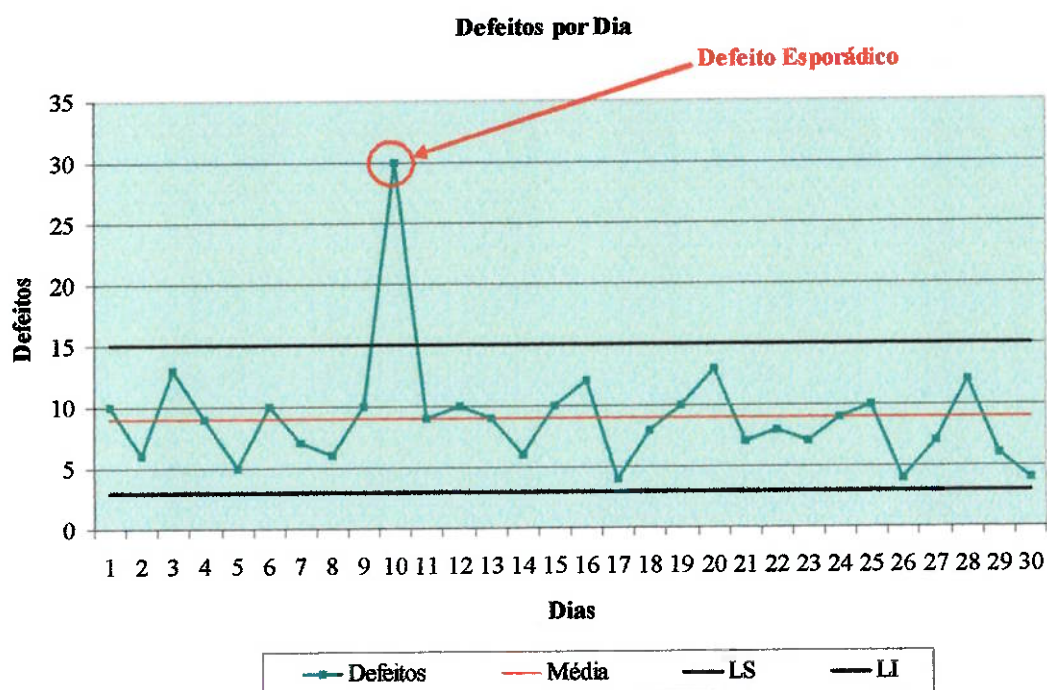


Figura 5.2 Frequência de falhas

Uma orientação para encontrar as causas dos defeitos crônicos é ilustrada na figura a seguir:

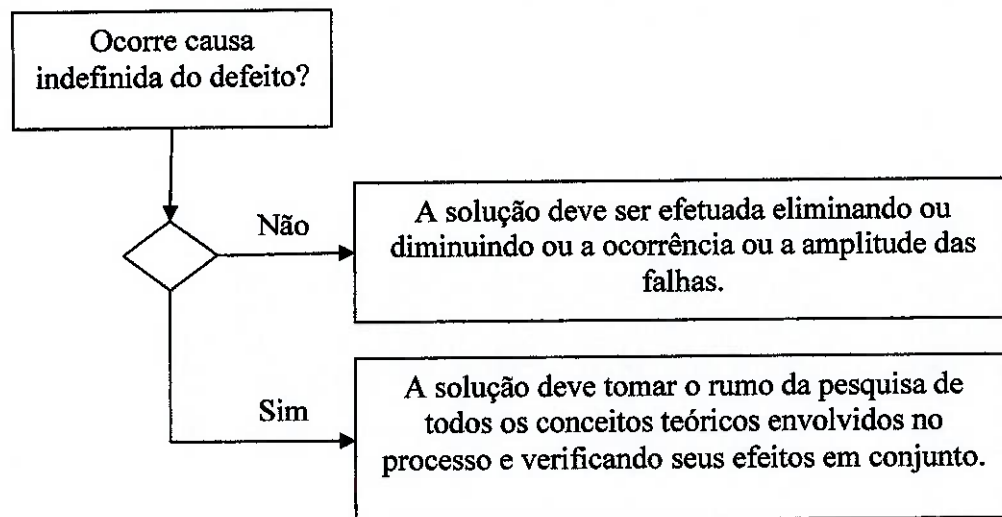


Figura 5.3 - Investigação das causas

Cada elemento de máquina tem seu ciclo de vida dividido em concepção, uso e falha. Estes elementos são relacionados de acordo com a ilustração:

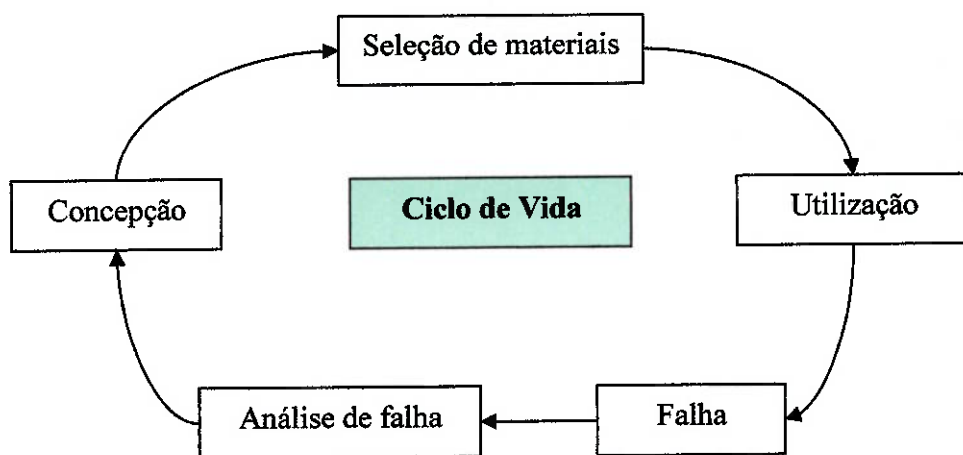


Figura 5.4 - Ciclo de vida das máquinas

No ato das análises das falhas, um modelo de ação segue os seguintes passos de pesquisa da causa raiz da falhas:

- Histórico do componente (falhas anteriores)
- Histórico de operação do equipamento

- Análise visual (trincas, oxidação, contaminação, etc.)
- Ensaaios não destrutivos
- Ensaaios destrutivos

5.7 Modelo de Gestão de Manutenção Proposto

Para estabelecer um sistema de produção conforme os ideais do sistema Lean de produção é de vital importância que haja um sistema de manutenção eficiente, e este será desenvolvido segundo os conceitos básicos estabelecidos pelo TPM. Contudo não será possível neste momento estabelecer o sistema completo, assim o programa será redimensionado e adequado à maturidade da empresa.

O programa de manutenção será composto pelas seguintes partições:

- 1) Inventariar todos os equipamentos
- 2) Preparar o sistema de controle de manutenção para a fábrica
- 3) Preparar um cronograma de manutenção preventiva
- 4) Estabelecer ações que serão de responsabilidade dos operadores dos equipamentos
- 5) Treinamentos e *job-rotation*

5.7.1 Inventário de Equipamentos

Os equipamentos que são os beneficiadores de matéria-prima nas famílias de produtos analisadas são:

Família A - escova

Família B- escova

Família C - escova

Os equipamentos serão catalogados segundo suas funções, através da seguinte codificação:

Os dois primeiros algarismos codificam o nome do equipamento, enquanto os algarismos individualizam cada estação de trabalho.

Por exemplo: a fábrica possui 10 aparadeiras

Codificação: AP - 01 AP- 02 AP-03
 AP - 04 AP - 04 AP -05
 AP - 06 AP - 07 AP -08
 AP - 09 AP - 10

Cada máquina deverá ter afixado em sua estrutura a codificação, e adicionalmente a isso pode haver uma sinalização estabelecida acima dos equipamentos para facilitar a localização das estações de trabalho, tanto por parte da equipe de manutenção como do coordenador de produção.

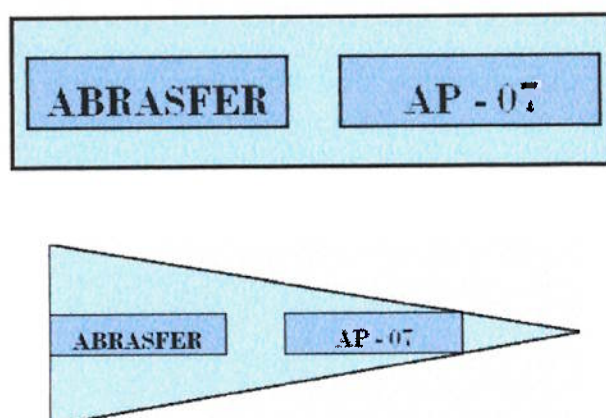


Figura 5.5 - Identificação das máquinas

5.7.2 Controle de Manutenção

Neste procedimento de controle, as principais informações a serem tomadas em relação a todo equipamento da fábrica são:

- Produção
- Número de paradas por falhas
- Número de produtos defeituosos
- Histórico de manutenções

Estas informações são facilmente armazenadas em planilhas eletrônicas como as usadas no aplicativo Microsoft Office Excel. Porém dificuldade maior acontece no momento de coleta destes dados.

Para se coletar estes dados, será elaborada uma planilha diária para preenchimento em cada estação de trabalho. A responsabilidade pelas anotações ali feitas será dos operadores, e a compilação dos dados será de responsabilidade do coordenador da manutenção.

[illegible]

Figura 5.6 - Folha de controle de manutenção

5.7.3 Cronograma de Manutenção Preventiva

Devido ao porte da empresa, optou-se por uma gestão de manutenção híbrida, utilizando o coordenador de produção como responsável direto por manter o fluxo contínuo de produção. Havendo qualquer parada nas linhas de produção este é o primeiro a atuar sobre o defeito, e em caso de ser uma falha que exija uma mão-de-obra especializada ou maior demanda de trabalho, o coordenador aciona a equipe de manutenção.

Como o número geral de ocorrências de manutenções corretivas é baixo, segundo testemunho de Tadeu, proprietário da fábrica, para não sobrecarregar os custos de operação, a própria equipe de manutenção corretiva será responsável pelas manutenções preventivas.

O plano de manutenção preventiva deve ser elaborado balanceando dois aspectos:

- Necessidade de manutenção
- Necessidade de efetuar a produção

Assim, deverão ocorrer reuniões entre operadores, coordenação e gerência para:

- Verificar quais os principais sistemas que falham em cada equipamento.
- Verificar quais são os componentes que exigem troca periódica.
- Estimar a quantidade de horas necessárias para cada manutenção
- Alocar estas manutenções de forma balanceada durante o ano (em caso de produção sazonal, realizar as manutenções durante o período de baixa)
- Verificar se com esta alocação de manutenções a produção tem capacidade de cumprir suas metas

5.7.4 Manutenção Autônoma

As ações que serão efetuadas pelos operadores são classificadas como manutenção autônoma. Basicamente, será de responsabilidade dos operários a realização de um *check-list*, que descreve quais pontos devem ser vistoriados, para iniciar o uso em segurança de cada equipamento, assim como os procedimentos de limpeza ao final dos turnos e quais os pontos necessitam de lubrificação. O *check-list* deve ser elaborado por operadores experientes e responsáveis pela manutenção.

5.7.5 Treinamento e Job-rotation

Para que seja possível a adoção deste sistema de manutenção, além de planejamento, deve ser realizado investimento em treinamento. Estes treinamentos devem desenvolver a habilidade dos operadores para efetuarem as manutenções autônomas, assim como deve promover o balanceamento das atividades produtivas e disseminação do conceito de trabalhadores multi-funcionais.

5.7.5.1 Balanceamento das Atividades de Produção

Este conceito visa realmente balancear os tempos de execução das tarefas na fábrica, para isso, devem-se observar diferentes operadores trabalhando no mesmo equipamento e tomar os tempos e atividades realizadas por cada um deles. Com base neste banco de

informações, há possibilidade de efetuar um padrão de trabalho reduzindo os tempos de trabalho e em alguns casos, esforços desnecessários.

Com a realização dos treinamentos, preferencialmente nas estações de trabalho, para todos os trabalhadores, além de tempos reduzidos, não haverá diferença significativa no tempo de operação, facilitando a implementação do conceito de *job-rotation*.

5.7.5.2 Job-rotation

Este sistema de trabalho exige trabalhadores multi-funcionais, pois durante o mês, a semana, ou até mesmo um turno, segundo este princípio, os trabalhadores tem liberdade para realizarem trocas de funções com outros funcionários. Geralmente estas trocas ocorrem para cobrir a ausência de algum elemento da linha, que, por exemplo, necessitou se retirar para ir ao banheiro, ou atender um telefonema urgente.

5.7.5.3 Trabalhadores Multi-funcionais

Trabalhadores multi-funcionais, como o nome explicita, são aqueles funcionários com capacidade de efetuar o trabalho em mais de um posto. Esta característica é altamente desejável, pois cria facilidades em casos de ausência de algum funcionário.

Usa-se geralmente um quadro de habilidades para resumir estas informações.

Equipamentos	1	2	3	4	5
Trabalhadores					
A					
B					
C					
D					

Sem treinamento
 Iniciante
 Usuário experiente

Em treinamento
 Usuário

Figura 5.7 - Quadro de Habilidades

6 Conclusão

O método *Lean* de produção, adotado neste trabalho para atingir os objetivos, mostra claramente as possibilidades de redução dos custos de produção, diminuindo o tempo desde o processamento da matéria prima até o momento de chegada do produto final aos clientes (*Lead Time*) através da criação de fluxos nos processos, eliminando ilhas isoladas de trabalho e substituindo por células de trabalho, e aumentando a produtividade, e redução do número de estoques.

Observa-se a importância do Mapeamento do Fluxo de Valor, no qual através de sua análise pôde-se mostrar que não havia necessidade da automatização das máquinas, ponto este, que era um dos objetivos do trabalho. Isso só foi possível devido a visão de todo o processo como um sistema único, dificilmente percebido se fosse analisado máquina a máquina.

Tanto o sistema Kanban, supermercado que controla produção e estoques mínimos, os métodos de redução do tempo de setup, e a manutenção das máquinas, adotados tem a finalidade de criar o fluxo contínuo na produção e deixar as máquinas paradas o menor tempo possível. Isto levou a uma redução no tempo total de processamento, agregando mais valor ao produto final e eliminando desperdícios.

Com a compilação dos dados das demandas dos últimos meses da fábrica dimensionou-se o supermercado e o kanban. Devido aos atrasos na mudança para a nova instalação da fábrica em Arujá-SP, prevista para o início de outubro, mas ocorrendo efetivamente no final de novembro, houve um atraso na implementação do sistema kanban e a aplicação do setup rápidos e planos de manutenção. Porém, foi possível testar uma das linhas de fabricação piloto na nova configuração de layout. As escovas da família B, que apresentaram lead time de 2 dias, que representa uma redução de mais de 5 vezes o lead time na planta antiga.

Os próximos passos necessários para melhorar ainda mais o fluxo do processo seriam pôr em prática o método do *setup* rápido nas prensas reduzindo assim, o tempo de *setup*, o nivelamento e a implementação do sistema *kanban* como controle da produção, padronização de todas as operações realizadas durante a fabricação dos

produtos e redução contínua de estoques. Assim, a fábrica terá condições de tornar-se cada vez mais flexível, atendendo a demanda e ao mesmo tempo, reduzir os custos, porém, garantindo a qualidade de seu produto sendo entregues no prazo ao cliente.

REFERÊNCIAS

JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE. **TPM, Total Productive Maintenance: New Implementation Program in Fabrication and Assembly Industries.** Tokyo JIPM, 2000.

MONDEN, Y. **Toyota Production System: an integrated approach to just-in-time.** 3.ed. Georgia: Engineering & Management Press, 1998.

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

ONODA, J., JUNIOR G. L., MARCHIOLI, N., CARDOSO, A., **Setup Rápido,** Lean Institute Brasil.

CARDOSO, A., LOBO, C., BATTAGLIA F., MARCHIOLI, N. **Criando Fluxo Contínuo,** Lean Institute Brasil.

CARDOSO A., FAVARO C., TARDIN, G., BATTAGLIA F., PICCHI F., **Nivelamento da Produção,** Lean Institute Brasil.

ROTHER, M., SHOOK, J., **Treinando para Enxergar,** Lean Institute Brasil.

ANEXOS

Interpretação do Mapa do Fluxo de Valor



Cliente

Ícone fábrica do cliente: O mapeamento sempre se inicia pelo cliente, pois o fluxo de valor deve ser projetado para atingir as necessidades específicas do cliente. Este é indicado pelo ícone fábrica na parte superior direita da folha.



Ícone fábrica: Representa a fornecedora de matéria prima



Ícone caminhão: Indica a frequência de entrega dos produtos para o cliente.

EMBALAGEM IND	
Op.	1
TC	3,5 s
TR	0
Disp.	100%

Caixa de processo e dados: Contém informações detalhadas de cada um dos processos de produção do fluxo de valor.

TC (tempo de ciclo): É a frequência com que uma peça está saindo no final de um processo. Este número pode ser comparado diretamente com o ritmo da demanda do cliente.

TR (tempo de troca): Equivale ao tempo levado para realização do *setup* no processo.

Disp. (disponibilidade): É a percentagem de tempo que é preciso do equipamento e que está disponível para trabalhar. Quebras não planejadas ou disponibilidade operacional são outros meios de dizer isto. Pode ser chamado também como *uptime*.



Estoque: O ícone do estoque é o triângulo de atenção. É registrada a quantidade de estoque observada (em dias) embaixo do triângulo.

TT (tempo takt): Takt é uma palavra alemã que significa ritmo ou batida. É um número de referência que é usado para sincronizar o ritmo de produção com o ritmo das vendas. Para calcular, deve se tomar o tempo total de trabalho efetivo em um turno. Subtrai-se o tempo de qualquer parada, reuniões, limpeza. Após isso, divide-se o tempo total de trabalho pela quantidade solicitada pelo cliente no turno.

LT (lead time): É o tempo que uma peça leva para atravessar o fluxo de valor, do início ao fim.

TP (tempo de produção): É o tempo que efetivamente está sendo agregado valor na peça.



Ícone Supermercado



Rota do kanban



Retirada



Necessidade de melhorias

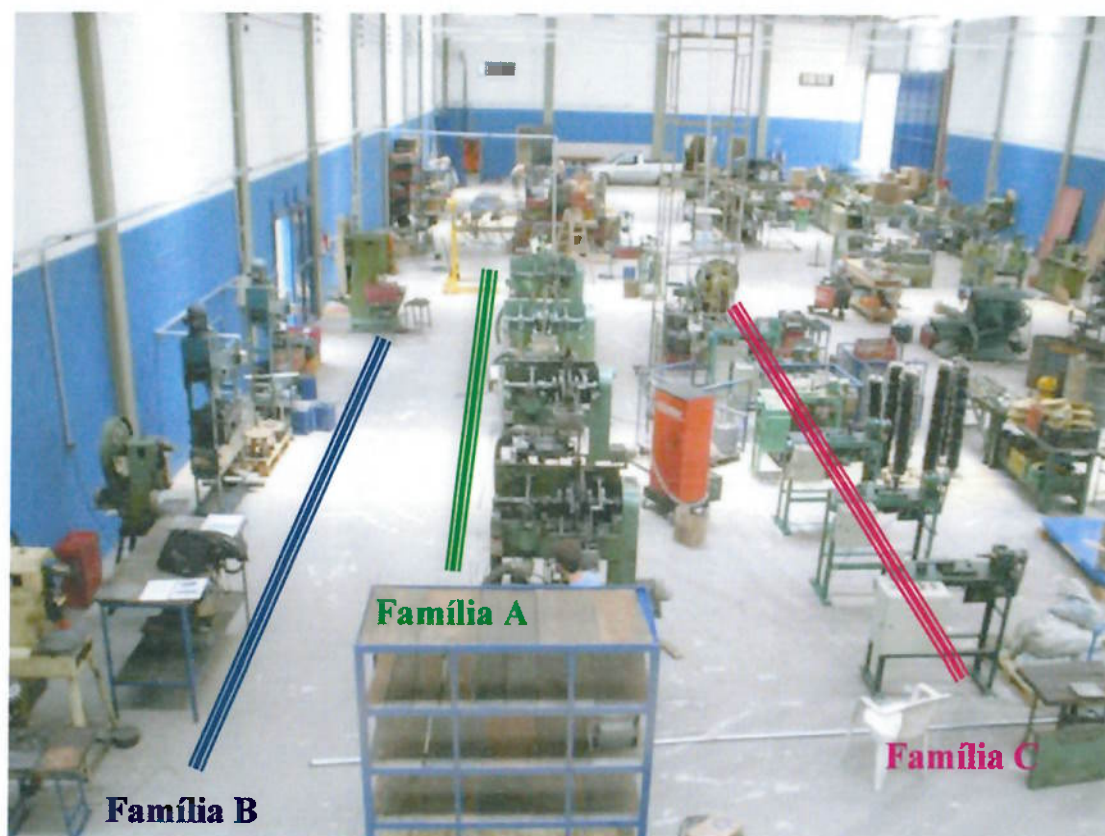


Figura 3.12 – Disposição das máquinas de acordo com novo layout

Tabela 3.5 - Comparação do *Lead time*

Família de Produto	<i>Lead Time</i> Estado Atual	<i>Lead Time</i> Estado Futuro	Lead Time Alcançado
A	7,5 dias	2 dias	-
B	11 dias	3 dias	2 dias
C	11 dias	3 dias	-

Estes resultados podem ser melhorados através da implementação das ferramentas do setup rápido e do TPM, que serão abordados nos tópicos seguintes.

4 Setup Rápido

A redução do tempo de *Setup* é um elemento central no contexto do sistema de produção com mínimo de estoque, sendo a Troca Rápida de Ferramentas (TRF), o método mais efetivo para implementar a produção *Lean*.

O *setup* de vários produtos de uma linha, antes deles se tornarem produtos finais, requer às vezes dias. Este tempo de *setup* toma um tempo de produção considerável, afetando negativamente a capacidade, a qualidade e o custo dos produtos, e fatalmente afetando a sua competitividade. Uma simples organização de técnicas e métodos de troca rápida gera grandes ganhos em tempo de *setup*.

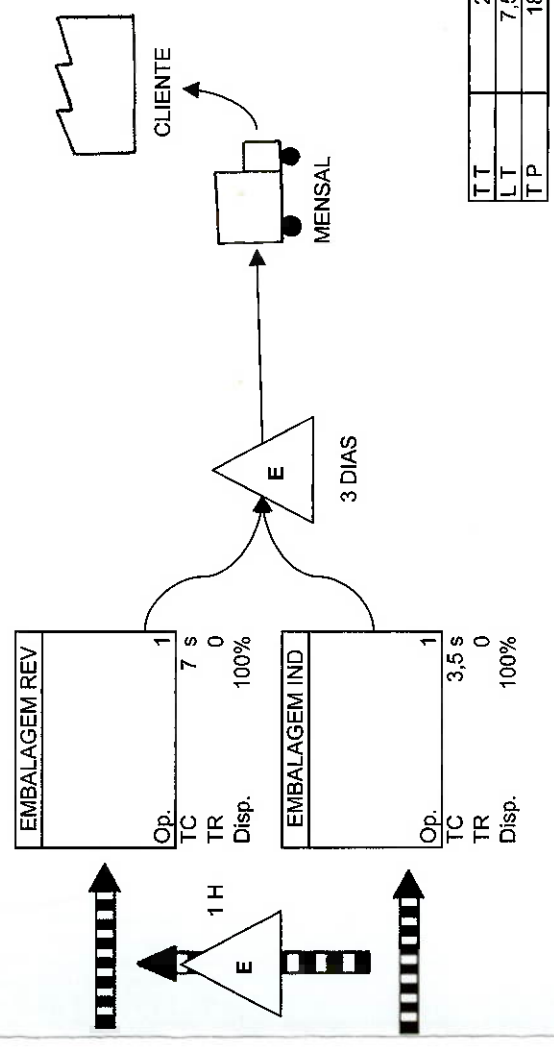
Reduzir o tempo de *setup*, é essencial para se trabalhar com lotes pequenos aumentando a flexibilidade de produção, de forma a atender mais rapidamente as variações na demanda. Assim, ajuda a ter um nivelamento melhor.

4.1 História da Troca Rápida de Ferramentas

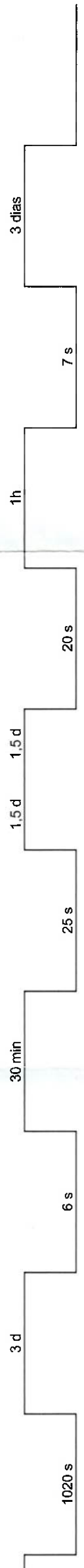
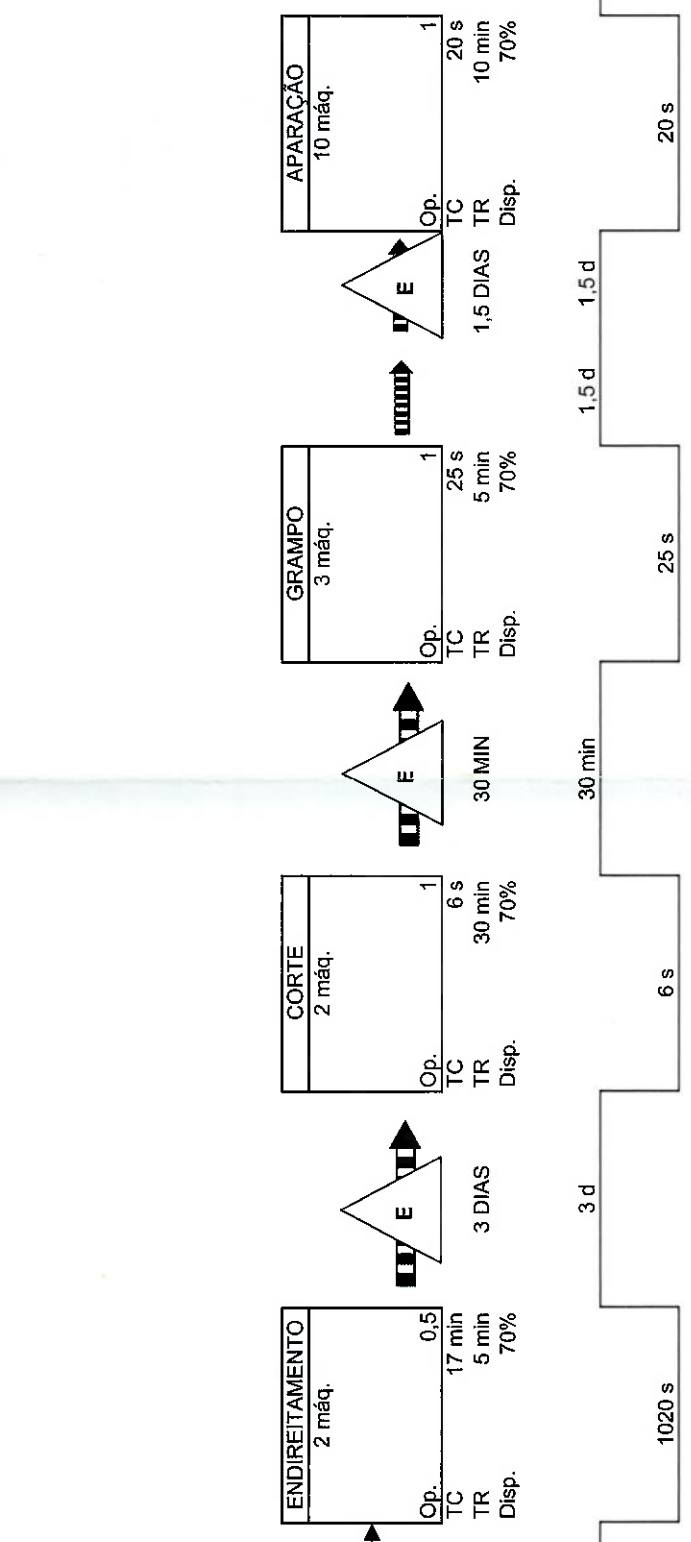
A Metodologia de Troca rápida de ferramentas teve seu nascimento na primavera de 1950, quando Shigeo Shingo realizou um estudo de melhoria na planta Mazda da Toyo Kogyo em Hiroshima (que fabricava veículos de 3 rodas), onde o desafio era eliminar o gargalo causados pelas prensas de estampagem de 350,750 e 800 toneladas.

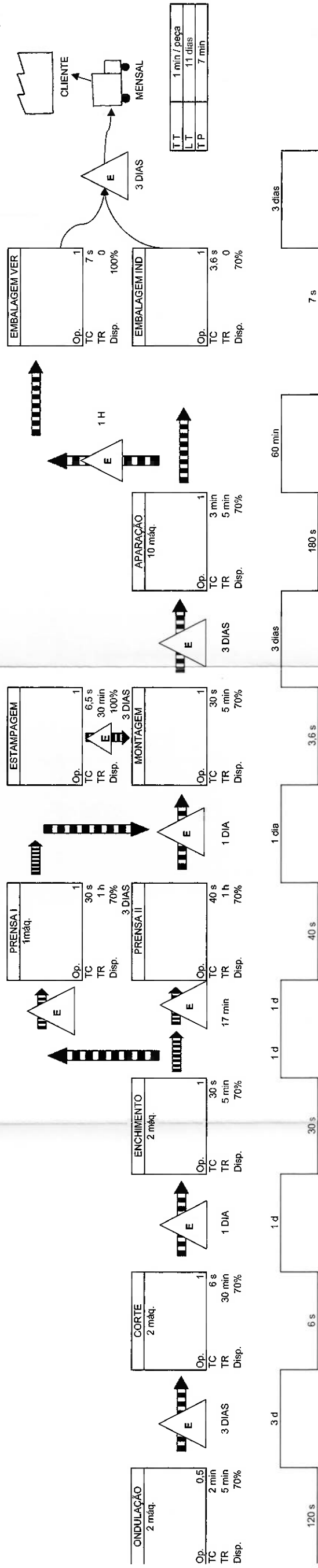
Durante a análise de uma troca de ferramenta da máquina de 800 Toneladas, ele percebeu que a troca ocorria de forma desordenada, onde os operadores retiravam a ferramenta anterior e corriam por toda parte, ao perguntar ao operador o que estava acontecendo ele respondeu que estava faltando um parafuso para fazer a montagem da nova ferramenta e todos estavam procurando o mesmo, após mais de uma hora um operador voltou com o parafuso. Novamente perguntou ao operador se tinha achado o parafuso, a resposta foi que ele não tinha achado e que pegara um parafuso de outra ferramenta e tinha retrabalhado o mesmo para que fosse utilizado.

Com este acontecimento ficou claro para Shingo que as atividades de *setup* se dividiam em duas Setup Interno (montagem ou remoção de matrizes, só podem ser realizadas com a máquina parada) e Setup Externo (Transporte de matrizes, podem ser realizadas com o equipamento em funcionamento).

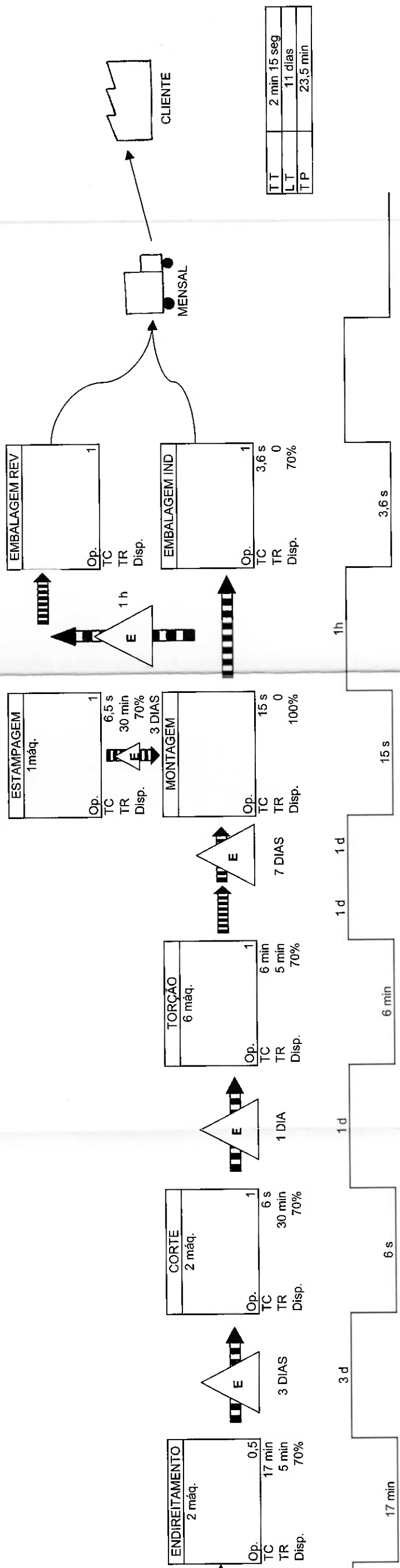


TT	26 s
LT	7,5 dias
TP	18 min





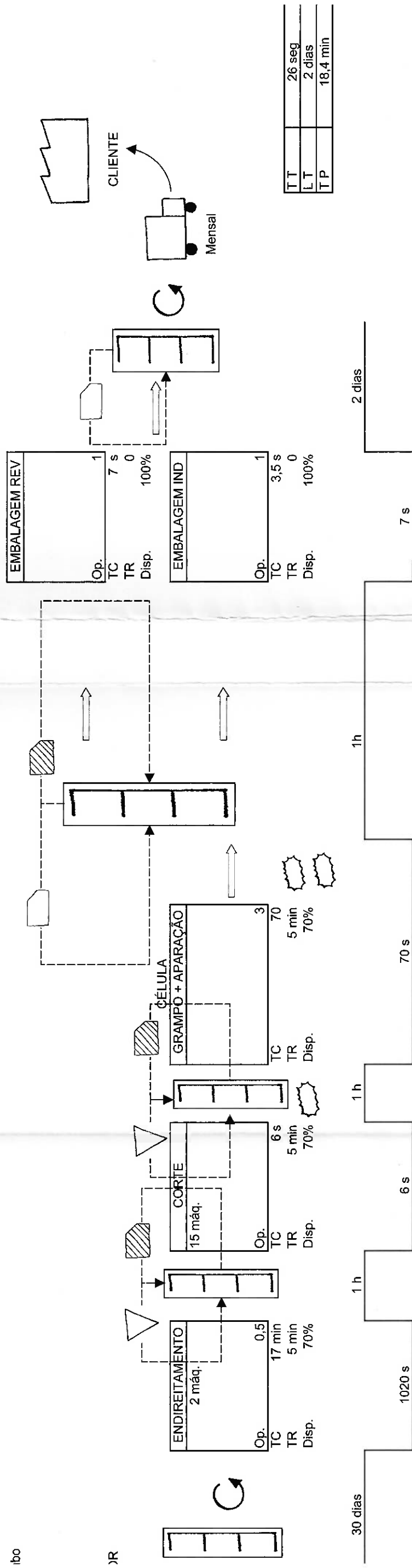
TT	1 min / peça
LT	11 dias
TP	7 min



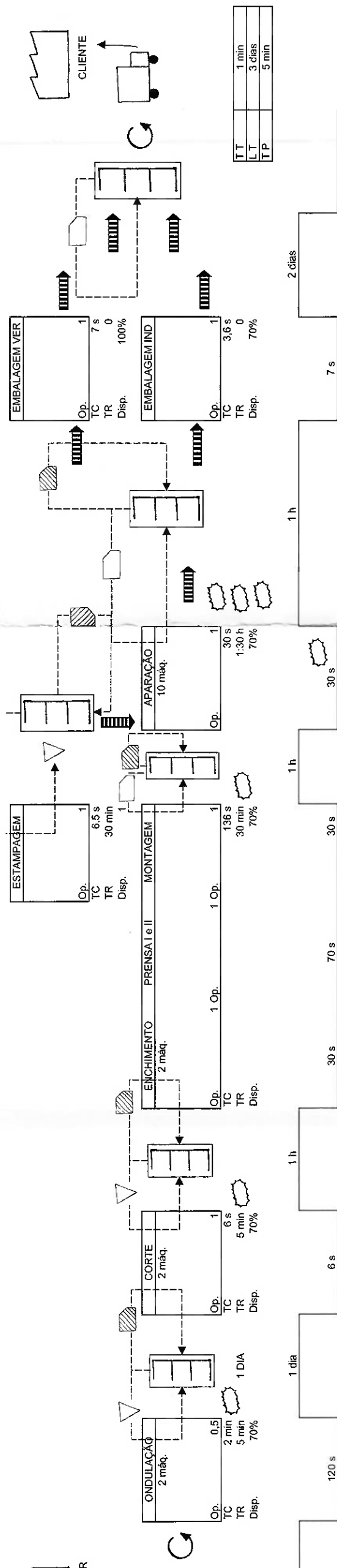
TT	2 min 15 seg
LT	11 dias
TP	23,5 min

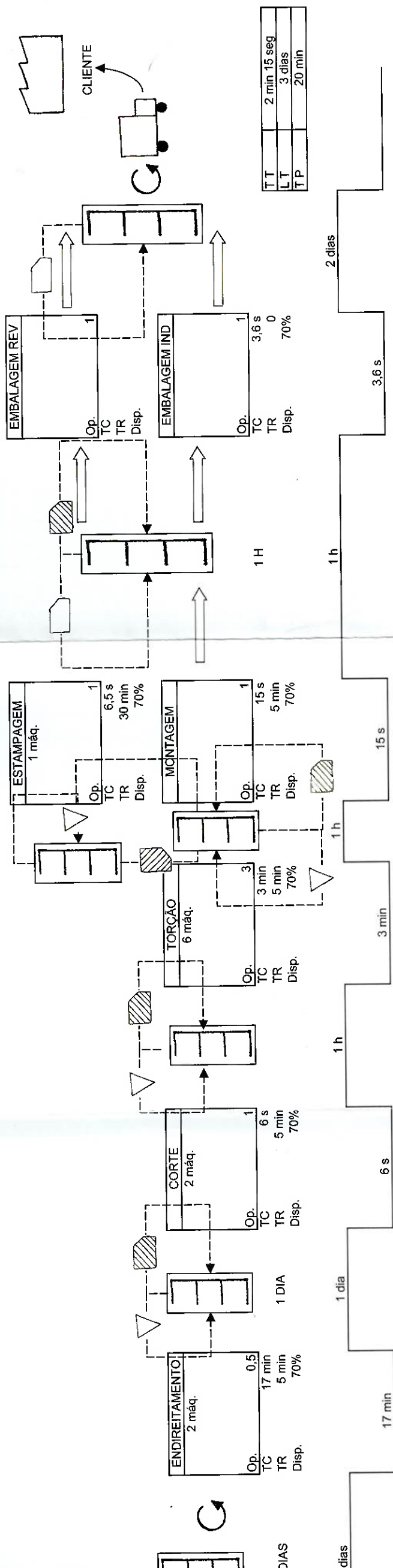
ibo

OR



T T	26 seg
L T	2 dias
T P	18,4 min





DIAS

1 dias

17 min

1 dia

6 s

1 h

3 min

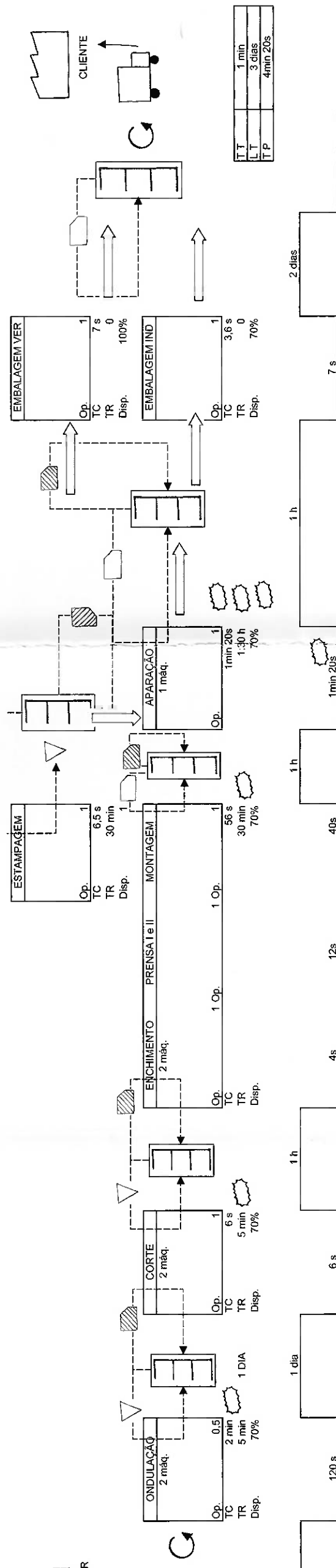
1 h

15 s

1 h

3.6 s

2 dias



T T	1 min
L T	3 dias
T P	4 min 20s

