

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

TRABALHO DE FORMATURA

ESTOQUE
EM
PROCESSO

TEORIA E APLICAÇÃO

AUTOR: ROBERTO CLAUDIO NEUDING

ORIENTADOR: MAURO ZAITZ

1980

DEDICATÓRIA

a meus queridos pais,
carinhosamente à Marcinha...

AGRADECIMENTOS

Ao professor e amigo Mauro Zaitz, pelo valioso apoio e precisas diretrizes, como orientador deste trabalho.

Ao senhor Bonno Hilke Hylkema, Diretor Industrial da Philips, pelo interesse e palavras de estímulo e ao senhor Bogdan Igor Holovko, Gerente de Treinamento Industrial, pela oportunidade do estágio.

Aos Gerentes do Teo-Walita, senhores Stefan Lipmann pelo impulso inicial e Léo F.C. Bruno pela confiança antecipada em meu trabalho.

A todos os funcionários da Walita e Teo Central, por me aceitarem como um deles.

A senhora Regina Lili Franco Averbach, pela perfeição na correção do vernáculo e esforço datilográfico, e à Márcia Franco Averbach pela revisão geral e incentivo constante.

SUMÁRIO

Este trabalho trata do problema de estoque em processo numa indústria de aparelhos eletro-domésticos. Envolve o levantamento global das causas do problema e proposta das respectivas soluções.

Embora tendo sido elaborado para atender às necessidades da empresa, o estudo propõe uma metodologia de tratamento do problema de estoque em processo aplicável genericamente a empresas montadoras ou verticalizadas.

ÍNDICE

I. RESUMO, 1

II. INTRODUÇÃO, 8

2-1 A Empresa, 8

2-2 O Estágio, 12

III. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA, 15

IV. ANÁLISE DO PROBLEMA, 18

4-1 Introdução, 18

4-2 Dimensão do Problema, 19

4-2.1 Macro - dados, 19

4-2.2 Comparação Empresa X Concorrente, 27

4-3 Localização do Problema, 29

4-4 Restrição: Função dos Estoques Intermediários,
36

4-4.1 Segurança: para Itens de Produção Contínua, 39

4-4.2 Competitividade de Itens por uma Mesma
Máquina: Itens de Produção Intermittente, 48

V. AS SOLUÇÕES SEGUNDO UMA ABORDAGEM SISTêmICA, 56

5-1 O Enfoque Sistêmico, 56

5-2 As Soluções Aplicadas ao Sistema, 61

ÍNDICE

VI. SOLUÇÃO PLANEJAMENTO, 65

- 6-1 Introdução, 65
- 6-2 Planejamento de Necessidades, 67
- 6-3 Sistemática Atual, 79
 - 6-3.1 O Planejamento de Necessidades na Empresa, 79
 - 6-3.2 Efeitos na Geração de Estoque, 84
- 6-4 O Potencial do Planejamento de Necessidades, 88

VII. SOLUÇÃO PROGRAMAÇÃO, 95

- 7-1 Introdução, 95
- 7-2 Sistemática Atual, 97
- 7-3 Efeitos da Programação sobre a Geração de Estoque em Processo, 102
 - 7-3.1 Técnicas de Seqüenciação, 102
 - 7-3.2 Defasagem entre o Início de Operações Sucessivas, 107
- 7-4 Proposta de Nova Sistemática, 112
 - 7-4.1 Críticas à Sistemática Atual de Programação por Departamento, 112
 - 7-4.2 Proposta de Programação Conjunta por Componente, 114
 - 7-4.3 Gráfico de Gantt: Técnica de Suporte à Programação Conjunta por Componente, 116

ÍNDICE

7-4.4 Programação Conjunta: Componentes de Pro-
dução Contínua e Componentes de Produção
Intermitente, 119

7-5 Estrutura Matricial, 122

VIII. SOLUÇÃO FLUXO, 131

8-1 Introdução, 131

8-1.1 A Variável Tempo, 131

8-1.2 Medição do Tempo de Fluxo, 133

8-1.3 A Solução Fluxo e sua Dependência Frente
às Demais Soluções, 136

8-2 O Dilema Tempo de Fluxo X Segurança, 139

8-3 Fluxograma e Mapofluxograma: Um Exemplo, 143

8-3.1 Escolha dos Itens A, 143

8-3.2 O Exemplo: Conjunto Acoplamento, 144

8-4 Distâncias entre Máquinas, 152

8-5 Contagem entre Departamentos, 156

8-5.1 Sistemática Atual, 156

8-5.2 Proposta, 158

8-6 Fluxo Melhorado do Exemplo, 167

IX. SOLUÇÃO MANUSEIO, 172

9-1 Introdução, 172

9-2 A Movimentação Agregada de Materiais na Empre-
sa, 175

ÍNDICE

- 9-2.1 Unidade de Medida: Carga Unitizada, 175
9-2.2 Quadro de Movimentação Agregada, 180
9-3 Sistemática Atual e Críticas, 183
 9-3.1 Método de Transporte, 183
 9-3.2 Alimentação de Materiais, 189
9-4 Alimentação Programada, 196
 9-4.1 Alimentação Programada para Itens Volumosos, 196
 9-4.2 Comparação Custo de Mais Entregas X Economia de Espaço, 198
 9-4.3 Funcionamento da Alimentação Programada, 203
 9-4.4 Quadro de Alimentação Programada, 206
 9-4.5 Feed-back da Alimentação Programada, 215
9-5 Novo Sistema de Movimentação: Comboio, 220
 9-5.1 Introdução, 220
 9-5.2 Funcionamento, 223
 9-5.3 Rota, Estações e Número Diário de Viagens, 230
 9-5.4 Vantagens Operacionais, 236
- X. CONCLUSÃO, 240
- BIBLIOGRAFIA, 242

CAPÍTULO I

RESUMO

O tema deste trabalho refere-se ao tratamento de estoques em processo, que vem preocupando a alta administração da empresa, devido ao custo do capital empregado e espaço ocupado. Consideramos estoque em processo todo o material que se encontra no estágio intermediário entre matéria-prima e produto acabado (cap. III).

A dimensão do problema é significativa: o orçamento para 1980 (base 31/3/80) acusa Cr\$190 milhões de estoque em processo (cap. IV).

O estoque em processo manifesta-se em três grandes áreas da empresa:

a) Primárias: prédio onde são fabricados componentes.

b) Montagem: prédio onde são montados os motores e os produtos finais, mediante a utilização dos componentes fabricados internamente ou adquiridos de terceiros.

c) Almoxarifado.

Em cada uma destas áreas o problema assume características específicas (cap. IV).

O objetivo do trabalho é apontar as causas do problema e propor soluções para prover a empresa de meios e instrumentos para uma resolução efetiva. Para isto, levamos em consideração a restrição representada pela função do estoque: garantir flexibilidade e independência entre os diversos estágios produtivos (cap. IV).

A metodologia empregada é a abordagem sistêmica, pois o problema é amplo (exigindo uma análise global), e, complexo (requerendo solução por etapas), (cap. V).

As soluções propostas são complementares, e, para uma real solução, devem ser integralmente aplicadas. Apresentamos a seguir o quadro resumo de soluções e uma sumária explicação de cada uma.

Objetivamos com isso, proporcionar condições para o leitor manter sintonia, ao longo do texto, com o enfoque sistêmico que norteou todo o raciocínio do autor, na elaboração deste estudo. Consideramos este acompanhamento do leitor fundamental, apesar do risco de incorrermos, nesta reseña, em excessiva simplificação.

S O L U Ç Õ E S C O M P L E M E N T A R E S

SOLUÇÃO	CAUSA	PROPOSTA	LOCALIZAÇÃO
PLANEJAMENTO	Estoque normativo em cada nível da estrutura do Produto	Eliminação quando desnecessário e Aproveitamento do potencial do Planejamento de Necessidades	ALMOXARIFADO
PROGRAMAÇÃO	Esperas intermediárias entre operações e Departamentalização excessiva	Sincronização de operações consecutivas, Programação Conjunta e Estrutura Matricial	PRIMÁRIAS e ALMOXARIFADO
FLUXO	Layout Funcional e Contagem entre departamentos	Redução do tempo de fluxo através de: Agrupamento linear de máquinas Eliminação da Contagem	PRIMÁRIAS e ALMOXARIFADO
MANUSEIO	Requisições excessivas e Deficiência de movimentação	Alimentação Programada e Novo sistema de movimentação	MONTAGEM e PRIMÁRIAS

a) Solução Planejamento (cap. VII).

Analisamos as metodologias do planejamento da empresa em função da geração de estoques em processo e verificamos que a Causa - Planejamento é a imposição de estoques intermediários em cada nível da árvore de estrutura do produto final. Apesar de não acarretar estoques na fábrica, isto explica o elevado nível de ocupação do Almoxarifado, o qual também faz parte do sistema analisado.

Estudamos a sistemática do Planejamento de Necesidades já empregada pela empresa, e propomos o aproveitamento de todo o potencial desta ferramenta, mediante a substituição dos estoques intermediários por um esforço maior de planejamento.

b) Solução Programação (cap. VII).

Neste capítulo analisamos a formação de estoques de componentes que sofrem diversas operações e estão sujeitos a esperas intermediárias, no aguardo da disponibilidade da máquina que executa a operação seguinte.

O problema se manifesta: nas Primárias, entre máquinas de um mesmo departamento fabril, ou no Almoxarifado, para onde o material pode ser transferido para aguardar disponibilidade de processamento em novo departamento.

Este tipo de estoque é normal em uma fábrica de componentes como as Primárias, caracterizada por produção in

termitente repetitiva, porque garante a independência entre os estágios produtivos. Entretanto, as metodologias atualmente empregadas pela Programação, agravam o problema de estoques, ao explorarem excessivamente a autonomia dos departamentos, o que prejudica o fluxo contínuo e ágil dos materiais.

Para solucionar, propomos a sincronização de operações consecutivas, de forma a minimizar a defasagem entre o início de tais operações. Para isso, pode ser utilizada uma metodologia de programação conjunta que procura integrar as etapas de processamento dos componentes mais significativos. Complementarmente, sugerimos a estrutura matricial como forma de organização, que possibilitará a concretização deste objetivo, pois permitirá a troca de informações mais assídua entre Planejamento e Programação.

c) Solução Fluxo [cap. VIII].

Discutimos neste capítulo a importância da variável tempo de fluxo de materiais, devido ao seu relacionamento direto com o volume total de estoque em processo; a agilização do fluxo proporciona reduções diretas neste último.

A solução ataca dois aspectos que contribuem para o aumento do tempo de fluxo nas Primárias:

- o distanciamento entre máquinas que executam operações sucessivas devido à rigidez do arranjo físico funcional, é

solucionado através de agrupamentos de máquinas em arranjo linear;

- a contagem das quantidades transferidas em cada mudança de departamento fabril é eliminada através de uma análise de sua real função.

Os reflexos destas melhorias ocorrem tanto nas Primárias como também no Almoxarifado, pela eliminação da necessidade de transferências para o mesmo.

d) Solução Manuseio (cap. IX).

Procura resolver o problema do acúmulo de material parado na Montagem e nas Primárias, por longos períodos de tempo, devido a deficiências de manuseio de materiais.

As requisições excessivas de material pelo supervisor serão substituídas pela transferência para o Almoxarifado, da responsabilidade de entregas dos itens mais volumosos. Chamamos a isso Alimentação Programada, a qual objetiva entregas mais freqüentes em volumes menores. Esta é a solução básica para a Montagem, mas tem também efeitos positivos nas Primárias.

Por outro lado, as deficiências nos métodos atuais de movimentação (empilhadeiras e carrinhos manuais ou paleteiras) serão superadas com um novo sistema de movimentação. Este irá diminuir o tempo parado, fazendo com que os materiais cheguem em seus destinos no momento correto: nem an-

tes gerando estoques, nem depois gerando faltas, e saiam mais rapidamente dos locais onde não são mais requeridos.

A originalidade do trabalho reside no tratamento múltiplo do problema através de quatro soluções complementares. Esta abordagem foi desenvolvida pelo autor para suprir a escassez de material bibliográfico sobre o tema e realmente resolver o problema de uma forma completa.

CAPÍTULO II

INTRODUÇÃO

2-1 A Empresa

A Inraphil-Indústrias Brasileiras Reunidas Philips, multinacional de capital holandês, é a maior empresa do Brasil no setor eletro-eletrônico, contando com aproximadamente 20.000 funcionários. É a holding das seguintes empresas:

Philips

Philinorte

Philips da Amazônia

Walita

Constanta

Ibrape

Telewatt

Inbelsa

Polygram

Tais empresas contam com 14 unidades industriais,

dedicando-se à fabricação de componentes eletrônicos ou não e diversos aparelhos destinados ao consumo doméstico, público e militar: resistores, transistores, circuitos integrados, capacitores, cinescópios, televisores, aparelhos de áudio, discos, fitas, eletro-domésticos, lâmpadas, luminárias, sistemas de iluminação pública, centrais telefônicas, equipamentos de telecomunicação, etc...

O presente trabalho foi desenvolvido na Walita, empresa fundada por terceiros em 1939 e cujo controle foi adquirido em 1970 pela Inbraphil.

Localizada no bairro de Santo Amaro (São Paulo) numa área de 118.000m² (com área construída de 45.000m²), a Walita possui atualmente cerca de 1.800 funcionários, sendo uma das maiores empresas do país fabricante de pequenos aparelhos domésticos.

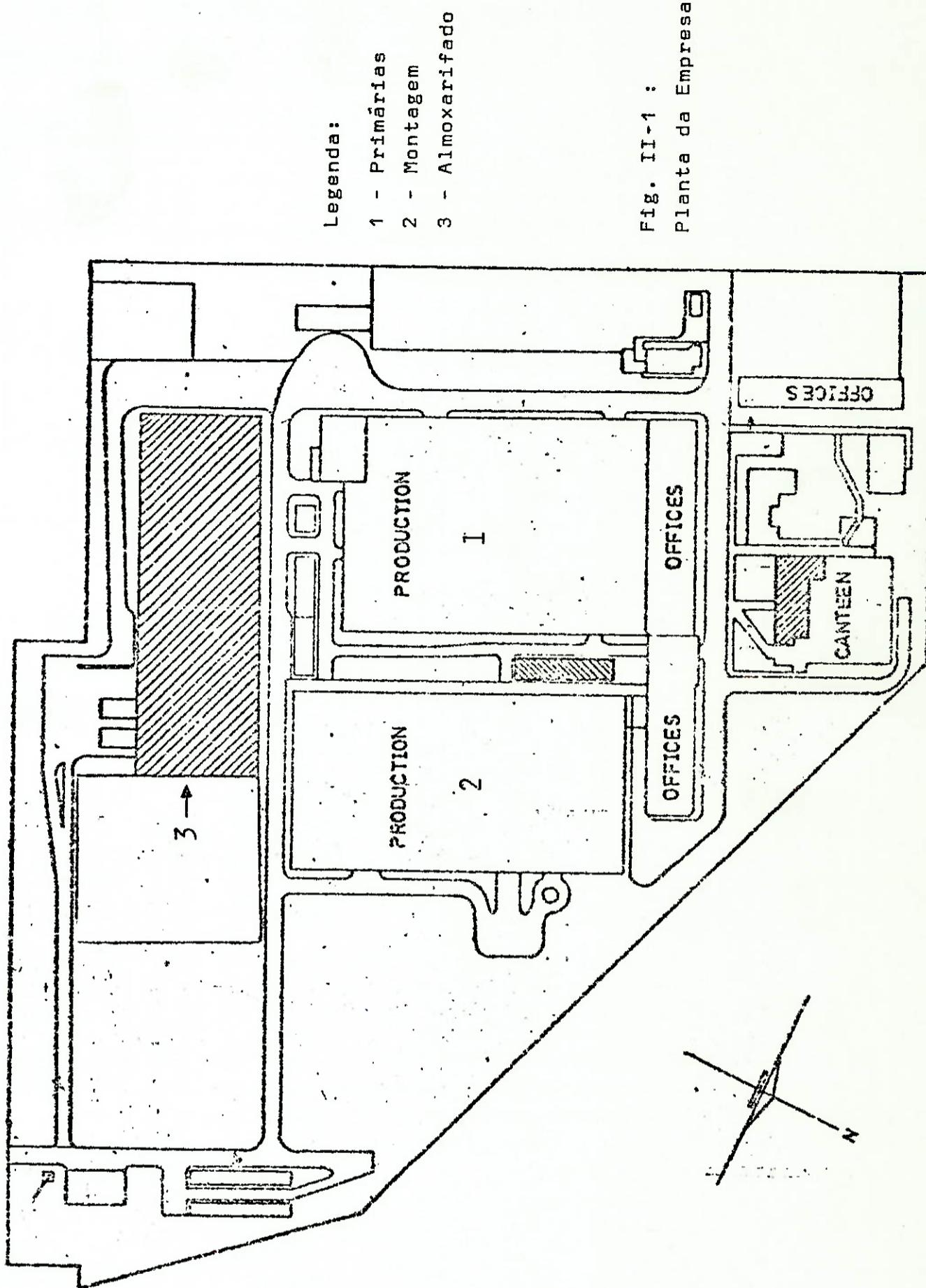
Possui a seguinte linha de produtos:

- liqüidificadores
- batedeiras
- enceradeiras
- ferros automáticos
- ventiladores
- aspiradores de pó
- espremedores de frutas
- secadores de cabelo
- tostadeiras
- centrífugas

Do ponto de vista produtivo, trata-se de uma indústria bastante verticalizada, possuindo um prédio destinado à montagem de motores e aparelhos, e outro, à fabricação de componentes e subconjuntos. O layout a seguir mostra estes dois prédios.

A empresa está em fase de expansão, tendo já neste ano iniciado suas atividades em novas instalações em Piracicaba, interior de São Paulo.

Fig. II-1 :
Planta da Empresa.



2-2 O Estágio

Trata-se de um estágio anual, tradicionalmente oferecido pela empresa a quinto anistas de engenharia. Citamos abaixo resumidamente as etapas, para em seguida detalharmos aquelas que mais contribuíram para a concretização deste trabalho.

- 1) Estudo de caso, simulando a implantação e funcionamento de uma empresa industrial.
- 2) Visita às unidades industriais da organização.
- 3) Trabalho em linha de montagem como operário direto.
- 4) Estágio em cada departamento das unidades industriais:
 - Engenharia de Produto/Processos e Mecanização.
 - Planejamento Industrial.
 - Controle de Qualidade.
 - Manutenção e Serviços de Engenharia.
 - TEO (Técnica, Eficiência e Organização).
 - Administração Industrial.
 - ISA (Informação, Sistemas e Automação).
- 5) Trabalho como supervisor de uma seção industrial.
- 6) Projeto final realizado sob a coordenação do TEO-Walita.

De um modo geral, o programa de treinamento desenvolvido no primeiro semestre do ano proporcionou um razoável entendimento do interrelacionamento dos diversos departamentos da empresa, tornando possível uma análise mais crítica

das atividades por eles desenvolvidas e localização de causas do problema em estudo.

Em particular as fases que proporcionaram conhecimento real para desenvolvimento do tema deste trabalho foram:

a) Fase Operário:

O autor teve contato efetivo com o dia a dia de uma linha de montagem da fábrica onde posteriormente foi realizado este trabalho, embora naquela data ainda não tivessem sido definidos o tema e o local de realização do trabalho.

Na opinião do autor, esta oportunidade de conhecer as condições sociais de trabalho e a convivência com empregados menos qualificados foi fundamental, porque enriqueceu a vivência profissional do estagiário, e paralelamente supriu o curso de engenharia em relação ao conhecimento humano.

b) Fase Planejamento:

Forneceu aprendizado da sistemática de planejamento da empresa, discutida em capítulo específico do presente trabalho.

c) Fase ISA {Informações, Sistemas e Automação}:

Possibilitou o conhecimento do fluxo de informações sobre a circulação de materiais, também vinculado ao tema do trabalho.

d) Fase Supervisor:

Complementando a familiarização com a Montagem

proporcionada pela Fase Operário, a Fase Supervisor foi desempenhada na Estamperia (departamento pertencente à fábrica de componentes). Desta forma, o estagiário pôde conhecer as duas fábricas: de componentes e Montagem.

Nesta fase o autor já conhecia o tema do trabalho, de forma que executou a atividade de Supervisor de maneira bem mais crítica.

CAPÍTULO III

FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

O Problema

A empresa está se ressentindo de altos níveis de estoque em processo que acarretam oneroso custo do capital empregado, além da ocupação de espaço (um fator atualmente escasso).

Definição

Entenderemos por estoque em processo toda matéria-prima que já sofreu alguma transformação, mas que ainda não foi agregada ao produto final. Esta definição independe do material estar na fábrica ou no almoxarifado.

Trata-se de uma ampliação do conceito atualmente empregado pela empresa que, ao se referir ao estoque em processo, considera apenas os materiais que se encontram na fábrica, excluindo os que se encontram no almoxarifado, apesar dos últimos também estarem em estágios intermediários de processamento.

Ficam excluídos do presente trabalho a política de suprimento de matérias-primas e de estoques de produtos acabados.

Restrição

Reconhecemos que uma restrição para a solução do problema é o importante papel desempenhado pelos estoques. Estes executam funções relevantes: proporcionar flexibilidade e independência aos estágios consecutivos de processamento, amenizando as exigências rígidas de sincronismo entre tais estágios.

A análise mais detalhada desta restrição será elaborada no item 4-4, onde discutimos as funções do estoque em processo.

Metodologia

Utilizamos a abordagem sistêmica com o intuito de desenvolver uma análise global para o levantamento de todas as causas relevantes do problema, evitando o tratamento isolado que o problema tem recebido até hoje.

As soluções foram propostas por etapas, para dar conta, uma a uma, das causas previamente levantadas. As soluções são de aplicação complementar para que o problema seja resolvido de forma exaustiva e não meramente transferido de um lugar para outro.

A metodologia sugerida por Krick * nos foi útil

* Krick, Edward V., "Métodos e Sistemas".

no período inicial deste trabalho. De fato, adotamos uma formulação ampla, evitando a aproximação a detalhes; preocu-pamo-nos com a eliminação de restrições fictícias, mediante o questionamento de restrições impostas por terceiros ou criadas involuntariamente no correr do trabalho, procuramos ampliar nossos conhecimentos sobre o assunto para gerar um maior número de alternativas, e finalmente chegamos à conclusão da complementaridade das alternativas e da necessida-de de sua aplicação integral.

Objetivo do Trabalho

O objetivo é apontar causas do problema e propor soluções para prover a empresa dos meios e instrumentos pa-ra uma resolução efetiva do problema.

O trabalho pretende ainda tornar mais consciente a existência do problema, porque apesar de haver uma preocupação com o mesmo na alta administração, há uma certa negligênci-a nos baixos escalões que são justamente aqueles que efetivamente contribuem para o problema. A negligênci-a de-corre do hábito gerado pela convivência com o alto estoque, o que atrofiou o questionamento das pessoas sobre a necessi-dade do mesmo. Se de um lado o estoque em processo é uma ne-cessidade produtiva, por outro lado esconde ineficiências .

CAPÍTULO IV

ANÁLISE DO PROBLEMA

4-1 Introdução

As sistemáticas atuais de planejamento, programação, fluxo e manuseio de materiais são discutidas detalhadamente nos capítulos das respectivas soluções.

Restringimo-nos aqui ao levantamento de dados quantitativos, apresentados na Dimensão do Problema (Item 4-2), bem como à descrição dos locais onde o problema se manifesta (Item 4-3).

Finalmente as restrições do problema são discutidas na parte final do capítulo, onde distinguimos as funções que o estoque assume para itens de produção contínua e para itens de produção intermitente.

4-2 Dimensão do Problema

4-2.1 Macro - dados

Para que o leitor adquira noção da elevada dimensão do problema do estoque em processo, dedicaremos esta parte do capítulo ao levantamento de alguns dados quantitativos.

A empresa dispõe de $45.279m^2$ de área construída, assim distribuídos:

Área industrial $42.922m^2$

Área comercial $1.334m^2$

Área administrativa $1.023m^2$

Esta área industrial, por sua vez, se subdivide em:

	<u>área(m²)</u>	<u>%</u>
Produção	10.358	24
Estocagem	14.743	34
Auxiliares	16.568	39
Vaga	<u>1.253</u>	<u>3</u>
	42.922	100

Saliente-se a significativa contribuição percentual da área de estocagem, a qual é utilizada pelos seguintes

departamentos:

	<u>área(m²)</u>	<u>%</u>
Almoxarifado geral	7.380	50
Almoxarifados (ferramentas, inflamáveis, auxiliares)	1.399	10
Montagem de aparelhos	1.971	13
Rotores	651	4
Estatores	451	3
Fundição	406	3
Estamparia	376	3
Outros	<u>2.109</u>	<u>14</u>
	14.743	100

Vemos que 40% do material é estocado fora do Almoxarifado, na própria fábrica, onde os recursos para armazenamento não são adequados, por não utilizarem espaço volumétrico (a dimensão altura).

A tabela IV-1, a seguir, apresenta a posição de estoques prevista pelo orçamento para o ano de 80 com valores nominais de 31/3/80. Fornece em número de dias e em valor monetário o estoque médio do Almoxarifado, em Trânsito e em Processo, isto é, estoque de matérias-primas (Almoxarifado Local) e estoque em processo (Almoxarifado Produção própria + Em processo).

Note-se que esta tabela não inclui estoques de produto final (aparelhos eletrodomésticos), pois eles não

Tabela IV-1: Posição dos Estoques

	Nível em dias	Valor Orçado* (em milhares de cruzeiros)	Análise Vertical %	Valor real Valor orçado %
<u>Almoxarifado</u>				
Local	37	131.221	35	128
Importado	84	8.799	2	145
Associadas	78	2.419	1	150
Produção Própria	22	109.413	30	64
<u>Em processo</u>	4,3	81.858	22	107
<u>Trânsito</u>				
Importação	45	530	-	100
Em poder de 3. ^{os}		23.412	6	100
<u>Estoques diversos</u>		14.729	4	100
Total		372.381	100	102

são armazenados no Almoxarifado da empresa. O produto final é enviado diretamente a um depósito central, para onde convergem os produtos de toda a Organização Philips.

Elaborado pelo autor.

* base 31/3/80

A análise vertical acusa como valores relevantes:

Almoxarifado Local	35%
Almoxarifado Produção própria	30%
Em processo	22%
	<u>87%</u>

Detalhemos agora estes valores principais.

Almoxarifado Local:

São os materiais adquiridos de fornecedores seja na forma de matéria-prima, seja na forma de componentes. Até estes materiais sofrerem qualquer processamento adicional na empresa, são incluídos nesta classificação, após o que passam a integrar Produção própria ou Estoque em processo.

Este estudo não abrange os materiais Almoxarifado Local, porque a política de compras foge ao escopo deste trabalho. Embora não estudemos o processo de compra de materiais terceiros, eles serão abordados a partir do instante de sua entrega à fábrica, pois neste momento passam a integrar o estoque em processo.

Apresentamos a tabela IV-2, para que o leitor conheça a composição porcentual do insumo matéria-prima utilizado na empresa.

Tabela IV-2: Composição das Matérias-Primas

	%
Termoplásticos	32
Metais ferrosos	21
Metais não ferrosos	10
Componentes elétricos	9
Fios de cobre	6
Impressos e embalagem	4
Diversos	18
Total	100%

Elaborado pelo autor.

Almoxarifado Produção própria:

São os materiais que sofreram algum processo produtivo na empresa, podendo se encontrar na forma de componente acabado, pronto para a montagem no produto final ou em algum estágio intermediário de fabricação.

Note-se que a natureza destes materiais é de produto em elaboração, porque: de um lado ainda não fazem parte do produto acabado, e por outro lado já deixaram de ser matéria-prima. Assim, ao longo deste estudo, quando nos referirmos a "estoque em processo no almoxarifado" estaremos tratando destes valores.

A tabela IV-1 apresenta para Produção própria na

coluna valor real/ valor orçado uma porcentagem baixa de 64%. Isto significa que os valores orçados pelo Planejamento de Materiais foram superavaliados, confirmando as afirmações que faremos no capítulo VI , Solução Planejamento. Considerando-se que a fábrica está operando normalmente , temos que os valores super-estimados poderiam ser diminuídos para não sobrecarregar o custo orçado dos produtos da empresa e favorecer a sua competitividade no mercado.

A tabela IV-3, a seguir, pretende dar uma noção da composição percentual dos componentes fabricados pela própria empresa.

Tabela IV-3: Posição dos Estoques
Almoxarifado - Produção Própria

	Valor Orçado % do Total
Metais ferrosos: peças cromadas	3,6
Metais ferrosos: peças zincadas	7,2
Metais ferrosos: peças sem tratamento	19,7
Metais não ferrosos: peças Zamak sem tratamento	4,0
Peças de alumínio sem tratamento	9,5
Peças de alumínio com tratamento	0,9
Metais não ferrosos: peças de cobre e latão	0,2
Termoplásticos: peças cromadas	1,8
Termoplásticos: peças sem tratamento	13,8
Termofixos: peças sem tratamento	2,9
Subconjuntos: motores	*
Subconjuntos: rotores	*
Subconjuntos: estatores	8,6
Pacotes rotor, estator (lâminas)	10,2
Resistências e termostatos	4,7
Conjunto base dos ferros	2,8
Subconjuntos: diversos	8,8
Outros materiais: peças em geral	1,3
Total	100%

Adaptado. Fonte: A Empresa.

* são armazenados na fábrica.

Em processo:

Trata-se dos materiais que estão efetivamente na fábrica em elaboração (não no almoxarifado). Abrange portanto, tanto materiais de fornecedores como de produção própria desde que estejam em uma das fábricas: Primárias ou Montagem.

Tabela IV-4: Posição dos Estoques
Em Processo

	Nível em dias	Valor Orçado % do Total
Fundição	5	1,9
Estamparia	5	10,2
Plástico	3	2,7
Tornearia	7	6,9
Usinagem leve	4	4,7
Resistências	8	2,6
Baquelite	5	0,6
Grades	4	0,6
Polimento	2	1,7
Galvanoplastia	2	1,5
Estatores	8	6,5
Rotores	8	9,4
Preparo de Conjuntos	2,5	2,9
Montagem de Motores	5	11,6
Montagem de Aparelhos	3,5	36,2
Total	4,3	100%

Adaptado. Fonte: A Empresa.

A tabela IV-4, além de mostrar a composição percentual entre os diversos departamentos fabris, apresenta o nível médio de estoque em número de dias de produção. Os elevados números em dias corroboram a importância deste trabalho.

4-2.2 Comparação Empresa X Concorrente

Para fins de comparação da situação de estoques da Walita, selecionamos uma empresa do mesmo ramo, porte semelhante e sua principal concorrente: a Arno S/A.

Vejamos os principais dados comparativos das duas empresas, para construção do índice de rotação de estoques. Os valores foram extraídos dos balanços referentes aos exercícios de 1979.

	Walita	Arno
Réceita operacional líquida	2.163.000	3.100.500
Custo dos produtos vendidos	1.143.500	2.006.700
Lucro bruto	1.019.500	1.093.800
Estoque de produtos em elaboração	85.200	109.600
Estoques de matéria-prima	112.700	289.100
Índices de rotação de estoques		
- produtos em elaboração	{ 13,4 vezes 27 dias	18,3 vezes 20 dias
- matéria-prima	{ 10,1 vezes 36 dias	6,9 vezes 52 dias

Tabela IV-5: Comparação Empresa X Concorrente.

Elaborado pelo autor.

Os índices de rotação de estoques em elaboração da Walita refletem um giro mais lento que sua concorrente , justificando o objetivo deste trabalho.

Por outro lado, a rotação de matérias-primas se mostra bem mais ágil, o que pode ser consequência de falta de capital de giro para investir em estoques de matérias-primas mais valorizáveis numa economia altamente inflacionária como a atual.

O estoque em processo é um investimento cuja composição não pode ser escolhida. É uma variável agregada, função apenas das necessidades do processo produtivo.

A composição do estoque de matérias-primas , ao contrário, pode privilegiar materiais que sofram menor erosão inflacionária ou que sejam altamente valorizáveis acima ainda dos níveis de inflação. Desta forma, a empresa poderia auferir lucros provenientes de especulação na compra de matéria-prima.

Assim, parece-nos conveniente, o aumento do giro de estoques em processo visando liberar recursos canalizáveis para o aproveitamento de oportunidades na aquisição de matérias-primas.

4-3 Localização do Problema

Convém de inicio, identificar a nossa área de atuação, isto é, os locais da fábrica onde o problema se apresenta.

Foi-nos indicado a princípio que o estudo deveria ser realizado em um departamento fabril, no caso a Estamparia, que é um dos locais onde o acúmulo de material é mais acentuado. Posteriormente o estudo deveria ser generalizado a outros departamentos. A delimitação física do campo de estudo para a estamparia constituiu uma restrição fictícia cuja eliminação, em determinado momento, representou um passo fundamental para a elaboração deste trabalho. Esta delimitação não nos permitiria uma solução efetiva do problema, porque, visto que ele é generalizado e ocorre em toda a fábrica, a solução na Estamparia poderia resultar em agravamento do problema em outro departamento fabril.

O enfoque departamental proposto inicialmente não é o mais correto, pois conduz a uma análise dos efeitos e não das causas do problema. Este trabalho procurará dar um tratamento amplo ao problema de estoques em processo, analisando todas as causas de sua formação.

Desta forma, decidimos estender o nosso campo de análise a toda a unidade fabril, não nos restringindo apenas a setores onde o problema de estoque em processo é mais

intenso. A característica generalista deste trabalho proporcionará sua aplicação a toda a fábrica.

Fica implícita a preocupação com a região onde ocorre o fluxo de materiais, porque nosso interesse recai sobre o processo produtivo, excluindo outras atividades existentes na fábrica, mas que não estão diretamente vinculadas ao nosso tema (Manutenção, Ferramentaria).

O fluxo de materiais passa basicamente por três grandes áreas:

- 1) Primárias
- 2) Montagem
- 3) Almoxarifado

(esta nomenclatura será empregada ao longo do trabalho).

1) Fábrica de produção própria chamada Áreas Primárias: é um prédio onde matérias primas sofrem algum processo produtivo, isto é, sofrem alguma transformação para dar origem a componentes destinados à montagem de aparelhos. Esta fábrica apresenta um layout funcional, sendo composta dos seguintes departamentos fabris:

- Estamparia
- Plástico
- Tornearia
- Fundição
- Galvanoplastia
- Usinagem leve

- Polimento
- Baquelite
- Grades
- Resistências

Pode-se classificar o tipo de produção desta fábrica como sendo Intermittente Repetitiva, pois a grande maioria das máquinas é universal e pode ser preparada para produzir componentes diversos. A produção é do tipo Repetitiva, pois é para uso exclusivamente interno, servindo as linhas de montagem de aparelhos.

2) Fábrica de Montagem: é um prédio situado ao lado das Áreas Primárias, onde são montados os aparelhos. Lá, os materiais são apenas agregados não havendo um processo produtivo propriamente dito. Além das tradicionais linhas de montagem à base de esteiras, onde o operador executa uma pequena parcela da montagem total, existem também mesas rotativas, onde a montagem é integrada, propiciando um enriquecimento do trabalho dos operadores.

Neste prédio existem ainda as linhas de montagem dos motores que irão alimentar as linhas de aparelhos, além de áreas de preparação de rotores e estatores.

3) Almoxarifado: É um prédio de 7.500m², pé direito de 10 metros. O aproveitamento volumétrico do espaço é conseguido através da utilização de estruturas porta-pallet, com quatro níveis, e de containers palletizados que per-

tem o empilhamento de até sete peças. Este almoxarifado con-
tém:

- matérias primas que necessitam transformação,
- componentes comprados de fornecedores prontos para a montagem, ou necessitando processamento adicional,
- componentes de produção própria prontos para a montagem ,
- componentes de produção própria em fase intermediária de processo.

Saliente-se que neste almoxarifado não são armazenados os aparelhos prontos para venda, os quais são enviados a um depósito central da Organização.

Cada uma das áreas anteriormente descritas apresenta problemas de estoque específicos. O estoque de materiais em processo pode ser facilmente notado em ambas as fábricas (Primárias e Montagem) e, pelo fato de ser composto de itens volumosos, o aspecto resultante é de excesso de espaço ocupado. Já o almoxarifado é um local que à primeira vista não desperta atenção, pois é de se esperar que lá haja material em estoque. Entretanto, o fato de um almoxarifado tão grande já estar com sua capacidade totalmente esgotada, nos leva a questionar o seu conteúdo, especialmente os itens de produção própria.

Comentaremos a seguir as características de cada uma das três áreas (maiores detalhes serão dados no decorrer do trabalho).

Montagem: A fábrica de linhas de montagem é de produção essencialmente contínua, e portanto o problema de estoque em processo se resume na análise do sistema de alimentação das linhas. A partir daí, o balanceamento da linha e as necessidades de material para montagem irão determinar o consumo deste estoque.

O tempo de trânsito de um material nesta fábrica é relativamente rápido, se comparado com as Primárias, sendo composto de três etapas:

- espera no estacionamento da linha,
- espera na bancada,
- trânsito na linha.

O trânsito na linha é de apenas alguns minutos e não é de importância para o nosso estudo. As esperas no estacionamento e na bancada, por outro lado, merecem maior atenção, pois correspondem em média a 3,5 dias de produção, variando de acordo com o volume ocupado pelo material.

Primárias: O problema torna-se mais complexo nas áreas Primárias, onde o tempo de trânsito de um componente pode chegar a semanas apesar da somatória dos tempos de processamento em máquinas ser de apenas alguns minutos. Isto acontece principalmente devido às esperas intermediárias de componentes entre operações em máquinas diferentes. O aparecimento de filas de material em processo é muito comum, pois

certas máquinas produzem uma variedade de itens mediante substituição de ferramentas ou moldes.

Devido à departamentalização dos setores produtivos das Primárias, podemos distinguir estoques em duas situações diferentes.

A primeira ocorre dentro de um departamento, (isto é, agrupamento de máquinas com a mesma função, por exemplo, estamparia) quando o componente sofre operações não estruturadas em linha, estimulando a formação de filas para o processamento.

A segunda situação de formação de estoques refere-se ao componente que sofre operações sucessivas em vários departamentos. Esta situação abrange:

- a) o material parado para contagem;
- b) os estoques intermediários armazenados temporariamente no almoxarifado.

A necessidade da contagem decorre de transferência entre centros de custos.

Os estoques intermediários despertaram a nossa atenção para problemas eventuais no almoxarifado.

Almoxarifado: Quando o material muda de departamento, o sistema de Planejamento atualmente empregado pela empresa impõe a criação de estoque intermediário no almoxarifado, para atender a função de segurança contra faltas.

Isto significa que um componente que passa por diversos departamentos é ponteado por vários estoques de segurança. É evidente que os estoques intermediários proporcionam flexibilidade à programação da produção, além de fornecer segurança para cobrir paradas de produção por quebras.

Entretanto, a implementação destes objetivos impõe o dimensionamento e localização de estoques adequadamente, e não sua mera criação por ocasião de mudanças de departamento.

O dimensionamento correto do estoque mediante procedimentos estatísticos, deve fornecer segurança que cubra o tempo de conserto com nível de confiança suficiente, mas nunca 100%, pois neste caso o estoque tenderia ao infinito. Este procedimento será tratado detalhadamente no Item 4-4 .

4-4 Restrição: Função dos Estoques Intermediários

Ao longo deste trabalho nossa preocupação será diminuir as quantidades de estoque em processo. É fato que, na empresa, este estoque em demasia é muitas vezes prescindível, fruto de excesso de segurança ou até mesmo de um desconhecimento do problema. Pretendemos neste estudo enfocar o assunto sob prismas diferentes, com o objetivo de criar um entendimento do problema que permita a sua racionalização.

Apesar do enfoque de minimização de estoques adotado, é conveniente destacar as importantes funções que os estoques assumem no processo produtivo. Procuraremos nesta seção mostrar as funções dos estoques intermediários que, aliás, constituem uma restrição à minimização completa do problema.

Para esta análise, devemos dividir os itens fabricados pela empresa em dois tipos:

- a) os de produção intermitente e
- b) os de produção contínua.

Um item é de produção intermitente quando a relação entre velocidade de produção e de consumo permite que ele seja feito apenas esporadicamente. Por outro lado, para um item de produção contínua, a velocidade de produção não é suficientemente superior à velocidade de consumo, e, por-

tanto, ele está constantemente sendo processado, ocupando quase que a carga integral das máquinas por onde passa.

Enquanto um ítem de produção intermitente pode ser processado em lotes, isto é, passa-se à operação seguinte apenas quando todo o lote for processado na operação anterior, os ítems de produção contínua são encontrados, em um dado instante, em seus diversos estágios de processamento. A produção contínua é função apenas do tempo de operação da máquina gargalo, e não da somatória dos tempos de processamento de todas as operações.

Ilustrando, suponhamos que um ítem deva ser processado em duas máquinas que possuem as seguintes velocidades:

Máquina 1 : 1.000 peças/hora

Máquina 2 : 500 peças/hora

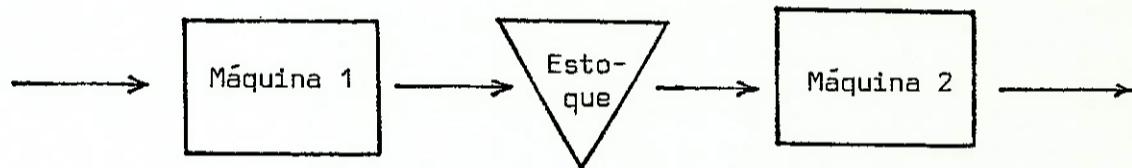


Fig. IV-6 : Processamento de um ítem em duas máquinas.

A produção necessária é 10.000 peças.

O tempo total de processamento dependerá do tratamento dado a este ítem. Se for um ítem de necessidade ocasional, será um ítem de produção do tipo intermitente, e po-

de-se esperar o fim do processamento na máquina 1 para iniciar na máquina 2.

tempo de processamento

se for item de produção = 10 h (máq.1) + 20 h (máq.2) = 30 h
intermitente

Entretanto, se se tratar de um item de alto consumo, ele irá requerer uma produção do tipo contínua, não sendo permitível a máquina 2 aguardar o fim do processamento integral na máquina 1. Neste caso o tempo de processamento será:

tempo de processamento

se for item de produção = 20 h (máquina 2 é o gargalo)
contínua

Fizemos esta distinção, pois os estoques intermediários assumem funções diferentes para estes dois tipos de item:

- a) Segurança: para itens de produção contínua.
- b) Competitividade dos itens por uma mesma máquina: para itens de produção intermitente

Discutiremos a seguir cada uma destas funções.

4-4.1 Segurança: para Itens de Produção Contínua

Os estoques intermediários assumem uma função primordial para os itens de produção contínua, pois possibilitam um fluxo suave e balanceado entre operações sucessivas, atuando como elementos de Segurança contra paradas de produção por falta de material.

O estoque em processo está intimamente ligado a problemas de produção. Não se pode objetivar a minimização destes estoques sem um completo entendimento do relacionamento entre máquinas e estoques num sistema integrado. A abordagem adequada portanto, é determinar qual o nível de estoque intermediário que permite a maximização da produção, minimizando as paradas de produção por falta de material. A importância deste problema e portanto o valor do estoque intermidiário, pode ser demonstrada pelo exemplo simples a seguir:

Consideremos um processo produtivo de dois estágios com um estoque de tamanho N entre eles. Seja p_i a fração de tempo em que a máquina i está parada, devido a alguma falha mecânica.

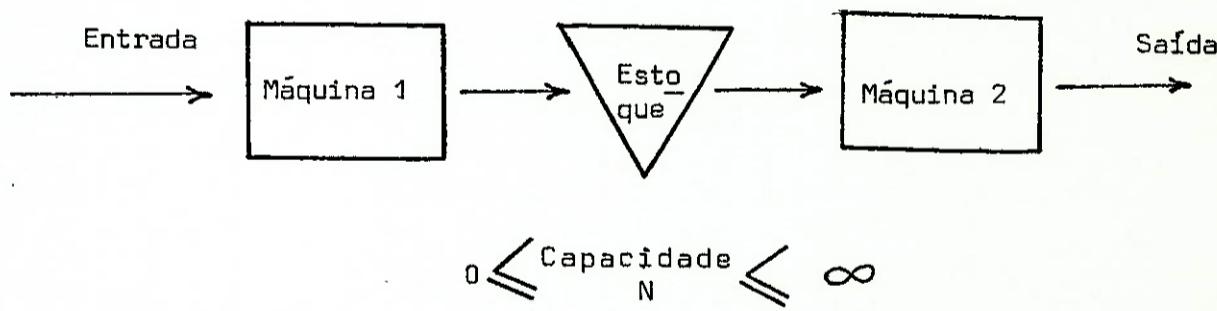


Fig. IV-7 : Estoque intermediário em uma linha de produção de dois estágios.

Se não forem permitidos estoques intermediários, ($N = 0$) então ambas as máquinas deverão parar quando uma delas quebrar. A saída R_0 , expressa como uma fração da máxima saída possível (quando ambos os estágios têm o mesmo tempo de processamento) é

$$R_0 = 1 - p_1 - p_2 + p_1 p_2$$

$$\text{Se } p_1 = p_2 = 0,10 \rightarrow R_0 = 0,81$$

Se existir entre as máquinas um estoque de tamanho ilimitado, teremos:

- 1) a existência permanente de uma unidade no estoque pronta para alimentar a máquina 2 (mesmo se a máquina 1 estiver parada);
- 2) a existência permanente de espaço disponível para receber uma unidade processada na máquina 1 (mesmo quando a máquina 2 estiver parada).

Neste caso teremos:

$$R_\infty = 1 - p$$

onde p é o maior valor entre p_1 e p_2 .

A saída do sistema será limitada apenas pelo tempo de parada da máquina que possui o maior tempo de parada.

No exemplo anterior, teremos $R_\infty = 0,90$, mostrando que a permissão para existência de um estoque inesgotável (infinito) pode aumentar a produção de 11% ($0,90 \div 0,81$) para o mesmo custo de mão-de-obra e máquina.

Este raciocínio é válido apenas para itens de produção contínua, onde a máquina 2 apenas pode operar quando puder ser alimentada com material já processado na máquina 1. Os itens de produção intermitente, por sua vez, não necessitam deste estoque intermediário para aumentar a produção, pois a máquina 2 processa itens diferentes provenientes de várias máquinas e no caso de falta de um item, ela pode como alternativa processar outro.

No exemplo citamos dois casos extremos: (R é uma fração da máxima saída possível do sistema).

- estoque zero $R_0 = 0,81$ $>$ aumento de 11%
- estoque infinito $R_\infty = 0,90$

Este exemplo simples dá margem a uma pergunta:

Os incrementos na produção não serão desprezíveis após uma certa quantidade de estoque intermediário?

Queremos determinar qual o nível do estoque intermediário (entre zero e infinito) que já fornece um aumento de produção considerável, eliminando assim a necessidade de um estoque infinito.

Buchan e Koenigsberg formulam um modelo estocástico

co, no qual determinam qual o ganho de produção do sistema de dois estágios do nosso exemplo, em função da capacidade do estoque intermediário. Este modelo nos auxiliará a responder a pergunta antes formulada.

O Modelo Estocástico de Buchan e Koenigsberg *

Este modelo determina a influência que a capacidade de um estoque intermediário tem sobre o output de um sistema de dois estágios (ou duas máquinas).

O estoque intermediário pode ser visto como uma fila limitada por um tamanho máximo, o qual uma vez alcançado obriga a máquina fonte geradora a parar. É por este motivo que utilizamos a expressão capacidade do estoque.

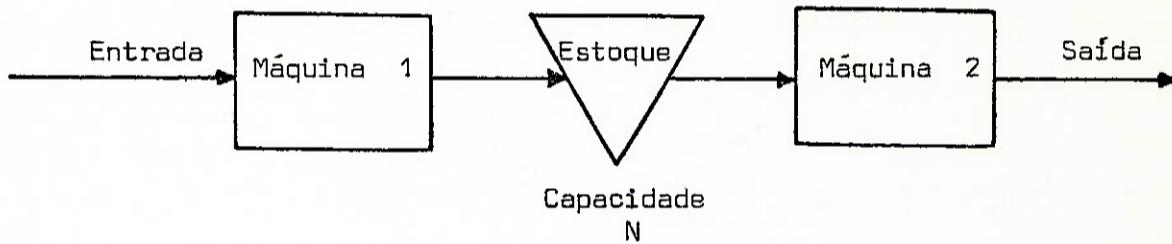


Fig. IV-8 : Estoque intermediário em uma linha de produção de dois estágios.

Este estoque, o qual possui uma capacidade para N unidades, atende a duas funções: é uma fonte de material para a máquina seguinte (2), além de ser um receptor da máqui-

* Buchan e Koenigsberg "Scientific Inventory Management"
pg. 429.

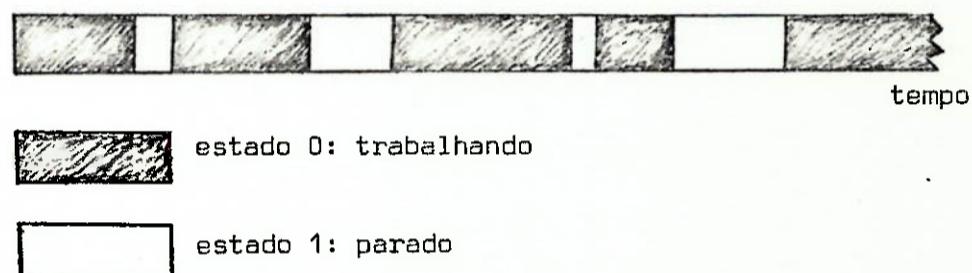
na precedente (1).

Cada uma das máquinas pode estar em dois estados alternativos:

- estado 0 : trabalhando
- estado 1 : parado

Para esta análise devemos considerar para cada máquina as distribuições da duração dos estados trabalhando e parado. Os intervalos de tempo dos dois estados alternativos podem ser acompanhados no tempo para a determinação da forma da distribuição.

Fig.IV-9 : Acompanhamento dos tempos de parada e operação de uma máquina.



O modelo aqui apresentado supõe uma distribuição exponencial para ambos os estados, com os seguintes parâmetros:

$$\frac{1}{\lambda_i} = \text{duração média do estado trabalhando, da máquina } i .$$

$$\frac{1}{\mu_i} = \text{duração média do estado parado, da máquina } i .$$

Isto significa que a probabilidade, por exemplo , do estado trabalhando durar ao menos t minutos, na máquina

na i , é:

$$e^{-\lambda_i t}$$

Outras hipóteses assumidas no modelo:

a) não há falta de entrada de materiais na máquina 1, nem bloqueio na saída da máquina 2.

b) $\frac{1}{h_i} = \text{tempo de processamento de uma unidade na máquina } i$.

Este tempo é suposto constante.

c) $h_1 \geq h_2$

O sistema de dois estágios que estamos considerando, pode estar em um dos seguintes estados alternativos:

1- $(0,0)$: ambas as máquinas trabalhando;

2- $(1,0)$: máquina 1 parada, máquina 2 trabalhando;

3- $(0,1)$: máquina 1 trabalhando, máquina 2 parada;

4- $(1,1)$: ambas as máquinas paradas.

Quando o sistema estiver em regime (equilíbrio), a Teoria das Filas permite determinar a distribuição de probabilidade do número de unidades contidas no estoque intermediário. Lembremos aqui que este número está limitado pela capacidade N do estoque intermediário. Pode-se assim deter-

minar a distribuição de probabilidade do output do sistema em cada um dos quatro estados acima citados.

Para calcular o "ganho" do sistema composto de duas máquinas e um estoque intermediário em comparação ao sistema sem estoque, deve-se considerar apenas a diferença em output proveniente do estado $(1,0)$: máquina 1 parada e máquina 2 trabalhando. Nos outros três estados, o output será o mesmo para os dois sistemas.

Seja P_j o output durante a j -ésima vez que o sistema está no estado $(1,0)$ e R_k o output durante a k -ésima vez no estado $(0,0)$. Não há output nos outros estados porque a segunda máquina está parada. Durante um intervalo de tempo T , o sistema terá passado por $v - 1$ mudanças de estado, isto é, terá passado no i -ésimo estado v_i vezes onde

$$\sum_{i=1}^4 v_i = v$$

O ganho em output produzido por um estoque de capacidade N pode ser escrito como:

$$G(N) = \lim_{v \rightarrow \infty} G(N) = \lim_{v \rightarrow \infty} \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_{v2}}{R_1 + R_2 + \dots + R_{v1}}$$

$G(N)$ é medido em termos da produção total ganha através do estoque de capacidade N dividida pela produção

alcançada sem este estoque.

Após interessante dedução o autor do modelo obtem para $h_1 = h_2 = h$ (isto é, os estágios têm ciclos de tempo balanceados) e

$$\lambda_1/\mu_1 > \lambda_2/\mu_2 :$$

$$G(N) = \frac{\lambda_2}{\mu_2} \left[1 - \frac{\lambda_1/\mu_1 - \lambda_2/\mu_2}{\lambda_1/\mu_1 \exp[N\sigma(\lambda_1/\mu_1 - \lambda_2/\mu_2)] - \lambda_2/\mu_2} \right]$$

onde $\sigma = \frac{(\lambda_1 + \mu_2)(\lambda_2 + \mu_1)}{h[(\mu_1 + \lambda_2)\lambda_1/\mu_1 + (\lambda_1 + \mu_2)\lambda_2/\mu_2]}$

Quando $\lambda_1/\mu_1 < \lambda_2/\mu_2$ o ganho é dado pelas mesmas expressões com λ_1/μ_1 e λ_2/μ_2 intercambiados. Quando $\lambda_1/\mu_1 = \lambda_2/\mu_2 = u$, o ganho assume a forma:

$$G(N) = u \left[1 - \frac{(1+u)(\mu_1 + \mu_2)h}{h(1+u)(\mu_1 + \mu_2) + N(\mu_1 + u\mu_2)(\mu_2 + u\mu_1)} \right]$$

Graficamente o ganho na saída do sistema $G(N)$ em função de um estoque de capacidade N , assume o seguinte aspecto:

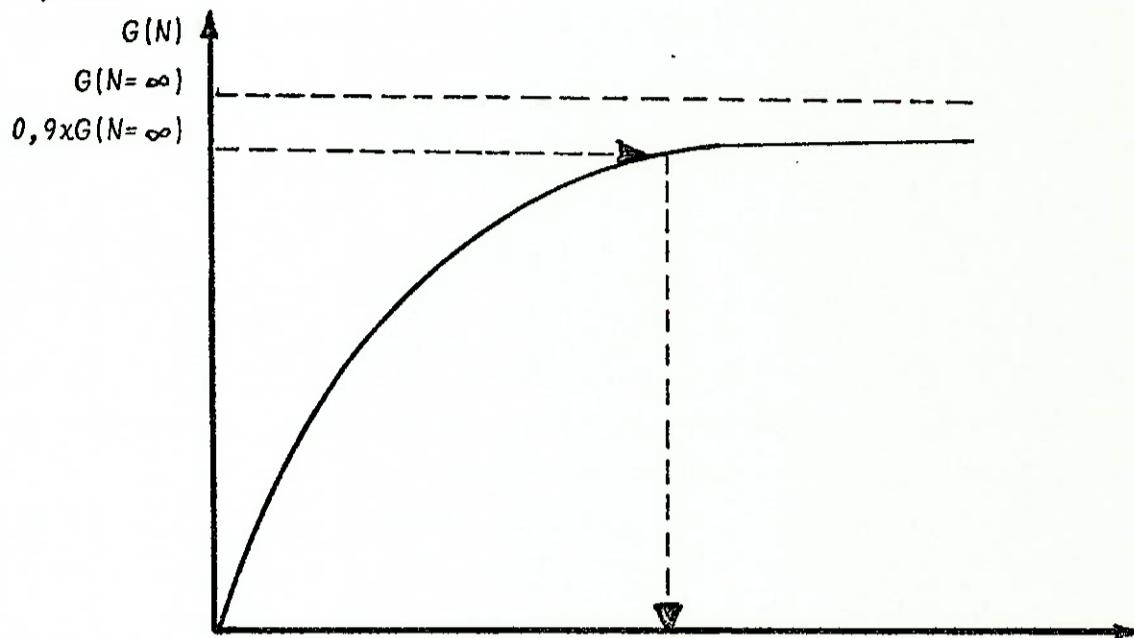


Fig. IV-10*: Ganho na saída do sistema, $G(N)$, como função da capacidade N do estoque intermediário.

Capacidade N
do estoque

Este gráfico responde à nossa pergunta inicial, mostrando que os incrementos na produção são desprezíveis, após uma certa quantidade de estoque intermediário. Esta quantidade de estoque pode ser determinada a partir do gráfico, fixando-se um limite de, digamos, 90% do máximo valor de $G(N)$.

A conclusão relevante extraída deste modelo é a possibilidade de um dimensionamento do estoque intermediário, a partir do qual aumentos no estoque não refletem melhoria da sua função segurança contra paradas por falta de material.

* Adaptado: Ref. 5.

4-4.2 Competitividade de Itens por uma Mesma Máquina:
Itens de Produção Intermitente

Outra importante função dos estoques intermediários é destinada a itens de produção intermitente. Neste caso, uma mesma máquina pode processar diversos itens diferentes (mas apenas um de cada vez), daí a relevância da manutenção de estoques já processados de todos estes itens, para o atendimento do consumo ou alimentação de outras máquinas.

Isoladamente, os itens de produção intermitente não absorvem a totalidade dos recursos disponíveis, o que os obriga a partilharem destes recursos e efetivamente "competirem" entre si pelo tempo de uso desta capacidade limitada.

Os itens de produção intermitente são produzidos em lotes. A determinação do tamanho dos lotes de produção segue os mesmos conceitos gerais, dos lotes de compra. A figura abaixo mostra as variações no nível de estoque ao longo do tempo para situações de auto-fornecimento (o estoque é manufaturado pela própria companhia).

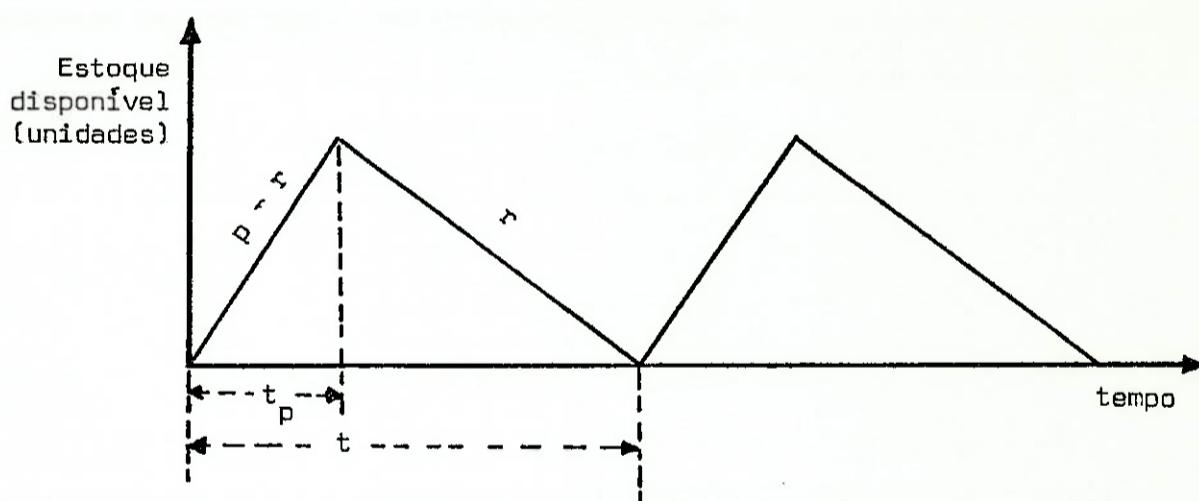


Fig. IV-11 : Variação do estoque com o tempo.

- t_p - tempo de produção
- t - tempo total do ciclo do estoque
- p - taxa de produção
- r - taxa de consumo

O formato de dente de serra da curva no caso de lotes de compra, representa o recebimento das encomendas integralmente, num dado instante de tempo; agora, no lote de produção o recebimento do material é gradual.

A fórmula do lote econômico que considera uma reposição gradual do estoque, assume a seguinte forma:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2 C_p R}{C_h (1 - r/p)}}$$

onde:

- Q_0 = lote econômico de fabricação
- R = consumo anual em unidades
- C_h = custo anual de armazenagem por unidade
- C_p = custo de preparação de um lote
- p = taxa de produção
- r = taxa de consumo

É comum um mesmo equipamento ser usado para fabric

car uma diversidade de itens durante um ciclo que se repete periodicamente. A disponibilidade do equipamento é uma restrição, e a determinação dos ciclos de produção e lotes econômicos de forma independente pela equação anterior, não é aplicável na maioria das situações, exceto se o equipamento estiver sub-utilizado de forma que a interferência entre os processamentos de diferentes itens não seja um problema.

Um dos problemas que pode ser encontrado como resultado de ignorar a dependência entre produtos produzidos na mesma máquina, pode facilmente ser ilustrado. Seja o lote econômico para o item A equivalente a uma produção de 3 semanas, cada 6 semanas, e o lote econômico para B, equivalente a uma semana de produção cada 2 semanas.

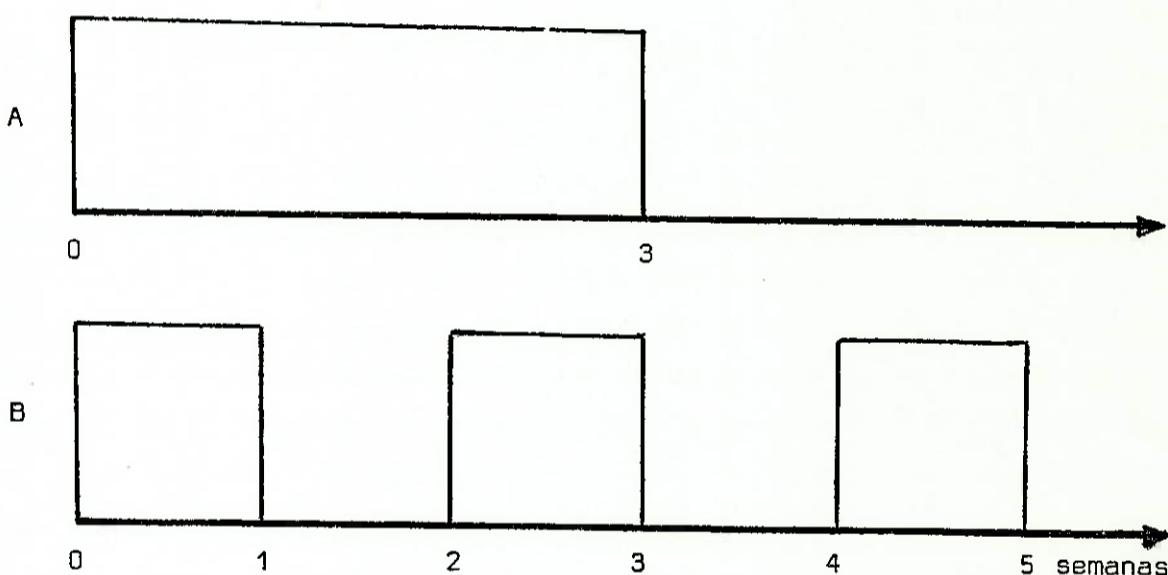


Fig. IV-12 : Lotes econômicos determinados independentemente.
Elaborado pelo autor.

Considerando-se que o tempo de produção inclui a preparação, temos que, embora cada produto utilize a máquina 50% do tempo, é inviável a programação do lote econômico para os dois numa mesma máquina.

Além da restrição de disponibilidade do equipamento, podem existir restrições quanto ao estoque agregado, gerado pela produção de múltiplos produtos. O depósito da empresa apresenta uma capacidade máxima para estocagem, ou então, existe uma limitação máxima quanto aos recursos financeiros destinados aos estoques.

Zaitz * em sua dissertação de mestrado, apresentada à Escola Politécnica, sugere um modelo e um método de solução para este problema, levando em conta as possíveis interações existentes entre os produtos de uma empresa, de modo que, na determinação dos lotes de produção, estas relações sejam consideradas, e se obtenha uma solução ótima compatível com as mesmas.

A literatura sobre modelos de estoques, normalmente considera o consumo como gradual sem interrupções. Entretanto, não é isto que ocorre com os estoques intermediários de um componente que passa por várias etapas de processamento. Neste caso, o consumo ocorre apenas por ocasião da operação seguinte, quando a máquina estiver disponível. Até lá, o consumo do estoque intermediário é nulo. Graficamente temos:

* Zaitz, Mauro em "Dimensionamento Agregado de Estoques Através da Programação Geométrica".

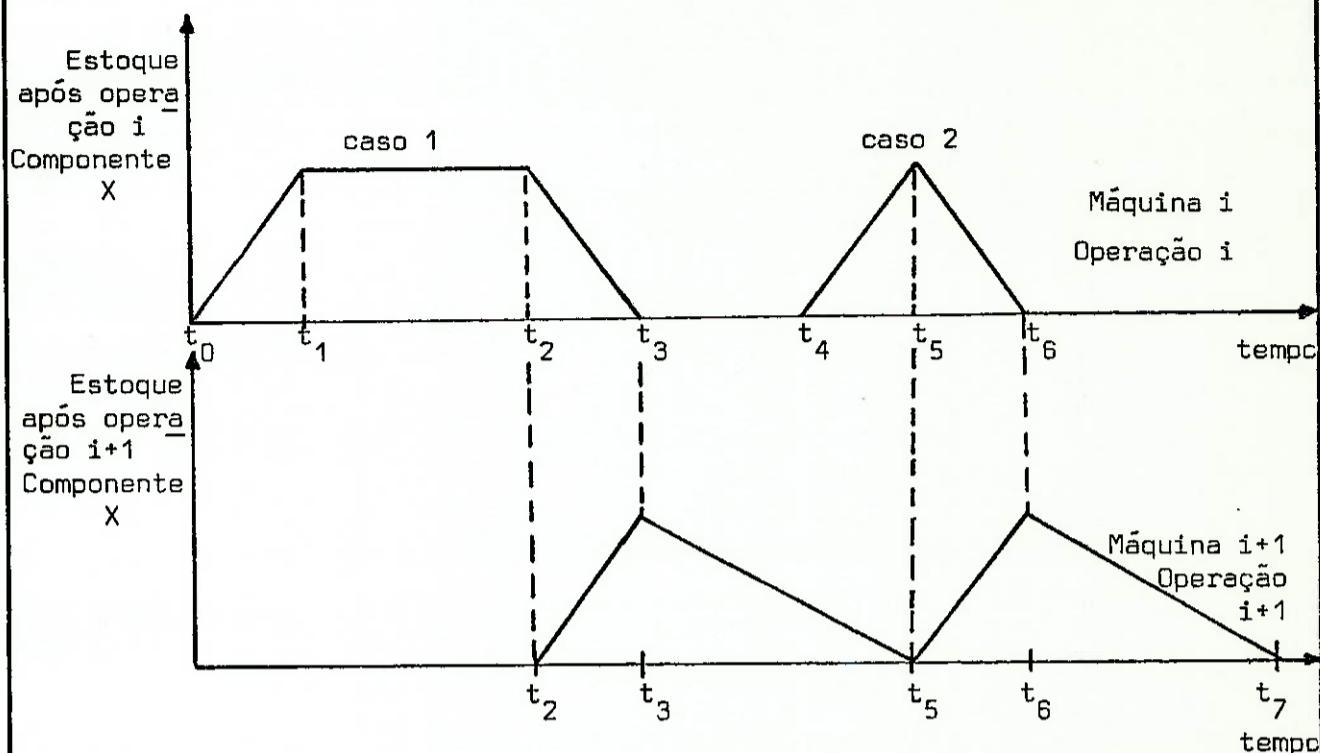


Fig. IV-13 : Variação com o tempo, de 2 estoques intermediários consecutivos de um componente, que passa por diversas etapas de processamento.

Elaborado pelo autor.

Esta ilustração mostra dois casos possíveis para a posição do estoque após a operação i :

caso 1: tempo ocioso entre produção e consumo
intervalo

t_0 a t_1 processamento da operação i

t_1 a t_2 consumo do estoque é nulo

t_2 a t_3 consumo do estoque na operação $i + 1$

t_3 a t_4 não há processamento da operação i .

Caso 2: consumo inicia-se imediatamente após a produção intervalo

t_4 a t_5 processamento da operação i

t_5 a t_6 consumo do estoque na operação $i + 1$

O gráfico revela que o material após a operação i só será necessário para consumo, quando for realizada a operação $i + 1$. Se o material após a operação i estiver disponível antes disso, ele não será utilizado permanecendo ocioso.

A comparação das duas situações mostra que no caso 1 houve estoque desnecessário durante o intervalo t_1 a t_2 , enquanto no caso 2 o consumo iniciou-se logo após o processamento da operação i . O caso 2 é uma situação ideal, onde o inútil tempo de espera é nulo, eliminando um tempo desnecessário, evitando o acúmulo de estoques ociosos por um período prolongado.

No início deste item afirmamos que a função do estoque intermediário para itens de produção intermitente é o atendimento ao consumo da máquina seguinte, enquanto a máquina anterior processa um outro componente.

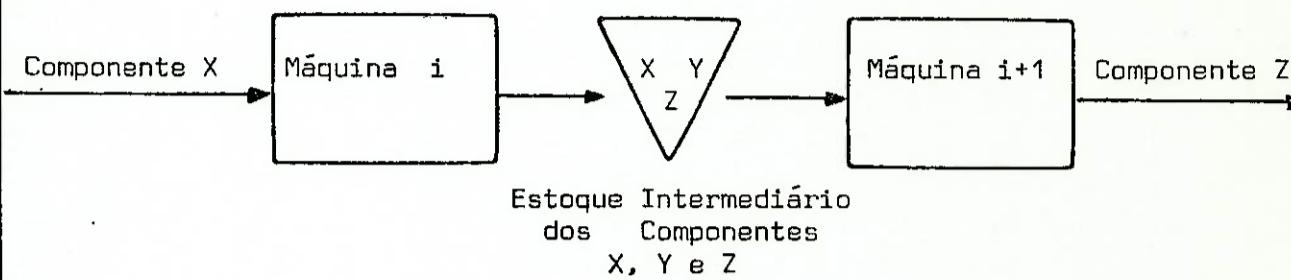


Fig. IV-14 : Estoque intermediário para ítems de produção intermitente.

Elaborado pelo autor.

O componente Y em estoque intermediário entre as máquinas i e $i+1$ na ilustração acima, apresenta o comportamento mostrado no intervalo t_1 a t_2 do caso 1, da ilustração anterior. Note-se que o estoque do componente Y não está nem sendo formado pela máquina i , e nem sendo consumido pela máquina $i+1$.

Da análise destes exemplos infere-se que o estoque intermediário dos componentes X , Y e Z pode ser minimizado, se conseguirmos sincronizar as duas máquinas de maneira a processar o mesmo componente simultaneamente.

Concluímos que a função do estoque "competitividade de itens por uma mesma máquina" para itens de produção intermitente é dispensável, resultando apenas da dificuldade de sincronização de máquinas sucessivas.

Lembrando a função de estoque de segurança citada no item anterior, reconhecemos que o estoque intermediário dos componentes X, Y e Z atende à função de segurança contra parada da máquina $i+1$ por ocasião de quebra da máquina i . Entretanto, a existência de estoque de três componentes representa uma segurança excessiva e desnecessária. A manutenção de estoques intermediários justifica-se desde que corretamente dimensionada conforme o modelo do item anterior, isto é, dentro de um nível de confiança suficiente.

Maiores detalhes a respeito da forma de se sincronizar operações em máquinas sucessivas, será mostrado no capítulo VII, Solução Programação, onde propomos uma forma de programação conjunta da produção que minimiza a defasagem entre o início de operações sucessivas.

CAPÍTULO V

AS SOLUÇÕES SEGUNDO UMA ABORDAGEM SISTêmICA

5-1 O Enfoque Sistêmico

Utilizaremos o enfoque sistêmico para análise do seguinte fluxo de materiais:

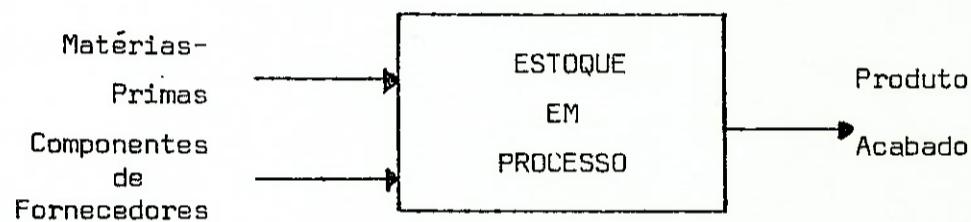
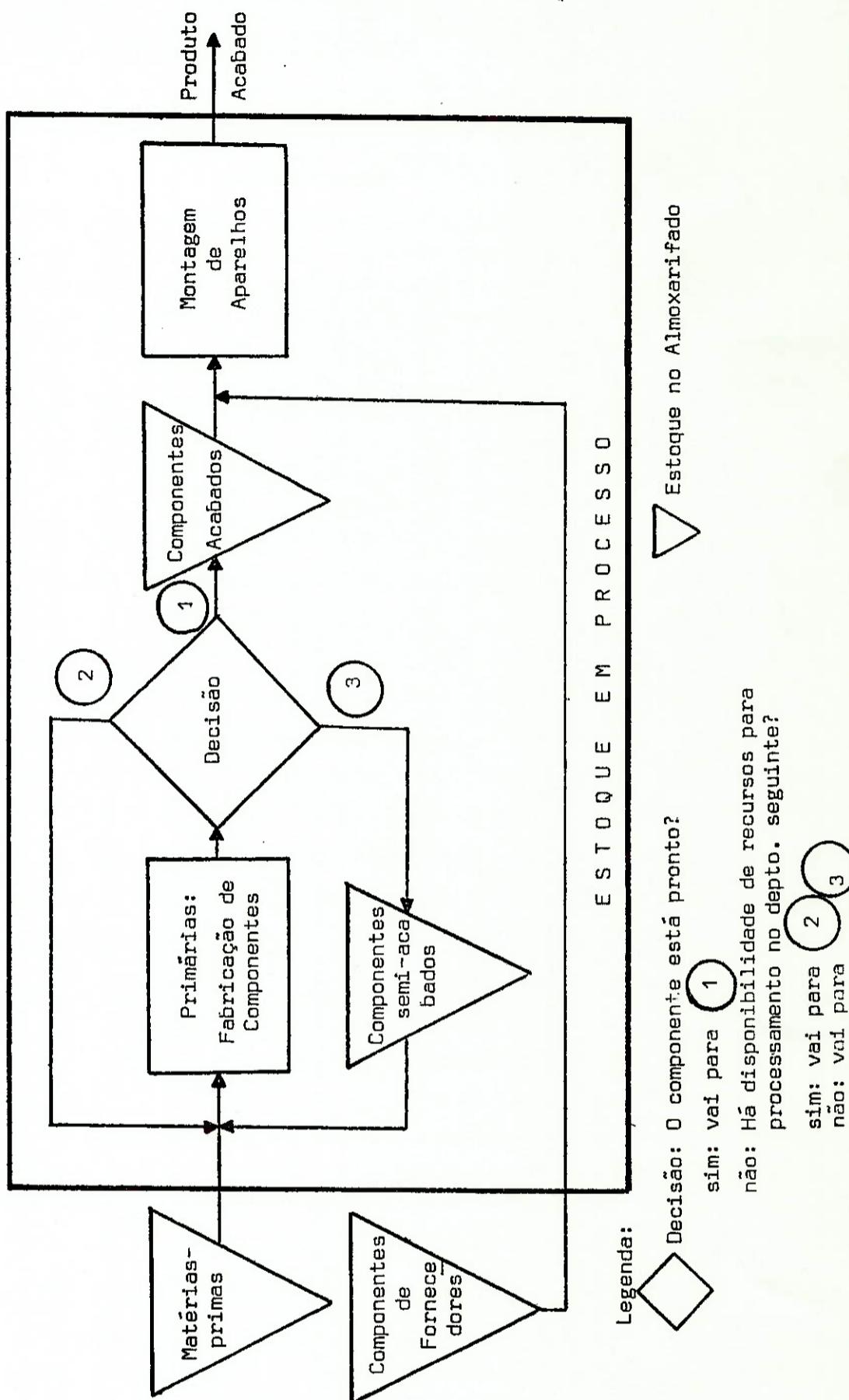


Fig. V-1 : Fluxo de materiais.

Vemos pelo quadro acima, que a expressão "estoque em processo" está sendo empregada de forma ampla.

Este mesmo fluxo é apresentado na figura V-2 em um nível mais detalhado.

Fig. V-2 : FLUXO DETALHADO DOS MATERIAIS



Elaborado pelo autor.

A figura V-2 mostra que os insumos básicos são as matérias-primas e os componentes adquiridos do meio-ambiente e armazenados no Almoxarifado. Para fins deste estudo consideramos a entrada no sistema, por ocasião das entregas do Almoxarifado para as fábricas, isto é, matérias-primas para as Primárias e componentes adquiridos de terceiros diretamente para a Montagem.

Uma vez dentro do sistema produtivo, as matérias-primas são processadas em um departamento das Primárias. Dependendo da disponibilidade de recursos em outros departamentos, os componentes semi-acabados podem ser enviados transitoriamente para o Almoxarifado ou diretamente para o departamento fabril seguinte.

Após todas as operações das Primárias terem sido concluídas, os componentes acabados são canalizados para o Almoxarifado onde aguardam, juntamente com os componentes adquiridos de fornecedores, requisição para montagem do produto final.

A fronteira final do fluxo em consideração coincide com a saída dos aparelhos da fábrica para o armazém central.

A proposta inicial para tratamento do problema foi o seu estudo em um departamento fabril e posterior gene-

ralização para os outros departamentos.

Tal abordagem peca em não visualizar o problema de forma sistêmica, isto é, não propor uma solução para minimizar o problema em todo o sistema produtivo, e sim em apenas uma de suas partes. A somatória da otimização das partes levaria fatalmente a uma sub-otimização do todo, por se ter negligenciado seu caráter integrado.

Consideramos altamente relevante a abolição desta limitação do trabalho a um departamento, para posterior generalização. Esta restrição fictícia foi imposta de cima para baixo, e demorou pelo menos um mês para que o autor tomasse consciência. Somente a partir deste instante foi possível estruturar este trabalho na forma aqui apresentada.

Tendo em vista o caráter integrado das atividades do sistema acima descrito, torna-se prioritária a busca de soluções atuantes sobre causas do estoque em processo, em detrimento do mero tratamento estanque de seus efeitos em departamentos isolados. O ataque independente a apenas uma parte do sistema poderia acarretar a transferência do problema de um ponto a outro do sistema, isto é, de um departamento a outro, ou de um departamento para o Almoxarifado.

Uma vez definido um campo de estudo tão abrangente, enfrentamos a dificuldade metodológica de como estudar uma realidade ampla e complexa como esta.

De um lado, sabíamos que a tentativa de resolução de problemas com muitas áreas de envolvimento, por pedaços, estaria fadada ao fracasso, porque não conseguiríamos descobrir as reais ligações entre as várias partes do problema.

Por outro lado, a tentativa de resolução do problema todo, de uma só vez, estava descartada pela frágil viabilidade prática.

Acabamos optando, em primeiro lugar, por uma análise global, durante a qual a abordagem sistêmica constituiria um subsídio simplificativo. Em segundo lugar, optamos pela execução parcelada, onde novamente a abordagem sistêmica nos auxiliaria a manter sintonia com o objetivo maior do problema.

5-2 As Soluções Aplicadas ao Sistema

O levantamento de todas as possíveis causas do estoque em processo foi feito detalhada e exaustivamente, sendo posteriormente sintetizado em 4 causas principais, a saber:

- a) Planejamento
- b) Programação
- c) Fluxo
- d) Manuseio

Estas causas não se referem apenas a problemas técnicos do "chão da fábrica", como dimensionamento e áreas de estoque, mas também a problemas organizacionais, isto é, provenientes das metodologias e procedimentos empregados pela empresa.

Dedicaremos um capítulo específico a cada uma dessas causas, propondo ainda soluções alternativas às mesmas.

As soluções não constituem alternativas exclusivas, que serão posteriormente avaliadas para seleção da melhor. Trata-se de soluções complementares que, para melhoria global do problema, devem ser integralmente aplicadas.

Para que o leitor adquira uma visão conjunta das Soluções apresentadas nos próximos capítulos, recomendamos reportar-se ao capítulo I - "Resumo", onde apresentamos o

quadro de soluções propostas.

Pretendemos a seguir mostrar o inter-relacionamento e o caráter complementar das soluções, conjugando-as ao fluxo de materiais da figura V-3.

a) Quando as matérias-primas são enviadas para as Primárias, temos a atuação da Solução Manuseio através do novo sistema de movimentação.

b) Uma vez nas Primárias, cabe à Solução Programação garantir a diminuição de estoques entre operações sucessivas.

c) O material já processado em um departamento fabril, pode seguir 3 caminhos alternativos.

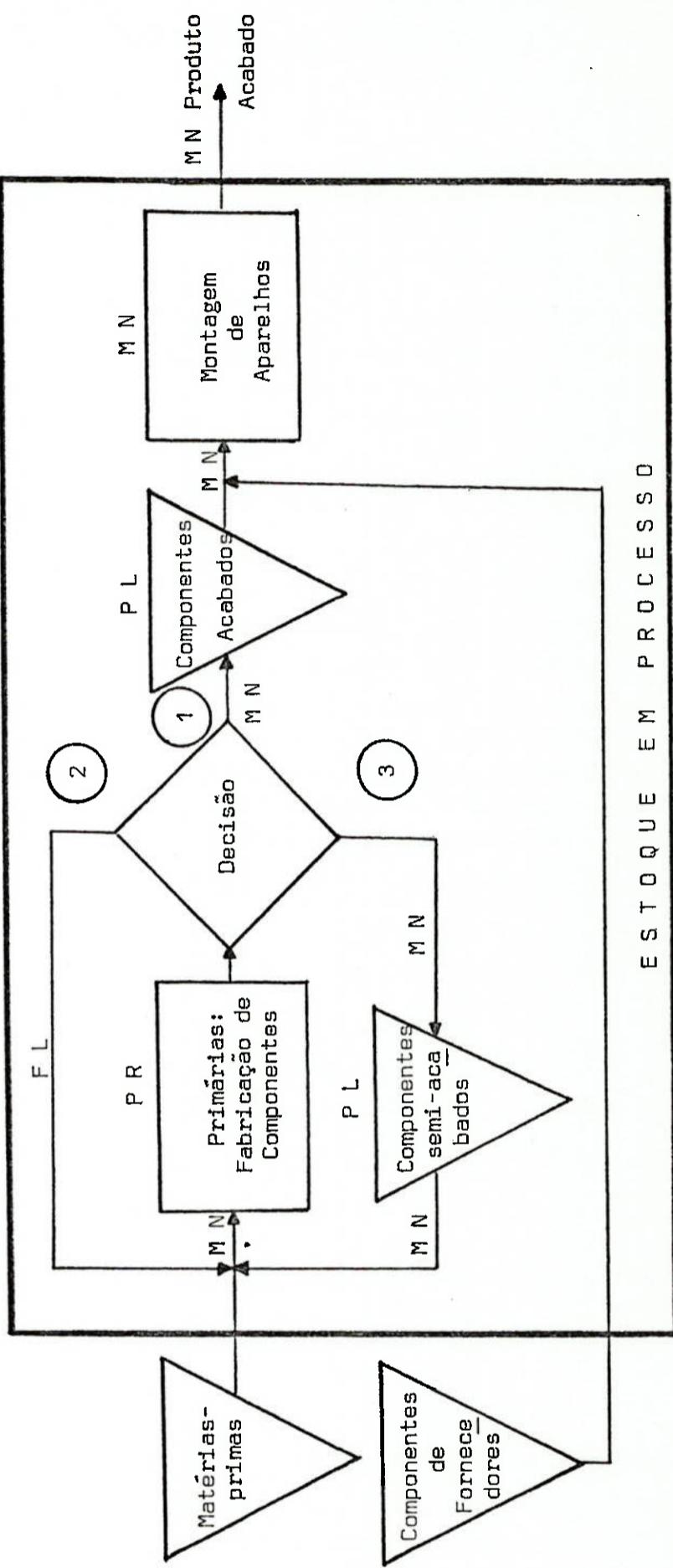
1- Se o componente estiver pronto, a Solução Manuseio se encarregará de movimentá-lo até o Almoxarifado.

2- Se o componente ainda não estiver pronto, requerendo processamento adicional em novo departamento, a Solução Fluxo propiciará uma transferência rápida mediante o agrupamento linear de máquinas e eliminação da necessidade de contagem.

3- Caso o departamento seguinte não puder processar o ítem imediatamente, a Solução Manuseio novamente efetuará o transporte rápido para o Almoxarifado e posteriormente deste para as Primárias.

d) A Solução Planejamento vai assegurar no Almoxarifado a manutenção de estoques baixos de componentes semi-acabados

Fig. V-3 : FLUXO DETALHADO DOS MATERIAIS



Elaborado pelo autor.

Legenda:

- P L: Solução Planejamento
P R: Solução Programação
F L: Solução Fluxo
M N: Solução Manuseio

e acabados de produção própria.

e) Finalmente na Montagem, a Solução Manuseio é fundamental através da Alimentação Programada, que proporciona alimentação mais freqüente em menores quantidades, de componentes adquiridos de terceiros ou fabricados internamente. A solução ainda assegura escoamento eficiente dos produtos acabados.

CAPÍTULO VI

SOLUÇÃO PLANEJAMENTO

6-1 Introdução

Os reflexos da política de estoques do Planejamento são bi-laterais: diretamente o Planejamento é o responsável pela fixação dos níveis de estoque no Almoxarifado; indiretamente exerce influência sobre os estoques nas Primárias porque estabelece as diretrizes de atuação da Programação.

A influência da política de estoques do Planejamento ainda transcende a área de PPCP*, a ponto de afetar significativamente o custo dos produtos da empresa. De fato, os valores médios de estoque fixados pelo Planejamento servem como parâmetros para a elaboração do orçamento, e a aprovação do custo de posse de um estoque excessivo ao produto, pode prejudicar sua competitividade no mercado ou sua rentabilidade.

No Capítulo IV - "Análise do Problema" levantamos a comparação da posição de estoques para Almoxarifado - pro-

* PPCP = Planejamento, Programação e Controle da Produção.

dução própria (tabela IV-1), obtendo na relação valor real/valor orçado a baixa porcentagem de 64%. Isto confirma que o valor orçado, estipulado pelo Planejamento como valor médio de estoque, é alto e desnecessário, porque a fábrica está operando normalmente com um nível 36% mais baixo que o orçado. Justifica-se desta forma a redução da imposição de altos estoques, proposta na solução deste capítulo.

O capítulo começa com a revisão dos principais conceitos do sistema de Planejamento de Necessidades de Material, o qual constitui a chave fundamental para solucionar o problema do estoque em processo de forma abrangente.

Na seqüência, apresentamos as características deste sistema na empresa e finalmente destacamos os elementos do sistema que poderiam permitir à empresa operar com estoques muito reduzidos entre as fases produtivas.

6-2 Planejamento de Necessidades

A empresa em estudo utiliza o sistema de Planejamento de Necessidades de Material. Julgamos conveniente revisar aqui os principais conceitos envolvidos neste sistema de maneira a facilitar a posterior compreensão do problema de geração de estoques em processo. Utilizamos a referência bibliográfica dos autores Buffa e Miller *.

O Planejamento de Necessidades é uma ferramenta útil que reconhece a relação de interdependência entre os materiais, isto é, a demanda por matérias-primas, semi-acabados, componentes e submontagens é dependente do produto final.

A diferenciação entre a demandas dependentes e a demandas independentes é uma distinção importante. A demanda de um determinado item de estoque é dita independente, quando não está relacionada com a de nenhum outro item, estando a fonte da demanda fora do controle da empresa. Uma demanda independente deve ser prevista. Pelo contrário, uma demanda é dependente quando está diretamente relacionada, ou deriva da demanda de um outro item.

Na sua maior parte, os itens de estoque de uma empresa manufatureira, estão sujeitos à demanda dependente. Por exemplo, se a empresa fabrica um produto composto de uma série de materiais e componentes, a demanda deles deriva, ou

* Buffa e Miller: "Production Inventory Systems: Planning and Control" - capítulos 4 e 7.

depende da demanda do produto final. Uma demanda dependente pode ser calculada, e não deve ser prevista.

O Planejamento de Necessidades surge como a forma de calcular a demanda de itens dependentes "explodindo" suas previsões a partir de um Programa Mestre de Produção que projeta a produção de produtos finais no futuro. O Planejamento de Necessidades pode ser encarado como um sistema hierárquico, pois a demanda nos níveis mais altos do processo produtivo, dada pelo Programa Mestre de Produção, é utilizada para a tomada de decisões nos níveis mais baixos. Evita-se, desta forma, que a demanda de um item dependente seja prevista de maneira independente.

A figura VI-1 mostra o sistema de Planejamento de Necessidades como um intermediário entre as informações de entrada, necessárias ao planejamento, e as informações de saída, mais orientadas à execução e controle. Dentre as entradas destacamos:

- a) Programa mestre de produção;
- b) Árvore de estrutura de cada produto;
- c) Posição dos estoques.

a) O Programa Mestre de Produção expressa o plano de produção dos produtos finais da empresa, em termos de datas e quantidade. Ele é o resultado do Planejamento Agregado que indica como os estoques, a força de trabalho e a produção de cada produto da empresa deverão variar no tempo. En -

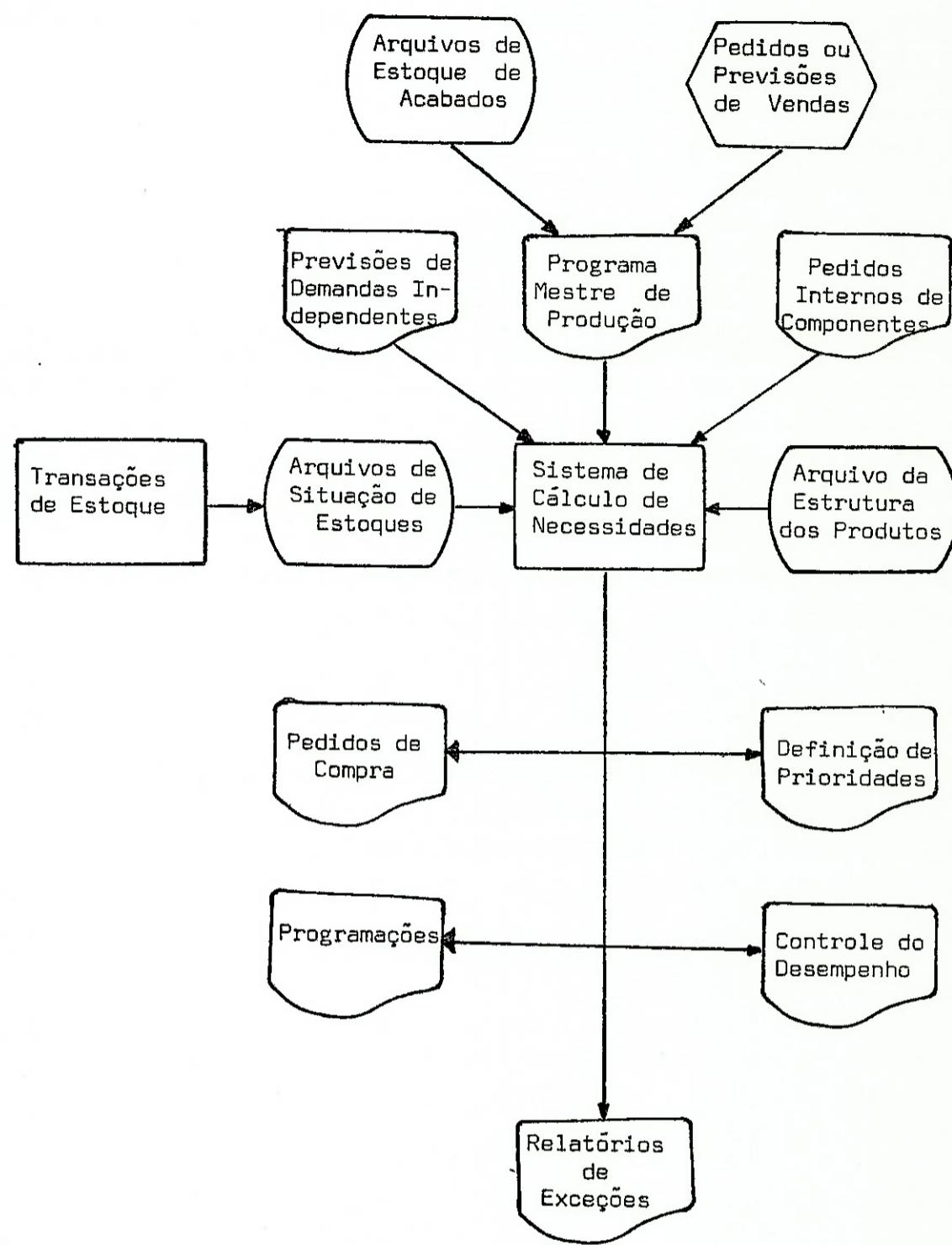
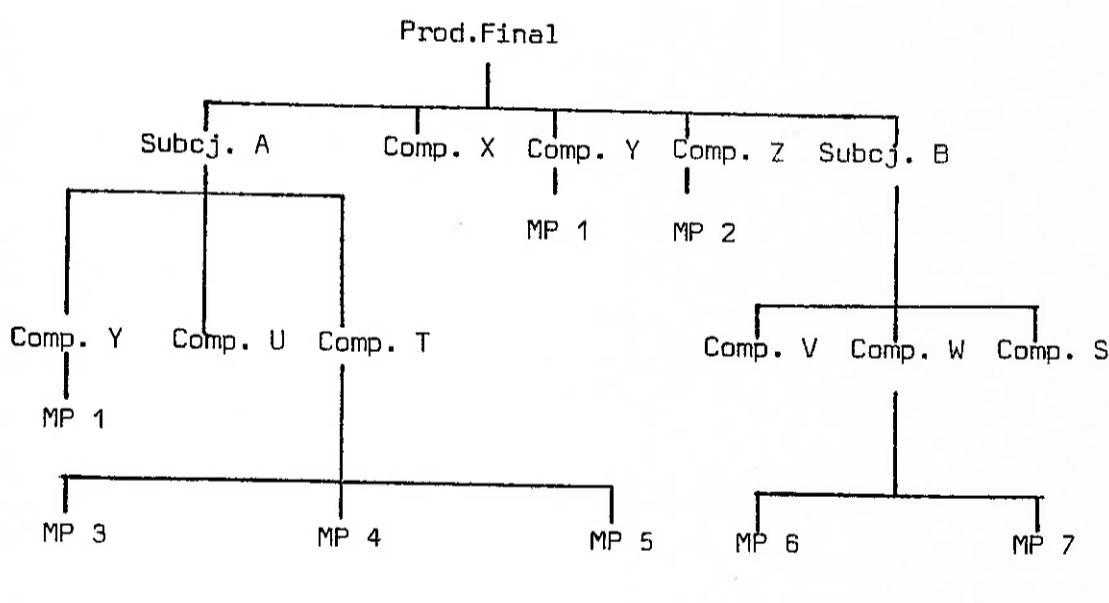


Fig. VI-1 : Informações no Sistema de Planejamento de Necessidades de Materiais.

Transcrito ref. 4.

tretanto, o Planejamento Agregado e o Programa Mestre de Produção focalizam apenas os produtos finais da empresa. Eles geralmente não consideram as matérias-primas, componentes e subconjuntos que devem ser administrados para assegurar a montagem final dos produtos. A tarefa de planejar e controlar estas entradas para produção de produtos finais é feita pelo Planejamento de Necessidades com o auxílio da árvore de estrutura de cada produto.

b) A árvore de estrutura de cada produto é fundamental para o funcionamento do sistema. Ela indica a relação de dependência entre os itens, mostrando como eles são agregados para compor o produto final. A figura VI-2 ilustra graficamente a estrutura de um produto final, própria de uma empresa integrada que fabrica componentes para posteriormente montá-los.



Prod. Final = Produto Final

Comp. = Componente

Subcj. = Subconjunto

MP = Matéria-Prima

Fig. VI-2 : Árvore de estrutura de um Produto final.

c) A posição dos estoques disponíveis deve estar permanentemente atualizada, refletindo a realidade física. Cada um dos elementos da árvore do produto é um item diferenciado do ponto de vista da administração dos estoques, requerendo um código próprio para evitar ambigüidade. Quando um item passa de um estado a outro superior, isto é, sobe na estrutura do produto final, ele é registrado em outra posição de estoque, sob nova codificação. Isto requer um acompanhamento permanente do processo de produção, em termos de informações.

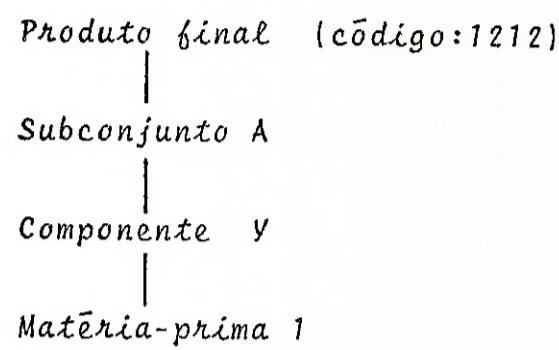
Outra característica importante do Planejamento de Necessidades é a consideração da dimensão tempo nos registos de estoque, em contraposição aos registros tradicionais que levam em conta apenas saldos, pedidos em andamento e quantidades comprometidas em um dado instante.

Um registro de estoque de um item neste sistema tem o seguinte formato:

Semana							
Necessidades brutas							
Pedidos a receber							
Disponível							
Pedidos a emitir							

Fig. VI-3 : Registro de estoque de um item no Sistema de Planejamento de Necessidades.

Para ilustrar o funcionamento do sistema de Planejamento de Necessidades vamos nos reportar à árvore de estrutura do produto, mostrada na figura VI-2. Vamos seguir, como exemplo, o seguinte ramo daquela árvore:



Suponhamos os seguintes dados para os itens:

Item: Subconjunto A

código: 0010

nível superior: 1212

lote econômico: 15

tempo morto (lead time): 3 semanas

estoque de segurança: 0

saldo disponível: 10

pedidos a receber: 0

Item: Componente Y

código: 0018

nível superior: 0010

lote econômico: 15

tempo morto: 3 semanas

estoque de segurança: 0

saldo disponível: 0

pedidos a receber: 10, na semana 2

Item: Materia-prima 1

código: 0112

nível superior: 0018

lote econômico: 25

tempo morto: 6 semanas

estoque de segurança: 0

saldo disponível: 11

pedidos a receber: 25, na semana 2

Suponhamos que o programa mestre de produção aponta as seguintes quantidades e datas para início da montagem do Produto final:

semana	quantidade
2	3
7	8
10	10

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Produto final 1212			3					8			10	
Subconjunto A 0010												
Necessidades brutas			3					8		10		
Pedidos a receber												
Disponível	10	10	7	7	7	7	7	-1	-1	-1	-11	-11
Pedidos a emitir					15							
Componente Y 0018												
Necessidades brutas					15							
Pedidos a receber			10									
Disponível	0	0	10	10	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5
Pedidos a emitir	15											
Matéria-prima 1 0112												
Necessidades brutas	15											
Pedidos a receber			25									
Disponível	11	-4	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Pedidos a emitir												

Fig. VI-4 : Exemplo de funcionamento do Sistema de Planejamento de Necessidades.

Na determinação das necessidades líquidas de materiais, a árvore do produto final é pesquisada de cima para baixo e seus dados confrontados com os registros do arquivo de estoques de cada item. A figura VI-4 é um exemplo para o ramo da árvore tomado como ilustração.

As necessidades brutas de um item são determinadas diretamente a partir do cronograma de pedidos do antecessor superior deste item na árvore. Para isto é preciso considerar o fator multiplicativo da ligação, isto é, quantas unidades de um nível são necessárias para formar o nível superior. É este o motivo da expressão "explosão" das necessidades. Eventualmente pode-se utilizar também o fator de refugo da ligação. No exemplo, o fator multiplicativo é unitário para todas as ligações.

O exemplo mostrado revela a utilização dos conceitos tradicionais de lote econômico, estoque de segurança e tempo morto. A forma de se lidar com a incerteza inerente a qualquer atividade industrial é mostrada na seqüência deste capítulo, onde apresentamos a riqueza potencial que o Planejamento de Necessidades tem neste aspecto. Lá comentaremos a utilização do estoque de segurança e do tempo morto.

Para finalizar a apresentação dos principais conceitos do Planejamento de Necessidades, cabe comentar ainda alguns métodos de dimensionamento dos lotes de produção e compra.

a) Lote econômico

A política de lote econômico pressupõe uma demanda contínua a uma taxa fixa. Esta regra procura minimizar os custos associados de estocagem e de requisição (ou preparação).

Em sua forma mais simples temos:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2 C_p R}{C_h}}$$

onde:

Q_0 = lote econômico

R = consumo anual em unidades

C_h = custo anual de armazenagem por unidade

C_p = custo de requisição (ou preparação)

b) Período econômico

Esta técnica consiste em requisitar uma quantidade correspondente ao consumo de um período pré-determinado. O período econômico é calculado como sendo o intervalo de tempo entre requisições, que resultaria do uso da regra do lote econômico.

Ilustrando, para

- período econômico = 4 semanas
- tempo morto = 5 semanas

- estoque de segurança = 0

temos:

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Necessidades brutas	50	15	10	0	25	50	10	10	10	40	60	30	5
Pedidos a receber							70				95		
Disponível	150	100	85	75	75	50	0	60	50	40	0	35	5
Pedidos a emitir			70			95							

Fig. VI-5 : Dimensionamento de lotes através do Período econômico.

Apesar da semelhança entre o conceito do período econômico e o do lote econômico, o primeiro apresenta maior eficiência se a demanda for descontínua, sazonal ou não uniforme. Isto ocorre, pois, com o período econômico, uma quantidade requisitada corresponde sempre ao consumo referente a um período futuro, podendo desta forma se ajustar automaticamente a variações da demanda.

A empresa que estamos estudando utiliza a técnica de período econômico.

c) Programação dinâmica

O lote econômico e o período econômico propiciam requisições ótimas em situações muito limitadas. Mais frequentemente, eles propiciam boas em oposição a ótimas soluções.

Decisões ótimas no planejamento de estoques podem ser asseguradas apenas com a utilização de métodos mais complexos como a programação dinâmica. Buffa * apresenta o algoritmo de Wagner - Whitin, o qual através de programação dinâmica considera todas as alternativas para determinar a solução ótima.

* Ver referência na página 181.

6-3 Sistematica Atual

6-3.1 O Planejamento de Necessidades na Empresa

A empresa em estudo utiliza a sistemática de Planejamento de Necessidades exposta no item anterior, com as seguintes características:

a) Estrutura do Produto.

Os itens que sofrem algum processo produtivo dentro da empresa mudam de código, isto é, sobem na estrutura do produto, sempre que são transferidos de um departamento fabril. Dentro de um mesmo departamento a codificação não é alterada, mesmo que o item sofra várias operações. Isto implica, impossibilidade de transferência de um item para o almoxarifado antes do término de todas as operações em um departamento. Até lá, o almoxarifado não está autorizado a receber-lo, devido à ausência de codificação intermediária às operações do departamento.

A consequência direta para o nosso estudo, desta política de alteração de codificação apenas por ocasião da mudança de departamento, é o acúmulo de estoque em processo nos departamentos fabris quando um item sofre aí operações sucessivas e aguarda em filas de espera a sua vez de ser processado.

b) Dimensionamento dos lotes de fabricação e compra.

A empresa utiliza a técnica de período econômico

citada no item anterior. Quando um mesmo componente sofre operações em diversas máquinas, o dimensionamento do lote de fabricação é feito apenas para a primeira operação, isto é, aquela que processa a matéria-prima bruta. A partir daí, o mesmo lote será processado nas operações seguintes.

c) Tempo morto (lead time).

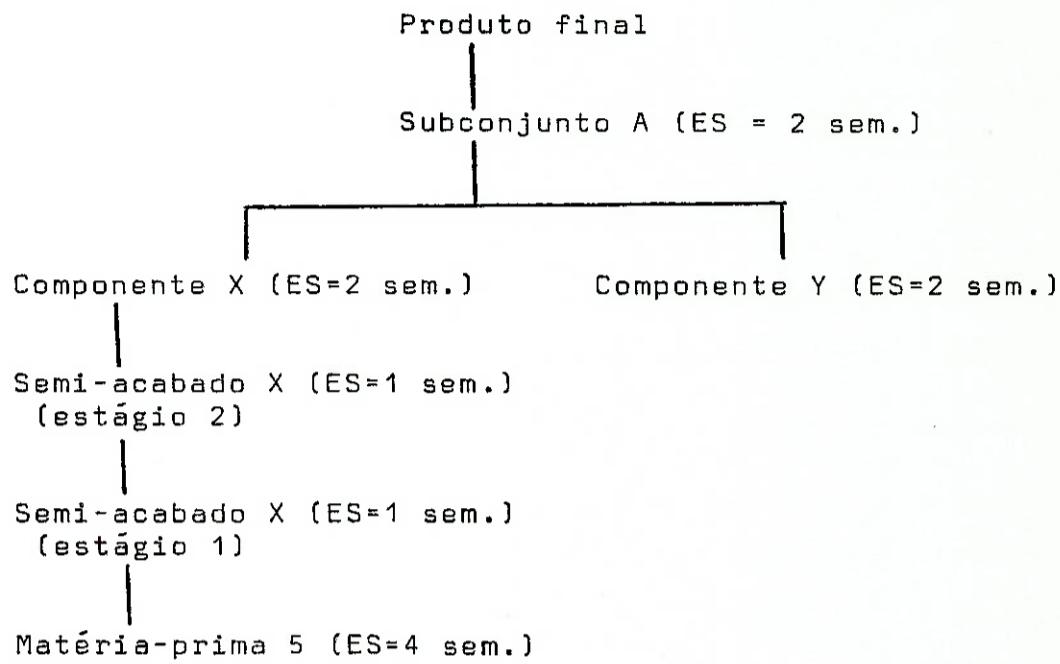
Para efeito de cálculo do Planejamento de Necessidades, o tempo morto é considerado nulo para operações internas à empresa. Entretanto, veremos a seguir que quando a estrutura do produto é percorrida de cima para baixo, as necessidades líquidas são defasadas de no mínimo uma semana, a cada mudança de nível. Esta defasagem ocorre devido à política de estoque de segurança mostrada a seguir.

d) Estoque de segurança

Ao invés de utilizar um estoque de segurança fixo definido em quantidade, a empresa estabelece o estoque de segurança, para cada item da estrutura do produto, como sendo um intervalo de tempo. Por exemplo, se o estoque de segurança for de uma semana, significa que em qualquer instante, o saldo disponível em estoque é no mínimo suficiente para atender o consumo de um período de uma semana. Através deste procedimento, o estoque de segurança torna-se flexível, podendo ajustar-se a variações da demanda.

O esquema da figura VI-6 mostra como exemplo, uma parte da árvore de estrutura de um produto final, indican-

do os estoques de segurança de cada ítem.



EST = estoque de segurança

sem. = semana

Fig. VI-6 : Estoques de segurança na árvore de estrutura do Produto.
Elaborado pelo autor.

O estoque de segurança na empresa é fixado em uma semana para ítems em estágio intermediário de fabricação (semi-acabado X, figura VI-6) e no mínimo duas semanas para componentes acabados e subconjuntos.

Lembrando que um ítem muda de nível na estrutura do produto, quando é transferido de departamento fabril, verificamos que um componente que passa por vários departamentos possui um alto valor acumulado de estoques de segurança.

A quantidade acumulada de estoque de segurança é definida in dependentemente do número total de operações, sendo unicamen te função do número de departamentos por onde o componente passa.

Pela análise do sistema descrito, nota-se que ele utiliza estocagem intensiva em todas as fases de processamento dos produtos. Desta forma, ao analisarmos o fluxo de um material desde matéria-prima até a montagem no produto final, verifica-se que ele está ponteado por diversos estoques intermediários de segurança. Esta é uma das causas mais importantes que provocam os altos estoques em processamento e os altos índices de ocupação do almoxarifado por ítems de produção própria, em fase intermediária de transformação.

Vejamos agora, através de um exemplo, como o estoque de segurança usado no Planejamento de Necessidades defasa a necessidade de um ítem no tempo, provocando um efeito semelhante ao tempo morto.

Suponhamos um ítem da estrutura do produto com as seguintes necessidades brutas:

semana	1	2	3	4
necessidades brutas	0	0	20	0

Se o estoque de segurança deste ítem for de uma semana, deveremos ter 20 unidades para segurança na semana 2.

semana	1	2	3	4
necessidades brutas	0	0	20	0
estoque de segurança	0	20	0	0

Se o saldo de estoque disponível deste item estiver nulo, o sistema de Planejamento de Necessidades irá gerar a necessidade de reposição na semana 2 apesar de a necessidade real ser para a semana 3.

Fig. VI-7 *: Estoque de segurança gerando defasagem de necessidades no tempo.

semana	1	2	3	4
necessidades brutas	0	0	20	0
estoque de segurança	0	20	0	
pedidos a receber		20		
disponível	0	0	20	0
pedidos a emitir		20		

Nota-se portanto, que o estoque de segurança provoca um efeito semelhante ao do tempo morto, adiantando em uma semana a necessidade do item.

e) Informações para a Programação de Produção.

A Programação, como veremos em detalhe no capítulo seguinte, está estruturada por departamento fabril, isto é, cada departamento é de responsabilidade de um programador.

Quando a árvore de estrutura do produto é percorrida de cima para baixo, o sistema emite um relatório para a

* Elaborado pelo autor.

Programação, contendo as necessidades líquidas de cada ítem da árvore. Como cada ítem corresponde a um departamento, cada programador, através deste relatório, sabe o que e quanto deve ser produzido no seu departamento.

Um mesmo componente processado em diversos departamentos, possui diversas codificações que se alteram a cada transferência de departamento. As necessidades de produção em cada um dos departamentos que processam este componente estão defasadas de uma semana (pois, cada ítem da árvore do produto possui um estoque de segurança de uma semana que tem efeito semelhante ao do tempo morto). Assim, o relatório indica também quando cada ítem deve ser produzido.

6-3.2 Efeitos na Geração de Estoque

A análise da sistemática de Planejamento de Necessidades utilizada na empresa, revela dois aspectos que contribuem para a excessiva formação de estoques:

- a) estoques de segurança
- b) tempo morto

a) Estoques de segurança.

Estes são fixados em, no mínimo, uma semana para cada ítem da árvore de estrutura do produto. Trata-se de um valor empiricamente obtido, isto é, pela experiência passada de estoque. Parece-nos que esta uma semana, é utilizada ape-

nas por motivos administrativos, para facilitar os cálculos, e não reflete uma necessidade real da segurança.

Em casos de componentes processados continuamente, é necessário dimensionar e localizar os pontos de estoque intermediário de segurança, de forma a cobrir paradas de produção em várias máquinas por ocasião de quebra de uma delas.

A localização dos pontos de estoque deve ser estabelecida após operações com risco de quebra e não simplesmente entre departamentos, como ocorre atualmente. Esta análise inicial já permitirá a eliminação de alguns pontos de estoque dispensáveis.

O dimensionamento dos estoques de segurança deve ser feito através do levantamento da distribuição de probabilidade dos tempos de funcionamento e parada, por ocasião de quebras ou trocas de ferramenta. Mostramos no Item 4-4 um modelo para este dimensionamento.

Para componentes de produção intermitente, por outro lado, o estoque de segurança é dispensável, pois, por ocasião de quebra de uma máquina, a máquina que executa a operação seguinte pode processar alternativamente um outro componente.

b) Tempo morto.

Vimos que para cada mudança de nível na árvore de estrutura do produto, as necessidades são enviadas aos pro-

gramadores de produção, defasadas entre si de uma semana. Desta forma o tempo morto para a confecção completa de um componente é função do número de mudanças de nível, ou seja, do número de departamentos por onde este passa. Não se leva em consideração fatores de produção como número de operações executadas por departamento e tempo real de processamento. Portanto, o tempo morto elevado é o resultado de uma estrutura de produção excessivamente departamentalizada.

Exemplificando, tomemos o início e término do processamento de um lote de um componente de produção intermitente na Estamparia, numa segunda feira. Este lote deverá aguardar até a semana seguinte para continuar o seu processamento em outro departamento, por exemplo a Galvanoplastia, pois o programador deste último departamento receberá informações do Planejamento de Necessidades, para produzir somente nesta data.

Note-se que a elevação do tempo morto acima do exigido pela própria produção está sendo imposta por deficiências de informação, inerentes a uma estrutura departamental. Este aumento forçado do tempo morto agrava o problema de estoques em processo, tornando muito lento o tempo de fluxo dos materiais.

No capítulo referente à Solução Fluxo mostramos a importância da diminuição do tempo de fluxo dos materiais, desde matéria-prima até o produto acabado. Note-se que a im-

posição de defasagem de uma semana entre o processamento em departamentos sucessivos atua como uma forte restrição para a proposta que lá fazemos de minimização do tempo de fluxo. A Solução Planejamento que citaremos na seqüência deste capítulo atua de forma complementar à Solução Fluxo, na medida em que elimina a restrição de uma semana de tempo morto entre cada departamento fabril.

6-4 O Potencial do Planejamento de Necessidades

O sistema de Planejamento de Necessidades permite operar com estoques muito reduzidos entre as fases produtivas. Este sistema é a chave fundamental para solucionar o problema de estoques em processo de forma abrangente. É por este motivo que apresentamos a Solução Planejamento antes das outras soluções.

Apesar da empresa analisada utilizar o Planejamento de Necessidades, a existência de altos níveis de estoque em processo é motivada pelo não aproveitamento de toda a sua potencialidade. A capacidade de planejamento inerente a este sistema é desperdiçada em um mero acompanhamento de um sistema automatizado. A fixação de parâmetros elevados de estoques de segurança e tempo morto, resulta em uma independência cômoda entre as fases produtivas, assemelhando o sistema de Planejamento de Necessidades ao antiquado sistema de Estoque Mínimo - Lote Econômico.

A Solução Planejamento baseia-se na proposta de utilização de todo o potencial do sistema de Planejamento de Necessidades. Mostraremos aqui o potencial que este sistema contém.

Para fins de comparação convém recordar o conceito do sistema do Estoque Mínimo. O pressuposto subjacente a este sistema é de que todas as partes fabricadas ou compradas são mantidas em estoque. É emitida uma ordem de fa-

briacão ou de compra para reposição de um ítem do estoque quando este atingir um determinado nível denominado "estoque mínimo". A quantidade pedida em cada ordem de fabricação ou de compra é determinada antecipadamente e denominada "lote econômico".

Um ponto forte do Planejamento de Necessidades é perceptível quando o comparamos com o sistema do Estoque Mínimo. Enquanto este último apenas reage às variações do nível corrente do estoque, o Planejamento de Necessidades é capaz de planejar antecipadamente, de forma que decisões possam ser tomadas antes do surgimento dos problemas. Em outras palavras, enquanto o sistema do Estoque Mínimo tem um caráter apenas reativo à situação presente, o Planejamento de Necessidades é adaptativo, porque pretende planejar níveis de estoques futuros e projetar decisões.

Outro ponto forte do Planejamento de Necessidades refere-se ao tratamento da incerteza inherente a qualquer atividade industrial. A incerteza existe porque as previsões de demanda e o tempo morto (lead time) não são fixos, possuindo um caráter aleatório. Há três enfoques básicos para o tratamento da incerteza no Planejamento de Necessidades, sendo que a empresa analisada utiliza apenas os dois primeiros.

a) Utilizar estoques de segurança.

Esta é a maneira tradicional de se obter segurança. Este procedimento requer a emissão de uma ordem de reposição.

siação do estoque de forma a recebê-lo no período em que a previsão do nível de estoque caia abaixo do estoque de segurança.

b) Utilizar "tempo morto de segurança".

Tempo morto de segurança é um tempo adicional acrescentado ao valor esperado do tempo morto. Desta forma, a emissão de uma ordem de reposição do estoque é feita antes do exigido pelo prazo normal, supondo-se a possibilidade de um atraso na entrega. Se, apesar desta suposição, a ordem chegar no prazo correto, a antecipação do pedido terá resultado em um estoque adicional de segurança, assegurando efetivamente o sistema contra incertezas no fornecimento e também na demanda. Desta forma, o tempo morto de segurança atua de forma semelhante ao estoque de segurança.

c) Controlar o tempo morto.

O tempo morto não é um valor fixo e constante. Ao contrário, trata-se de um valor médio controlável, isto é, o tempo morto pode ser comprimido ou dilatado através de um acordo com o fornecedor ou com a própria produção. Como o sistema do Estoque Mínimo supõe a impossibilidade de controle do tempo morto, não fornece as informações indicativas de quando é necessário apressar ou retardar uma entrega ou um processamento interno.

A vantagem do Planejamento de Necessidades sobre o sistema do Estoque Mínimo é a fácil manipulação de infor-

mações para a tomada de decisões. Ao invés de simplesmente indicar quando e quanto encomendar, o Planejamento de Necessidades também fornece informações sobre a necessidade de apressar ou retardar a entrega ou o processamento, em termos de prazos e quantidades. Desta forma, fornece dados adicionais para administrar a incerteza.

Esta qualidade do Planejamento de Necessidades proporciona ao planejador a capacidade de previsão de faltas ou excessos de material em estoque, permitindo a tomada de decisões criativas para solucionar problemas operacionais. Dentre as medidas que o planejamento pode tomar, temos: contactar os fornecedores de matérias-primas no sentido de alterar prazos de entrega, apressar ou retardar o processamento interno da empresa, permitir faltas no estoque, e até atrasos na produção.

O controle do tempo morto permite utilizar baixos níveis de estoque, substituindo estoques de segurança por um esforço de planejamento. Tal substituição é uma proposta para diminuir a excessiva utilização de estoque de segurança ou tempo morto de segurança atuais.

Para ilustrar o potencial do Planejamento de Necessidades, voltemos ao exemplo da figura VI-4 que mostra a explosão de necessidades de três itens dependentes do Produto final 1212: Subconjunto A, Componente Y e Matéria-prima 1. Analisemos cada um destes itens:

a) Subconjunto A.

O planejamento dos estoques deste item mostra que uma ação somente será necessária na semana 4, quando um pedido deverá ser emitido. Até lá, nenhuma ação é exigida.

b) Componente Y.

Para este item, o planejamento dos estoques indica a exigência de ação imediata. A presença de um pedido de 15 unidades a emitir na semana 1 indica que este pedido deve ser colocado imediatamente, de maneira a ser produzido (com um tempo morto de três semanas) antes que o estoque disponível se esgote. Caso contrário, acarretará atraso na produção do Subconjunto A e também do Produto final.

O programa deste item indica também a possibilidade de uma segunda ação, de interesse para o nosso objetivo de reduzir estoques. Vemos neste item um pedido de 10 unidades a serem recebidas na semana 2. Entretanto, nenhuma destas unidades será utilizada até a semana 4, o que sugere a possibilidade de reprogramar este recebimento para esta data. Esta decisão pode liberar capacidade para produzir itens mais urgentes, além de eliminar a permanência de 10 unidades ociosas no estoque durante 2 semanas.

c) Materia-prima 1.

Vemos que este item está sujeito a um esgotamento do estoque já na semana 1, tendo um pedido a receber apenas na semana 2. Para superar este impasse, o planejador

tem as seguintes alternativas:

1.^{a)} Contactar o fornecedor, pedindo uma antecipação na entrega.

2.^{a)} Alterar o Programa Mestre, reprogramando a montagem do Produto final para a semana 8, ao invés da semana 7. Se o atraso é inevitável, é preferível tomar conhecimento do fato, e avisar antecipadamente o cliente ou o departamento de vendas.

3.^{a)} Desobedecer a regra do lote econômico utilizada nos níveis superiores. Note-se que a necessidade real por Sub-conjuntos A na semana 7 é de apenas uma unidade. Entretanto, a previsão de um esgotamento do estoque acarretou um pedido de 15 unidades, correspondente ao lote econômico. Apenas uma dessas unidades é realmente requerida para a semana 7, e existem 11 unidades de matéria-prima 1 no estoque, quantidade mais do que suficiente.

4.^{a)} Recuperar o atraso, diminuindo o tempo morto interno da empresa. A suposição subjacente a esta alternativa é de que o planejador pode controlar as atividades dentro da fábrica, apressando o processamento nos estágios intermediários.

Concluindo, as vantagens do sistema de Planejamento de Necessidades, resumidamente, são:

a) vinculação da demanda dependente de um nível da estrutura

tura do produto a outro, proporcionando reflexos precisos das reais necessidades de produção e melhor atendimento à demanda;

b) as decisões do Planejamento Agregado e do Programa Mestre de Produção refletem-se nos níveis mais baixos da estrutura do produto, garantindo decisões consistentes em relação às diretrizes básicas de mudanças na produção;

c) adequação dos níveis de estoque por ocasião de demanda descontínua ou sazonal;

d) visualização de todo o leque de decisões potenciais disponíveis à gerência, tais como adiantamento, retardamento do fluxo dos materiais e mudanças no Programa Mestre de Produção;

e) estabelecimento de prioridades, assegurando melhor utilização da capacidade disponível com o consequente cumprimento dos prazos de itens mais urgentes.

CAPÍTULO VII

SOLUÇÃO PROGRAMAÇÃO7-1 Introdução

Para esta solução, enfocaremos os efeitos que a Programação da Produção tem sobre a geração de estoques em processo [Item 7-3].

A importância da Programação está na sua função intermediária entre o Planejamento e a Produção. De um lado, a Programação recebe informações do Planejamento e de outro, atua diretamente sobre o dia a dia da Produção como órgão executivo. O poder sobre a Produção confere à Programação influência decisiva sobre a velocidade do fluxo dos materiais: logo, a viabilização da proposta do próximo capítulo (Solução Fluxo), vai depender em grande parte da concretização da Solução Programação.

Atualmente a Programação negligencia a existência de níveis elevados de estoque em processo. Sua única preocu-

pação consiste em atender às necessidades de produção a contento. Nossa proposta será estabelecer procedimentos de forma que a Programação continue atendendo às necessidades de produção nos mesmos padrões atuais, mas inclua ainda entre suas atribuições a minimização de estoques.

Propomos neste capítulo a sincronização de operações sucessivas, visando a minimização da defasagem entre o início de tais operações. Para isso sugerimos uma metodologia de programação conjunta que visa a integração das etapas de processamento dos componentes relevantes. Paralelamente, uma nova forma de organização, a Estrutura Matricial, assegurará um intercâmbio de informações entre Planejamento-Programação, mais intenso.

7-2 Sistemática Atual

A Programação é o departamento responsável pela alocação dos recursos produtivos para atender o Plano de Produção de aparelhos eletrodomésticos, elaborado pelo Planejamento. Suas atividades se distinguem quanto ao local de atuação:

- a) nas Primárias, a Programação efetivamente dita a produção de componentes: o que, quanto, quando, onde produzir;
- b) na Montagem, a qual trabalha sob produção contínua, a atuação da Programação é mais restrita devido ao balançamento já existente das linhas. Cabe-lhe estabelecer definições ou alterações da produção quanto a modelo, cor ou voltagem.

Para este estudo estamos mais interessados nas atividades da Programação nas Primárias, porque, considerando-se seu leque de responsabilidades, é ela quem responde aqui pela existência de estoques em processo. Por outro lado, na Montagem, a atitude da Programação é mais passiva. A geração de estoques na Montagem será tratada em capítulo específico, na Solução Manuseio.

Formalmente, a ferramenta básica recebida mensalmente pela Programação para execução de suas atividades nas Primárias é uma listagem de computador, contendo quanto de-

ve ser produzido semanalmente de cada código. Um mesmo componente pode receber diversos códigos à medida que progride nos estágios do processo produtivo. Esta listagem é emitida automaticamente, contendo as necessidades líquidas de produção de cada elemento da árvore de estrutura do produto final (cada elemento é um novo código).

Componente Y - 0018

Semana	1	2	3	4
Necessidades brutas				15
Pedidos a receber		10		
Disponível	0	0	10	10
Pedidos a emitir	15			

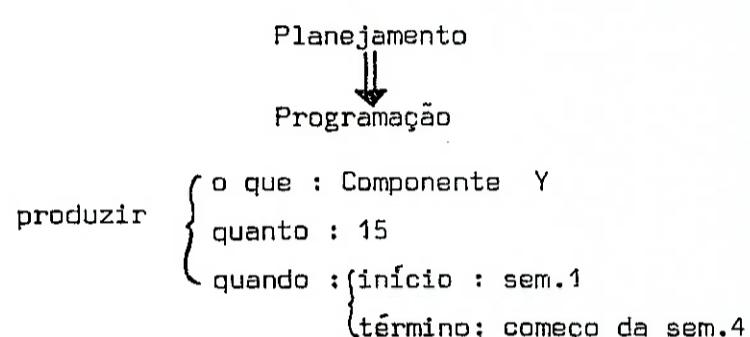


Fig. VII-1 : Forma de transmissão de informações do Planejamento para a Programação.

Elaborado pelo autor.

Teoricamente, este relatório deveria ser muito útil e ser seguido fielmente pela Programação, a qual saberia através dele o que produzir em cada semana. No entanto, este relatório apresenta pouca utilidade prática, servindo apenas como referência para quantidades mensais de produção, e não semanais como seria o seu objetivo.

A Programação está estruturada por departamento, isto é, possui seis programadores, cada um dos quais responsável por alguns departamentos. O critério de estruturação é funcional (Estamparia, Usinagem, Fundição), de forma que cada programador elabora a programação dos códigos pertencentes aos departamentos sob sua responsabilidade. É o Programador quem fornece aos supervisores e ajustadores de máquina o que, quando, quanto e onde será produzido. Para isto, ele aloca as necessidades de produção de cada código às máquinas, segundo uma seqüência que dá prioridades para aquele que possui a menor relação saldo de estoque/consumo diário (ver fig. VII-2).

Dada a pulverização de responsabilidades da Programação, cada programador recebe não a totalidade do relatório acima mencionado, mas apenas a parcela referente aos códigos dos seus departamentos.

Como veremos mais adiante neste capítulo, esta dispersão das atividades de programação por departamento é a causa fundamental de geração de estoques nas Primárias.

Os mecanismos de acompanhamento e controle da produção são pobres e ineficientes. Os gráficos de Gantt são mal utilizados, servindo apenas como um quadro onde os ítems são alocados às máquinas no começo do mês. Não apresentam: a seqüência dos ítems nas máquinas, a distribuição correta no tempo, a obediência à seqüência tecnológica, nem

Fig. VII-2 : Forma de transmissão de informações do Programador para o Supervisor.

o acompanhamento do real contra o previsto.

As deficiências da Programação contribuem para a formação de altos estoques em processo nas Primárias. Em última análise, é a Programação que vai ditar o dia a dia da fábrica e, portanto, permitir sem solucionar o problema de estoques em processo. A Programação não tem interesse em trabalhar com estoques intermediários baixos, pois o estoque é um elemento amortecedor de oscilações que dá a necessária flexibilidade à programação de uma seqüência de máquinas. Além da função necessária de flexibilidade o estoque ameniza também eventuais ineficiências da Programação. Assim, é mais cômodo trabalhar com estoques elevados apesar do seu custo, por se poder prescindir de maior cuidado e precisão.

7-3 Efeitos da Programação sobre a Geração de Estoque em Processo

Discutiremos aqui como surgem estoques em processo, em função das decisões tomadas para programar a fábrica de Primárias de produção intermitente repetitiva. A tarefa de programar é complexa, porque envolve a alocação de várias ordens aos recursos máquinas e/ou homens, ordens essas que devem sofrer números diferentes de operações específicas, em seqüências diversas, com períodos de tempos também variáveis.

7-3.1 Técnicas de Seqüenciação

O problema de seqüenciação é determinar a seqüência em que ordens ou lotes devem ser processados em cada um dos centros produtivos.

Caberá à Programação a tarefa de seqüenciar as ordens ou lotes de produção, perseguindo simultaneamente um ou mais objetivos, como por exemplo, minimizar: a porcentagem de ordens em atraso, o número médio de ordens esperando, o custo de estoques em processamento, ou ainda, maximizar a utilização das máquinas.

Muitos desses objetivos são incompatíveis, causando conflito na decisão. Por exemplo, uma certa ordem pode ter prioridade no atendimento, tendo em vista uma probabilidade

dade alta de seu prazo de entrega não poder ser respeitado, enquanto outra ordem com prazo ainda distante, pode ter prioridade também, pelo custo oneroso do estoque em processo que ela acarreta.

Atualmente, em conflito de objetivos, o objetivo minimização do custo de estoque em processamento é sempre relegado em prol de outro, sendo a técnica de seqüenciação, desta forma, um fator de geração de estoques em processo.

A tarefa de seqüenciar a produção, mantendo baixos os níveis de estoque em processo, é particularmente ardua na fábrica de Primárias, por estar ela integrada a uma fábrica de Montagem. Como a empresa utiliza na montagem de seus produtos finais algumas centenas de componentes produzidos internamente nas Primárias, é de vital importância a disponibilidade de todos estes componentes no momento da montagem. A falta de apenas um deles é suficiente para paralizar o processo de montagem. Para prever-se contra esta eventualidade a empresa faz uso de estocagem intensiva de todos os seus componentes, não apenas prontos para montagem, mas também nos diversos estágios de processamento. A discussão sobre a necessidade desta estocagem intensiva é feita no capítulo IV, onde analisamos a função dos estoques intermediários.

A regra de seqüenciação atualmente utilizada é a de folga estática, isto é, atende-se primeiro o item que

possui a menor data de entrega (obtida pela relação entre saldo em estoque e consumo diário). A folga dinâmica (data de entrega menos tempo de processamento restante) não é usada como uma regra explícita de seqüenciação, apesar de os programadores considerarem, às vezes, o tempo de processamento em suas análises.

Existem diversas outras regras alternativas para seqüenciar filas de itens à frente de máquinas, porém, nenhuma delas é otimizante visto a programação de produção intermitente ser muito complexa. As abordagens mais promissoras têm considerado o problema como um sistema de filas em que a disciplina é dada por regras de prioridade. Estabelecidas as regras e outras hipóteses adicionais, é feita uma simulação utilizando modelos de distribuição para chegadas e tempos de processamento, ou dados reais.

A regra de seqüenciar pelo menor tempo de processamento na literatura provou-se muito eficiente no tocante à minimização do tempo médio de fluxo, e, portanto, do estoque em processo, objeto de nosso estudo. Entretanto, esta regra não é ideal frente a critérios que penalizam atrasos, como é o caso da empresa onde a fabricação de componentes está integrada à montagem de produtos finais, e qualquer atraso acarreta consequências proibitivas.

Em sua nova e recente edição, Buffa * expõe uma nova sistemática de programação de produção intermitente as

* Buffa e Miller: "Production Inventory Systems: Planning and Control".

sociada à utilização do Planejamento de Necessidade de Materiais, exposta no capítulo referente à Solução Planejamento. Segundo o autor, em uma empresa integrada que possui fabricação de componentes associada a montagem, o Planejamento de Necessidades deve ser a fonte de informações dinâmicas para programar a fabricação dos componentes. Estas informações são ditas dinâmicas pois qualquer alteração da programação de montagem dos produtos finais poderá ser facilmente transmitida aos prazos de entrega dos componentes.

As regras de seqüenciação testadas em pesquisas constantes na literatura sobre o assunto, expressam apenas regras estáticas e não dinâmicas. Por exemplo, a chamada regra de folga dinâmica é apenas dinâmica no fato de a folga mudar à medida que a ordem progride em seus diversos estágios de processamento. Entretanto, como a data de entrega permanece constante desde o início do processamento, esta regra de folga dinâmica usa apenas informação estática, isto é, informação que não se altera com o andamento do processo produtivo.

Em contraposição, uma verdadeira regra dinâmica deve refletir o fato de que as datas de entrega de componentes, muitas vezes se alteram dentro do contexto de um sistema de Planejamento de Necessidade de Materiais. Estas datas de entrega se alteram, pois o plano de produção de produtos finais é suscetível a modificações (adaptações às necessida-

des do mercado: cor, voltagem, modelo). Qualquer alteração nos produtos finais reflete na demanda de componentes, exigindo que a fabricação dos componentes seja apressada, ou permitindo que seja postergada.

A possibilidade de alteração das datas de entrega tem dois aspectos:

a) O caso da necessidade de antecipação na fabricação de certos componentes, a qual se viabiliza através do uso de regras de prioridade que utilizam informações dinâmicas do sistema de Planejamento de Necessidades.

b) A possibilidade de se obter a informação de adiamento na data de entrega de um componente, em tempo hábil, que é de grande valia para impedir um início de processamento prematuro, que irá gerar estoques em processo desnecessários.

Apesar de possuir um Sistema de Planejamento de Necessidade de Materiais, a empresa não utiliza este potencial de forma a dinamizar a tarefa de programar a sua produção de componentes. O potencial de flexibilidade no prazo de entrega, que poderia ser alcançado através de regras de prioridade alimentadas por informação dinâmica, é substituído pelo emprego de grandes estoques intermediários de segurança.

Nosso objetivo ao citar as regras de sequênciação, foi mostrar que elas também têm influência na forma -

ção de estoques em processo, principalmente quando defasam demais o início de operações sucessivas.

7-3.2 Defasagem entre o Início de Operações Sucessivas

Este é o grande motivo de formação de estoque em processo no tocante à forma de programar a produção. O estoque surge porque o material sofre esperas entre operações sucessivas, quando a máquina responsável pelo processamento da operação seguinte está ocupada. Desta forma, um lote de peças pode ser obrigado a se sujeitar a filas consecutivas de espera, gerando um estoque em processo integral do lote, que perdurará até a conclusão de sua última operação.

Como dissemos, a forma de seqüenciar a produção, atualmente empregada, dá prioridade aos itens de acordo com a relação saldo em estoque/consumo diário. Esta regra de seqüenciação não considera o efeito de geração de estoques intermediários, isto é, um item não urgente, uma vez iniciado, será sempre postergado nas diversas filas de espera que tiver que enfrentar, mesmo que seja um item volumoso que ocupe muito espaço na fábrica. Isto contribui para o acúmulo de material na fábrica de Primárias, ocupando muito espaço por períodos prolongados.

Em contraposição a inúmeras esperas entre operações de um lote, a situação ideal extrema seria aquela onde fosse possível após terminar uma peça do lote, enviá-la di-

retamente para a operação seguinte. Esta medida eliminaria totalmente o estoque intermediário entre as operações. Teríamos, neste caso, como que uma produção em linha, embora as máquinas não estivessem agrupadas e ordenadas como em uma linha usual. Esta linha seria formada apenas durante o período de processamento deste lote, sendo desfeita a seguir para atender a produção de itens que não exigissem tratamento especial.

Apesar de parecer utópico, dada a dificuldade de coordenar a programação das máquinas desta linha de maneira a torná-las simultaneamente disponíveis, o esforço exigido é compensador se dirigido apenas a itens de maior importância. Cabe portanto determinar quais os itens onde o processamento simultâneo de suas diversas operações, trará as maiores economias de custo e espaço ocupado por estoque em processo entre operações sucessivas.

Para que a produção desta linha temporária não seja interrompida por falta de material entre máquinas consecutivas, é necessário defasjar o instante de início de operações sucessivas. Isto se justifica porque, normalmente, as máquinas possuem diferentes velocidades de processamento além de sofrerem interrupções por falhas mecânicas. Se o início das operações não for defasado, de maneira a formar algum estoque intermediário, as máquinas de alta velocidade da linha ficarão proibitivamente ociosas.

Nota-se assim, que não estamos sugerindo a solução extrema de enviar peça a peça de uma máquina a outra, mas propondo uma solução intermediária que elimine as esperas excessivas e os estoques em processo por períodos prolongados.

Cálculo da Defasagem:

O procedimento a seguir deve ser empregado tomando-se as operações sucessivas duas a duas, e, determinando-se assim, as várias defasagens.

Os valores obtidos refletem o limite inferior que a minimização da defasagem pode atingir. Estes seriam os valores ótimos, obtíveis com um bom entrosamento de operações sucessivas.

Temos 3 casos possíveis:

a) Peças cujas ferramentas costumam apresentar problemas:

A defasagem será avaliada pelo programador, podendo-se caso necessário, iniciar a operação seguinte somente quando terminar a anterior.

b) Peças em que: 1^a operação mais rápida
2^a operação mais lenta

As duas operações terão início simultâneo, portanto, a defasagem será nula.

c) Peças em que: 1^a operação mais lenta
2^a operação mais rápida

O tempo de defasagem será calculado por:

$$t = \left(1 - \frac{P_1}{P_2} \right) \cdot TP_1$$

onde

t - tempo de defasagem

TP_1 - tempo de processamento para completar o lote na operação 1

P_1 - produção diária da operação 1

P_2 - produção diária da operação 2

A dedução desta equação é dada a seguir (elaborada pelo autor):

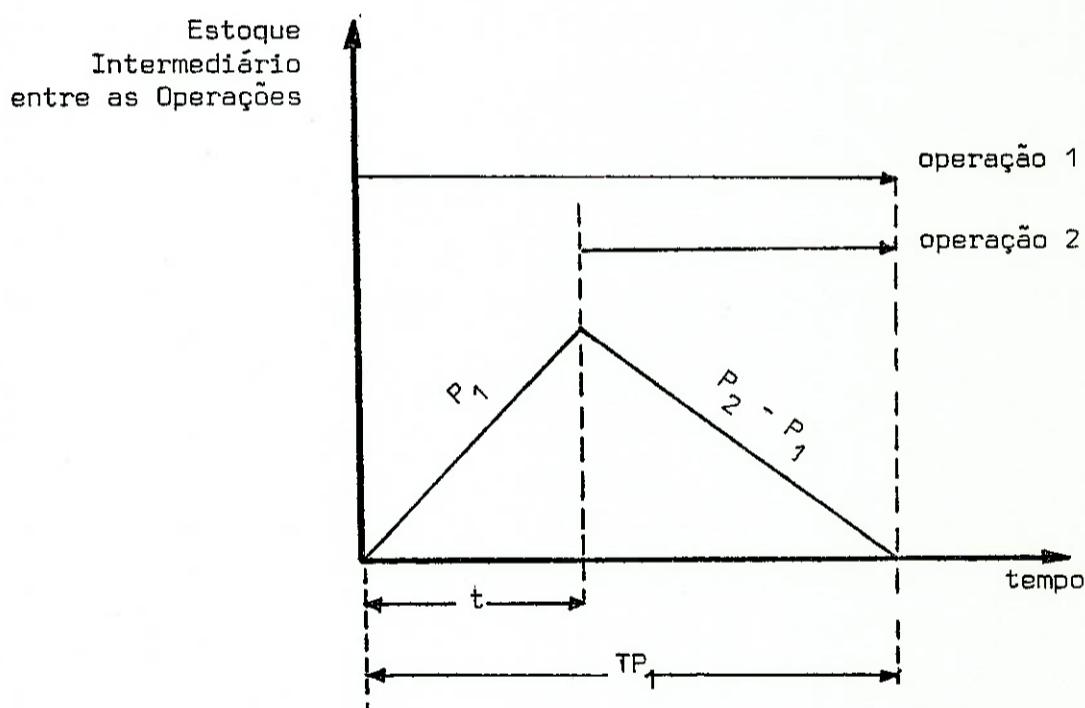


Fig. VII-3 : Cálculo da Defasagem.

$t \cdot P_1$ = formação de estoque em t quando só a 1^a operação é realizada

$(P_2 - P_1) \cdot (TP_1 - t)$ = esgotamento do estoque intermediário em $(TP_1 - t)$ a partir do início da 2^a operação

A igualdade entre formação e esgotamento do estoque intermediário impõe que:

$$t \cdot P_1 = (P_2 - P_1) \cdot (TP_1 - t)$$

Simplificando temos:

$$t = \left(1 - \frac{P_1}{P_2} \right) TP_1$$

7-4 Proposta de Nova Sistematica

7-4.1 Críticas à Sistemática Atual de Programação por Departamento

A Programação está estruturada por departamento, possuindo seis programadores, cada um dos quais responsável pelos seguintes departamentos fabris:

- Fundição, Plástico, Baquelite.
- Estamparia, Tornearia.
- Usinagem leve, Resistências, Grades, Polimento, Galvanoplastia, Preparo.
- Estatores, Rotores, Motores.
- Montagem de aparelhos (2 programadores).

Esta dispersão de responsabilidades faz com que não exista um acompanhamento efetivo de um componente que sofre processamento sucessivamente em diversos departamentos.

Este tratamento independente das diferentes fases do processamento de um componente é possível, pois, atualmente o sistema de planejamento gera estoques intermediários entre cada nível da árvore de estrutura de um produto final. Quando o componente em processamento muda de departamento, seguindo a sua seqüência de operações, o sistema de planeja-

mento confere a ele uma nova codificação, e cria o respectivo estoque intermediário. Assim, a mera transferência de departamento, mudando o componente de nível na estrutura do produto gera estoque intermediário. Isto ocorre mesmo que o componente sofra apenas uma pequena modificação adicional como um furo ou um polimento, sem se ter unido a outro componente para constituir um novo conjunto.

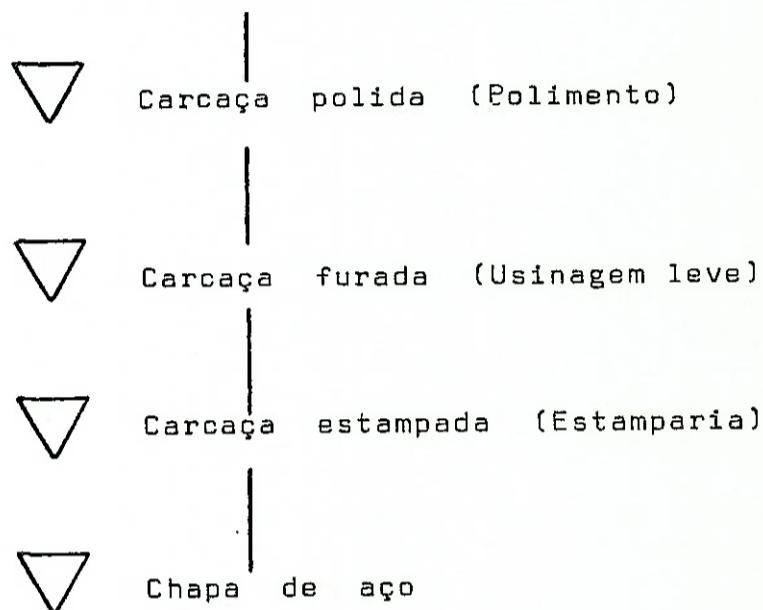


Fig. VII-4*: Estoques intermediários devido a mudança de departamento.

Desta forma, os programadores podem trabalhar independentemente, porque aproveitam a flexibilidade proporcionada pela existência de estoques intermediários de componentes que sofrem processamento em vários departamentos. Cada programador aloca os lotes de produção às máquinas, tendo como horizonte as fronteiras de seu departamento, porque as

* Elaborado pelo autor.

requisições de material são feitas via almoxarifado. Assim, este componente que passa por vários departamentos, não sofre nenhum acompanhamento global de todas as suas etapas de transformação.

O sistema de planejamento - programação por departamento é outra das causas que colabora para a formação de elevados níveis de estoque em processo.

7-4.2 Proposta de Programação Conjunta por Componente

Uma solução alternativa à programação independente por departamento, é sua adaptação para uma programação conjunta, que coordene e sincronize as etapas de fabricação para os itens A. Estes componentes são justamente aqueles que mais constantemente permanecem na fábrica, e, portanto, merecem tratamento diferenciado.

Esta programação conjunta envolverá:

- a) a análise para cada item A, das operações necessárias para a sua fabricação, feita por todos os programadores reunidos.
- b) Disto resultará uma alocação dos itens A a máquinas de diversos departamentos, proporcionando uma minimização da defasagem entre o início de operações sucessivas (como analisado no item anterior). Serão eliminados assim, tempos de espera do material, seja na fábrica, seja no almoxarifado .
- c) A seguir, cada programador realizará a programação dos

componentes de menor importância que passam por seu departamento, subordinando-a à programação conjunta dos Itens A, pré-estabelecida.

d) O procedimento prossegue de forma iterativa, até se obter uma programação conjunta, que possa ser atendida por todos os departamentos sem ocasionar falta de nenhum componente.

e) Esta programação conjunta não é de caráter definitivo, pois no correr da produção ocorrem eventos imprevistos, que requerem reajustes da programação inicial.

Uma poderosa técnica de suporte à programação conjunta é a utilização de um gráfico de Gantt para acompanhamento dos Itens A. Este gráfico será utilizado na forma de um quadro na sala dos programadores, acessível a todos, de maneira que todos possam acompanhar o andamento dos Itens A, reatualizando as suas programações individuais, quando da ocorrência dos imprevistos da produção.

7-4.3 Gráfico de Gantt: Técnica de Suporte à Programação Conjunta por Componente

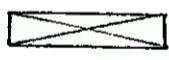
Símbologia do Gráfico de Gantt

[pequeno traço vertical à esquerda do traço horizontal fino] indica o instante em que o trabalho deverá ser iniciado;

[pequeno traço vertical à direita do traço horizontal fino] indica o instante em que o trabalho deverá estar terminado;

— (traço horizontal fino) indica que o fator de produção estará ocupado no período de tempo correspondente à sua extensão. A identificação do trabalho pode ser feita por números ou códigos escritos acima do traço.

— (traço horizontal grosso) indica trabalho já realizado. Para manter correspondência com o traço grosso é marcado abaixo do respectivo traço fino e em termos de porcentagens de trabalho realizado.



(traços cruzados) indicam que o período de tempo coberto por esse símbolo não pode ser utilizado por nenhum trabalho. O motivo pode ser anotado de forma abreviada acima do símbolo, como,

por exemplo: MP - manutenção preventiva, F - férias do operador da máquina etc...

✓ indica a data em que se procedeu à última marcação dos trabalhos realizados (atualização dos traços grossos).

Atualmente com a departamentalização da Programação, os programadores utilizam apenas o gráfico de Gantt para alocação dos componentes às suas máquinas (gráfico VII-5). Como cada programador possui apenas um gráfico de Gantt com as máquinas de seu departamento, não é possível o acompanhamento do processamento de um componente que passa por diferentes departamentos.

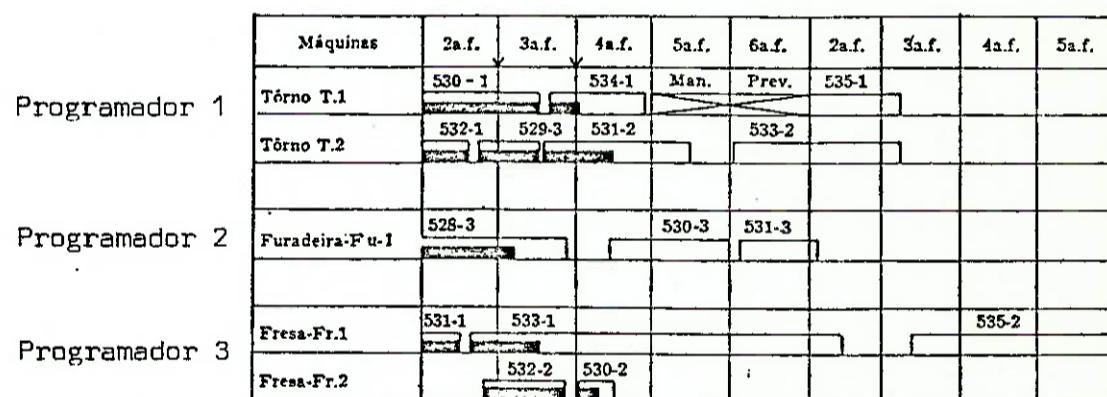


Fig. VII-5 : Gráfico de Gantt para acompanhamento de "máquinas".

Adaptado de ref. 23.

A nossa proposta é a criação de um gráfico de Gantt para o acompanhamento dos componentes A (gráfico VII-6) por todos os programadores, onde poderão ser visualizadas todas as operações e máquinas por que passa cada componente A.

Componentes

	2a.f.	3a.f.	4a.f.	5a.f.	6a.f.	2a.f.	3a.f.	4a.f.	5a.f.
528	Fu.1								
529		T.2							
530		T.1	Fr.2	Fu.1					
531	Fr.1		T.2		Fu.1				
532	T.2	Fr.2							
533		Fr.1			T.2				
534			T.1						
535						T.1		Fr.2	

Fig. VII-6 : Gráfico de Gantt para acompanhamento de "componentes".

Adaptado de ref. 23.

Note-se que os dois gráficos apresentados como exemplo, apresentam a mesma informação de duas maneiras diferentes.

O gráfico VII-6 de acompanhamento dos componentes atualmente não é empregado. Acreditamos que a sua criação permitirá coordenar as várias etapas de fabricação de um componente, de forma a minimizar os estoques em processo. Este novo quadro permitirá uma fácil visualização dos tempos de espera entre operações sucessivas, fato que atualmente não ocorre.

7-4.4 Programação Conjunta: Componentes de Produção Contínua e Componentes de Produção Intermittente

O layout das Primárias é funcional, próprio para produção intermitente. Entretanto, existem componentes que, devido ao alto consumo, ocupam quase que a totalidade da carga das máquinas por onde passam, podendo em qualquer momento ser visualizados em seus diversos estágios de processamento. Trata-se, portanto, de componentes de produção contínua que merecem um tipo de programação (balanceamento) próprio. Ao invés disso, estes componentes recebem o mesmo tratamento que outros, isto é, etapas do processamento independentes entre si. Isto se viabiliza com a existência de estoques intermediários.

Com a nova sistemática de programação conjunta por componente A, ficarão nitidamente evidenciada a distinção entre aqueles de produção contínua e aqueles de produção intermitente. Esta distinção permitirá a utilização das técnicas adequadas, a saber:

a) Componente de produção contínua.

Este tipo de componente deverá ter a sua produção balanceada em função do consumo e das limitações da máquina gargalo. Tal fato possibilitará a redução de estoques em processo gerados desnecessariamente pelas máquinas anteriores ao gargalo.

Como explicado no Item 4-4 relativo às Funções de estoque em processo, vimos que para o componente de produção contínua o estoque atende a função de Segurança contra paradas da linha de máquinas, por ocasião da quebra de uma delas. Lá, foi apresentado o Modelo Estocástico de Buchan e Koenigsberg, onde apresentamos uma maneira de dimensionar o estoque intermediário para atender esta função de Segurança. Com este modelo será possível um dimensionamento correto de estoques intermediários, para itens de produção contínua, eliminando a estocagem intensiva que ocorre atualmente quando o componente muda de departamento, e, o super-dimensionamento da segurança.

b) Componentes de produção intermitente.

Para este tipo de componente a técnica de programação usada é a seqüenciação dos componentes, através das máquinas que realizam o processamento. Esta seqüenciação é necessária porque uma mesma máquina processa diferentes componentes.

Note-se que este enfoque de seqüenciação dá ênfase à observação de uma máquina e todos os componentes que devem nela ser processados (gráfico de Gantt figura VII-5), em detrimento da fixação de um componente e observação das máquinas por onde ele deverá passar (gráfico de Gantt figura VII-6).

Acreditamos que componentes do tipo A de uma clas

sificação ABC merecem um enfoque do segundo tipo citado, isto é, o componente e suas máquinas. Desta forma, será possível minimizar a defasagem entre o início de operações sucessivas (item 7-3.2), eliminando estoques em processo, ociosos por períodos prolongados.

7-5 Estrutura Matricial

Para completarmos a Solução Programação resta comentarmos o seu relacionamento com a Solução Planejamento, pois, em última análise, é o Planejamento que fornece as informações e diretrizes à Programação.

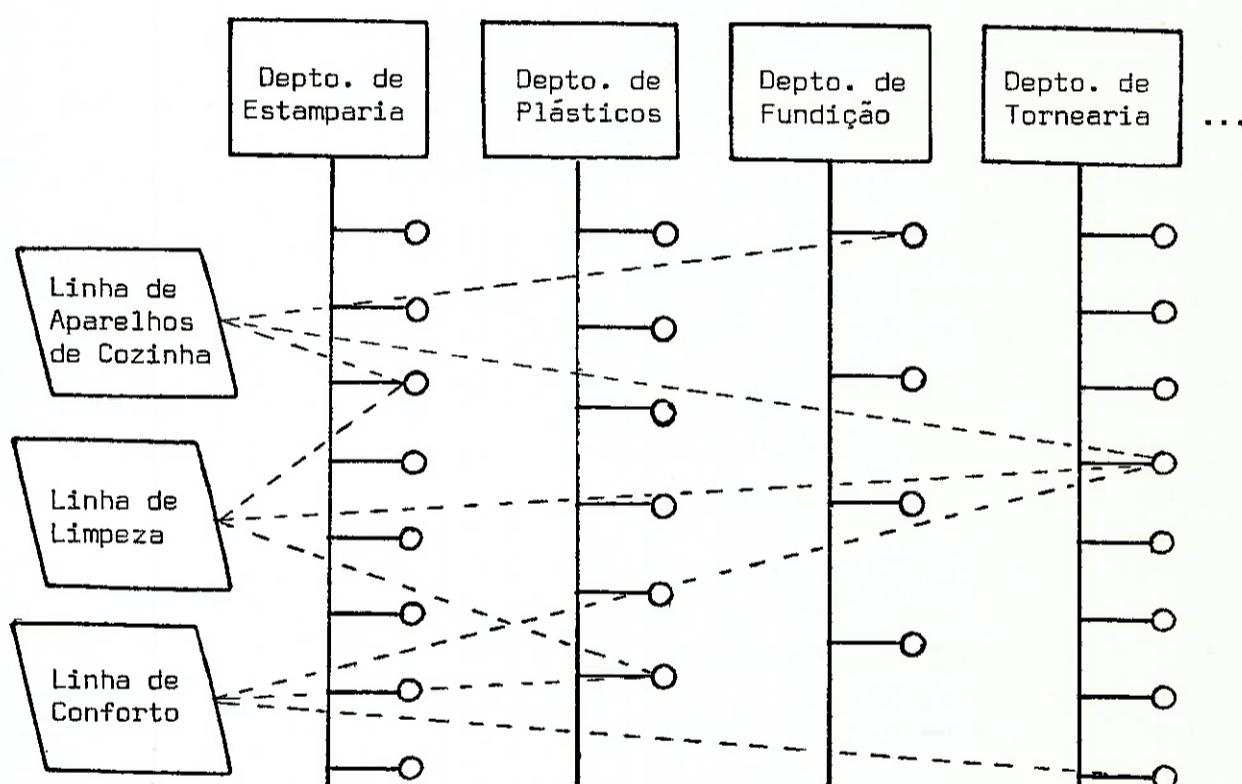
Salientamos ao longo deste capítulo a estruturação dos programadores por departamento fabril, fruto da própria estrutura de produção altamente departamentalizada. A independência tanto entre os departamentos como na forma de programá-los é viabilizada pela criação de estoques intermediários.

Se, de um lado, a independência da programação de cada departamento apresenta a vantagem do melhor aproveitamento dos recursos produtivos dentro do departamento, por outro lado acarreta a falta de integração que dificulta o fluxo rápido e contínuo dos materiais.

A programação conjunta por componente (item 7-4) foi uma primeira proposta para possibilitar uma maior integração entre operações executadas em diferentes departamentos. Entretanto, para que esta proposta tenha resultados satisfatórios é preciso dinamizar o relacionamento Programação - Planejamento, o que é possível através da utilização de uma Estrutura Matricial, como é exposto a seguir.

A estrutura matricial é uma forma organizacional que procura integrar a empresa nos níveis hierárquicos inferiores de forma que os problemas possam ser resolvidos com maior rapidez e eficiência. Esta estrutura combina duas formas organizacionais: a funcional e a por projetos ou por produtos. Existem outros tipos de estrutura matricial; entretanto, esses são os mais comuns.

No nosso caso, estamos interessados em combinar a atual estrutura funcional (departamentalizada) de produção a uma nova estrutura por produto. O gráfico a seguir mostra a estrutura matricial proposta.



○ Máquina.

— Subordinação ao programador da área funcional.

- - - Subordinação ao planejador da linha do produto.

Fig. VII-7 : Estrutura Matricial.

Elaborado pelo autor.

Como a estrutura funcional (quadros horizontais superiores do gráfico) já é conhecida por existir atualmente, detalharemos a estrutura por produto (quadros verticais do gráfico).

A forma organizacional cujo critério é o produto, tem como objetivo agilizar e integrar as etapas da fabricação de cada um dos produtos finais, incluindo a aquisição de matéria-prima, o acompanhamento do processamento de todos os seus componentes e respectiva montagem.

A estrutura por produto implica atribuição da responsabilidade da atividade acima citada a 3 funcionários do Planejamento, sendo cada um responsável por uma linha de produtos:

- a) aparelhos de cozinha: liqidificador, batedeira, espremedor de frutas, centrífuga, tostador;
- b) limpeza: enceradeira, aspirador de pó;
- c) conforto: ventilador, secador de cabelo e ferro automático.

Esta classificação é vantajosa porque já é tradicionalmente consagrada na empresa, mas poderia ser alterada para distribuir mais equitativamente a carga de trabalho.

A estrutura por produto será conjugada à estrutura funcional, já representada atualmente pelos programado-

res responsáveis pelos respectivos departamentos.

Os elementos de cruzamento das duas estruturas, isto é, aqueles que estarão subordinados ao duplo comando, são as máquinas e equipamentos.

Esclarecendo melhor, o programador será o responsável pela melhor utilização do recurso produtivo - máquina, enquanto que o planejador se preocupará com a dinamização do fluxo dos componentes do seu produto pelas diversas máquinas.

O conceito de estrutura por produto aqui empregado difere da noção mercadológica. Nas empresas onde a estrutura mercadológica por produto está estabelecida, trata-se da adequação organizacional às exigências mercadológicas de satisfação do consumidor. Nossa conceito de estrutura por produto é voltado ao aspecto produtivo.

Uma compreensão mais completa da estrutura matricial pode ser obtida através da analogia com uma empresa de projetos de engenharia, onde este tipo de estrutura organizacional está tendo cada vez mais aceitação.

Uma empresa de projetos de engenharia, por exemplo, pode ser estruturada de duas formas básicas: funcionalmente e por projetos.

A primeira delas agrupa os recursos humanos conforme a área técnica a que pertencem. Assim, teremos depar-

tamentos de eletricidade, estruturas, hidráulica, materiais, etc... Este tipo de estrutura apresenta como principal vantagem a formação de equipes altamente especializadas. A proximidade evita a duplicação de atividades, levando a uma eficiente utilização dos recursos humanos e materiais. Quando os projetos são realizados somente em cada uma das áreas técnicas, não havendo necessidade de integração entre elas, a forma funcional é a mais adequada. Entretanto, quando os projetos são multidisciplinares, exigindo a cooperação de engenheiros hidráulicos, eletricistas e especialistas em materiais, esta estrutura tem se mostrado altamente deficiente para a empresa. Isso acontece porque não há um mecanismo eficaz de integração entre os vários especialistas.

No nosso caso, a estrutura funcional abrange os departamentos fabris. Se o componente passar por apenas um departamento, há a vantagem da utilização mais eficiente dos recursos produtivos. Entretanto, se o componente exigir um processamento multi-departamental, a falta de integração gerará sub-otimização global do sistema produtivo, com o acúmulo de estoques em processo.

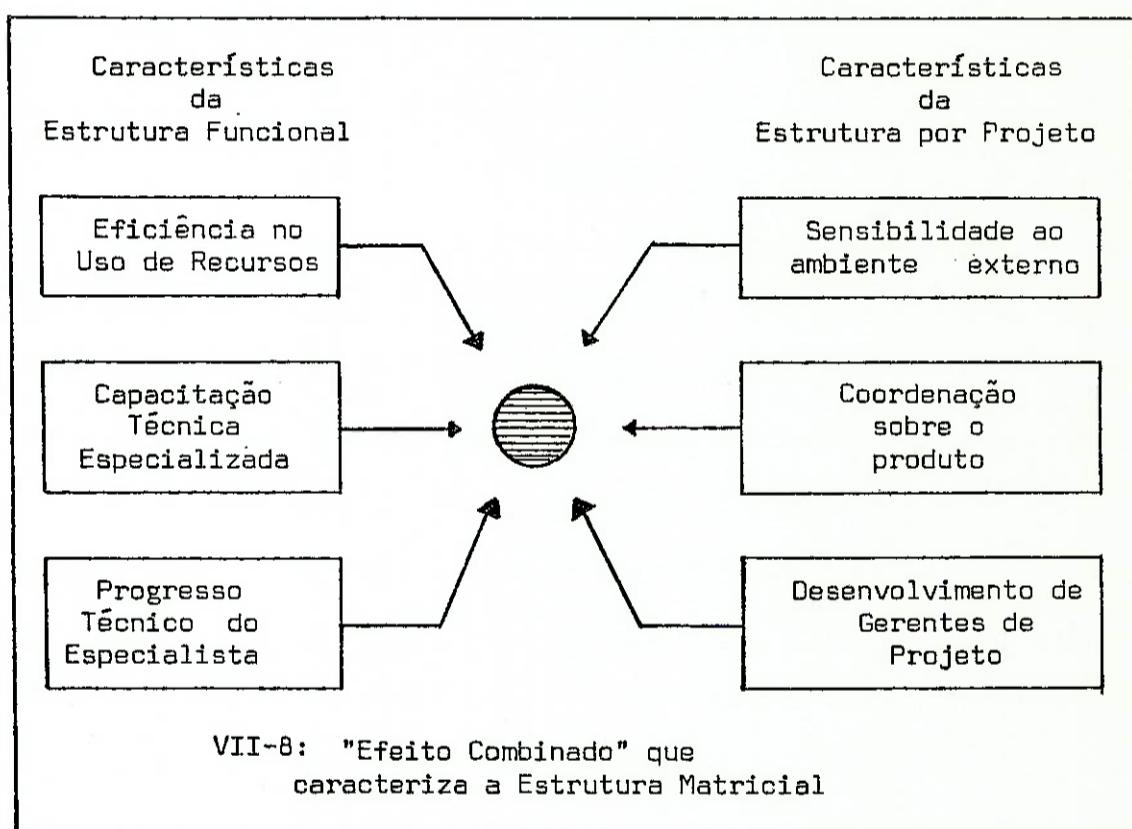
Voltando ao exemplo da empresa de projetos de engenharia, uma alternativa para a forma funcional é a estruturação por projetos onde os recursos humanos são agrupados conforme os projetos nos quais estão trabalhando. Assim, um

projeto terá engenheiros de diversas especialidades formando uma equipe sob a direção do gerente deste projeto. Esta equipe permanecerá até o fim do projeto, quando, então, seus membros serão realocados a outros projetos. Este tipo de estrutura apresenta a vantagem de ter um responsável pelo projeto como um todo, que tem autoridade sobre os membros da equipe multidisciplinar. Os prazos e orçamento são cumpridos com mais exatidão, o cliente é melhor atendido, mudanças no projeto são feitas de forma rápida e integrada. A estrutura é altamente flexível, moldando-se às atividades desenvolvidas. Além disso, os engenheiros de diversas especialidades trabalhando juntos tendem a desenvolver melhores conhecimentos sobre as inter-relações existentes entre suas especialidades. Este conhecimento torna-se um ponto forte para a empresa que pretende desenvolver grandes projetos multidisciplinares.

O grande problema da estrutura por projetos é dificultar a especialização técnica. Além disso, com frequência um engenheiro está trabalhando sobre um problema no projeto A já resolvido por outro engenheiro alocado ao projeto B. A duplicação de recursos humanos e de equipamentos é um grave problema da estrutura por projetos. Outro problema da estrutura por projetos é a capacidade ociosa de um engenheiro durante períodos em que sua especialidade não é requisiti-

tada.

Assim, a estrutura funcional permite maior especialização e uso mais eficiente dos recursos, mas a integração entre as várias áreas técnicas é difícil. Por sua vez, a estrutura por projetos permite alto nível de integração mas carece das vantagens da estrutura funcional quanto à especialização técnica e aproveitamento dos recursos humanos e materiais. A solução para este dilema reside em uma forma organizacional que combina os dois tipos de estrutura: a estrutura matricial.



Adaptado de ref. 20.

Este tipo de estrutura permite que um engenheiro trabalhe em dois ou mais projetos, permanecendo vinculado ao seu departamento de origem. Da mesma forma, em nossa proposta, uma máquina pode processar componentes pertencentes a linhas de produtos diferentes, permanecendo vinculada ao seu departamento fabril.

A analogia entre a ilustração da empresa de projetos de engenharia e a nossa situação fabril permite distinguirmos os recursos produtivos de ambos os casos. Na empresa de engenharia o recurso produtivo é o elemento humano, isto é, o sucesso do empreendimento depende da capacidade de trabalho de seus engenheiros. Estes engenheiros estão sujeitos a uma dupla subordinação: ao gerente do seu departamento funcional e ao gerente do projeto.

Em comparação, a nossa proposta de estrutura matricial aplicada à produção, tem como recurso produtivo fundamental, a máquina. As máquinas também terão uma dupla subordinação, isto é, o funcionamento das mesmas será o resultado de uma negociação entre programador e planejador. De um lado, o programador é o elemento que conhece as máquinas de seu departamento, e sabe obter delas melhor aproveitamento. Por outro lado, o planejador, conhece muito bem todo o processo produtivo dos componentes que compõem a sua linha de produtos. Além disso, tendo em mãos a poderosa ferramen-

ta que é o sistema de Planejamento de Necessidades, pode estabelecer prioridades e regras de seqüenciação que refletem uma necessidade real e sempre atualizada.

Esta interação entre Planejamento e Programação possibilitará uma troca de informações freqüente e dinâmica, fato que atualmente não ocorre. Com esta medida conseguiremos eliminar o tempo morto atual de uma semana em cada departamento, agilizar o fluxo dos materiais e diminuir o estoque em processo.

CAPÍTULO VIII

SOLUÇÃO FLUXO

8-1 Introdução

8-1.1 A Variável Tempo

O enfoque básico desta solução é a variável tempo. O estoque em processo pode ser caracterizado por duas variáveis: quantidade e tempo. Para solucionar o problema de estoque em processo devemos minimizar estas duas variáveis. A variável quantidade, em um dado instante, será responsável por problemas como excesso de área ocupada e capital empata do. Entretanto, a variável quantidade somente terá um significado quando associada à variável tempo, para sabermos durante quanto tempo houve excesso de área e de capital empattado.

A ênfase da Solução Fluxo apresentada neste capítulo é a redução do tempo de fluxo, isto é, desde a entrada do componente, na fábrica, sob a forma de matéria-prima, a-

té a sua agregação ao produto final.

A análise é mais interessante de ser feita para os itens A de uma classificação ABC, para dar a eles prioridade de fluxo mais rápido dentro da fábrica. Esta medida não seria tão eficiente se empregada para todos os itens, pois seria inviável aumentar a velocidade de fluxo de todos os itens simultaneamente, logo de início.

O tempo do fluxo de materiais é muito importante porque a sua diminuição proporciona redução do estoque em processo. Esta afirmação aparentemente simples é de vital importância para o entendimento desta solução. Para sua clara compreensão vejamos uma analogia com o transporte entre fábrica e filial.

Suponhamos uma empresa localizada em São Paulo, que fabrica automóveis e envia os seus produtos a uma filial de vendas em Manaus. Suponhamos ainda que esta filial vende 20 veículos por dia, que o tempo de transporte é de 30 dias devido às dificuldades do trajeto e que diariamente partem de São Paulo 20 automóveis.

Teremos então sempre 600 automóveis em trânsito entre a fábrica e a filial, representando um alto investimento neste estoque em trânsito. Imaginemos agora, que o tempo da viagem possa ser reduzido de 30 para 10 dias, devido à abertura de modernas vias de acesso. Em consequência desta melhoria passaremos a ter 200 automóveis no esto-

que em trânsito, ao invés de 600, representando uma economia substancial em capital empurado.

Transportando este exemplo para o fluxo interno de materiais na fábrica, verifica-se a validade da afirmação, que o tempo de fluxo é uma variável importante para a resolução do nosso problema. Se um componente, ao entrar na fábrica na forma de matéria-prima, demorar um mês até ser agregado ao produto final, significará que na sua frente há um mês de estoque para atender ao consumo. Reduzindo-se o tempo deste fluxo, o estoque em processo diminuirá automaticamente.

8-1.2 Medição do Tempo de Fluxo

Numa fábrica, nossa percepção normalmente recai sobre as máquinas, os homens e os processos produtivos, devido à sua movimentação dinâmica. Raramente concentrarmos a nossa atenção sobre os materiais estáticos, que não estão efetivamente sofrendo alguma transformação, como os estoques, dada a lentidão com que se locomovem, agravada ainda pela sua dispersão, que dificulta o seu acompanhamento.

As unidades de cada ítem são homogêneas entre si, impossibilitando a distinção de cada lote e o reconhecimento do tempo real de permanência no fluxo (os lotes na empresa não são numerados). A tentativa de identificação de de-

terminada unidade por meio de alguma marcação, levará fatalmente a distorções nas medidas de tempo, uma vez que os operários tenderão a dar a ela tratamento diferenciado, por exemplo, processando-a em primeiro lugar.

Uma outra alternativa seria a marcação imperceptível da unidade, através de radioatividade no início e o emprego de um contador Geiger na saída da linha de montagem, para levantamento do tempo de fluxo total, ou em pontos intermediários para o tempo de fluxo parcial. O tempo será obtido pela relação entre o número de emissões captadas pelo contador, no começo e no fim do fluxo através do conhecimento da curva de decaimento do material radioativo utilizado. A atividade do material, isto é, o número de desintegrações por unidade de tempo, diminui exponencialmente com o tempo, apresentando a seguinte equação representativa do número de emissões captadas pelo contador Geiger:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

onde:

N_0 - emissões captadas no início do fluxo;

N - emissões captadas em um ponto do fluxo;

λ - constante de desintegração do material radioativo;

t - tempo de fluxo decorrido entre as medições N_0 e N .

Resolvendo a equação acima em função de t obte-

mos o tempo de fluxo:

$$t = - \frac{1}{\lambda} \ln \frac{N}{N_0}$$

A constante de desintegração λ é própria do material radioativo empregado, podendo ser determinada utilizando-se o conceito de "meia vida". A meia vida é definida como sendo o tempo para a atividade do material decair à metade. Este tempo é sempre o mesmo, independentemente do instante inicial.

Sendo T = meia vida, substituindo na equação inicial, teremos:

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T}$$

Resolvendo obtemos:

$$\lambda = - \frac{\ln 0,5}{T} = \frac{0,693}{T}$$

O valor de T , meia vida, pode ser obtido experimentalmente, medindo-se o tempo necessário para a atividade do material decair à metade.

Embora de interesse teórico, esta alternativa para determinação do tempo de fluxo é inviável por requerer um investimento oneroso e sofisticado.

8-1.3 A Solução Fluxo e sua Dependência Frente às Demais Soluções

O tempo total de fluxo como veremos a seguir, é composto de diversas parcelas. A Solução Fluxo apresentada na seqüência do capítulo, ataca apenas algumas destas parcelas, sendo as demais minimizadas pelas Soluções Manuseio, Programação e Planejamento.

A composição do tempo total de fluxo com a respeitiva Solução é a seguinte:

- a) tempo de percurso devido às distâncias entre máquinas (Item 8-4 deste capítulo);
- b) espera para contagem sempre que o material muda de departamento (Item 8-5 deste capítulo);
- c) espera devido à ineficiência do transporte empregado: paleteira e empilhadeira (Solução Manuseio);
- d) espera em áreas de estacionamento, por excesso de alimentação ou no aguardo da transferência para outro local (Solução Manuseio);
- e) espera em filas à frente de máquinas (Solução Programação);
- f) armazenagem em estoque intermediário no almoxarifado (Solução Planejamento);
- g) tempo de processamento (é fixo pela velocidade das máquinas existentes);

- h) espera no posto de trabalho antes e após a operação (é função do tamanho da caixa de acondicionamento) - ver figura VIII-1;
- i) espera para Inspeção ou Controle de Qualidade (não existe, porque esta atividade é desenvolvida simultaneamente à produção) - ver figura VIII-1 ;

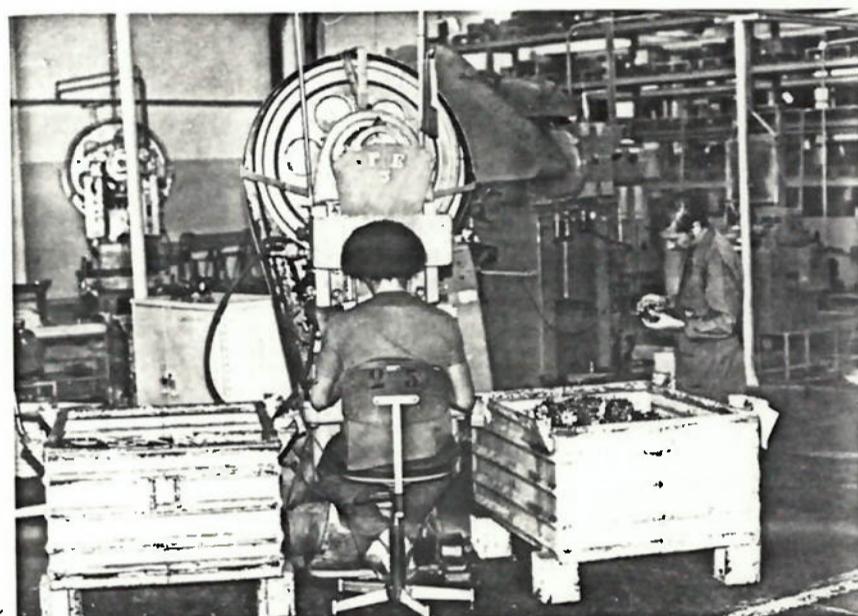


Fig. VIII-1 : Espera no posto de trabalho.

- j) espera devido a máquina quebrada (é função da prioridade de que a Programação estabelece para o conserto);
- l) espera do material aguardando conserto (ocorre apenas ocasionalmente).

A Solução Fluxo, como podemos verificar acima, está intimamente relacionada com as outras soluções propostas neste trabalho, porque a redução do tempo de fluxo depende

da atuação conjunta de todas as Soluções.

A Programação tem autoridade sobre o tempo de fluxo de um item na produção, na medida em que estabelece prioridades no uso das máquinas, nos ajustes e conserto dos equipamentos e ferramentas utilizados para a produção do item.

O Planejamento, por sua vez, determina as quantidades de estoque no Almoxarifado, sendo responsável pelo tempo parado neste local.

A Solução Manuseio ataca tanto a movimentação como também a alimentação de materiais para a fábrica, fazendo com que eles cheguem ao seu destino no momento exato e retirando-os rapidamente dos locais onde não são mais requeridos.

Na seqüência deste capítulo discutiremos inicialmente em que medida a segurança é afetada quando o tempo de fluxo sofre redução. A seguir, como exemplo, analisaremos o fluxo de um item para verificar as causas principais que provocam um aumento do seu tempo de fluxo. Este exemplo serve de argumento para as duas propostas deste capítulo:

- a) quebrar a rigidez do layout funcional, possibilitando alguns agrupamentos de máquinas em um arranjo linear;
- b) eliminar a contagem de unidades produzidas por ocasião de transferência entre departamentos fabris.

No final do capítulo, voltamos a apresentar o exemplo ilustrativo, aplicando-lhe estas duas propostas.

8-2 O DilemaTempo de Fluxo X Segurança

A grande dúvida que pode surgir com a redução do tempo de fluxo são os efeitos sobre a segurança contra parada de linha, por falta de material.

Lembrando o exemplo da fábrica de automóveis em São Paulo e a filial de vendas em Manaus, deve-se notar que um maior tempo de viagem em nada aumenta a segurança contra faltas por eventuais paradas de fornecimento, se não existirem estoques intermediários que supram esta segurança.

Se a fábrica em São Paulo parar repentinamente a produção, sem permitir que a filial armazene estoques, esta filial sofrerá falta de produtos pelo mesmo período em que a fábrica estiver parada, com uma defasagem de 30 dias. Assim, se a fábrica parar repentinamente o suprimento por 5 dias, a filial em Manaus não terá veículos para vender durante 5 dias, mesmo decorridos 30 dias após o fato. Tal ocorrência sucederá mesmo que a fábrica volte a funcionar no 6º dia. O embarque imediato de 120 carros (correspondente a 6 dias de vendas), não resolverá de vez o problema, pois os mesmos só chegarão após 30 dias de viagem. O tempo de viagem não poderá ser reduzido de 30 para 25 dias, tornando impossível impedir a falta de estoque em Manaus. É ilusório, portanto, pensar-se que este estoque em trânsito fornece se

gurança contra a falta de suprimento.

Entretanto, se a fábrica em São Paulo, excepcionalmente enviar os 5 dias de vendas de automóveis por avião, não haverá faltas em Manaus e o longo tempo de viagem terá servido como um estoque de segurança durante a parada da fábrica.

Concluímos portanto que o tempo de fluxo é uma segurança apenas se ele puder ser reduzido quando as circunstâncias exigirem, caso contrário apenas defasa o tempo entre causa e efeito.

Transportando o nosso raciocínio de um fluxo entre fábrica-filial para um fluxo entre máquinas num processo produtivo, teremos a mesma situação.

Em uma fábrica o tempo real de fluxo de uma unidade por todo o seu processo produtivo pode ser muitas vezes superior ao tempo em que a unidade efetivamente sofre alguma transformação, devido às esperas intermediárias. Este alto tempo de fluxo implica a existência de níveis elevados de estoque em processo. No caso de quebra de uma máquina, o estoque em processo existente após esta operação, poderá funcionar como estoque de segurança se o material processado na máquina já consertada, tiver um fluxo mais rápido, de forma a alcançar o material à sua frente, eliminando a desagem gerada pela parada de produção durante o tempo de conserto. Se este fluxo não puder ser apressado, o estoque em

processo não servirá como segurança e a parada de linha sómente será evitada se existirem pulmões de estoque intermediário que cubram o tempo de conserto.

Enquanto que o tempo de fluxo fábrica-filial não é de fácil alteração, o tempo de fluxo interno de uma fábrica é flexível quando depender apenas de prioridade de sequenciação em filas de espera à frente de máquinas. No entanto, o tempo de fluxo pode esbarrar em vícios no manuseio e movimentação que a empresa está acostumada a cometer. Assim, como o tempo de espera em filas é apenas um dos componentes do tempo total de fluxo, (sendo controlável) os outros componentes impedem este tempo de se aproximar de seu limite mínimo, que é o tempo de processamento.

A segurança associada ao tempo de fluxo é a variação que este pode sofrer. Quanto maior a possibilidade potencial de redução do tempo de fluxo para atender a circunstâncias adversas, maior a segurança. Podemos quantificar este tipo de segurança ponto a ponto no fluxo, pois à medida que o material se aproxima do seu final, menores são as possibilidades de redução do tempo restante. A segurança em determinado ponto é o quanto se pode diminuir o tempo de fluxo até o seu final.

O dilema que surge em nossa análise se refere ao agravamento da segurança, decorrente da redução do tempo de fluxo para contrair o nível de estoque em processo. Com is-

to, a segurança embutida no tempo de fluxo desaparecerá, uma vez que não será possível reduzir ainda mais o tempo em caso de necessidade.

A solução deste impasse reside na inclusão de estoques de segurança intermediários corretamente dimensionados. É preferível ter consciência da existência desses estoques do que tê-los embutidos no tempo de fluxo. O correto é trabalhar com um tempo de fluxo mínimo e, (sem uma segurança apenas aparente) localizar e dimensionar pontos intermediários de estoque de segurança efetiva. O modelo estocástico de Buchan e Koenigsberg apresentado no item 4-4 mostra uma forma de dimensionar o estoque intermediário.

Atualmente está havendo uma duplicidade desnecessária na segurança, existindo um estoque de segurança estabelecido pelo Planejamento para cada nível da árvore de estrutura de um produto e outro estoque de segurança embutido no tempo de fluxo. Mesmo que o Planejamento não altere os seus critérios de estoque de segurança, o estoque total se reduzirá com a contração do tempo de fluxo, eliminando a duplicidade na segurança.

8-3 Fluxograma e Mapofluxograma: Um Exemplo

8-3.1 Escolha dos Itens A

Utilizamos uma classificação ABC que apresenta to dos os Itens fabricados internamente à empresa, ordenados de acordo com o produto: consumo anual em unidades x custo industrial unitário.

A distinção entre Itens A e os outros, permite uma adequação entre o nível de controle exigido para os Itens mais importantes (que merecem tratamento preferencial) e o custo destes procedimentos mais meticulosos.

Dentre os Itens A devemos selecionar aqueles que apresentam um fluxo demorado e circulam por diversos departamentos. Estes são os Itens que obterão os maiores benefícios com a aplicação da Solução Fluxo.

Podemos destacar a seguinte lista de Itens e respectivo produto final:

<u>Código</u>	<u>Item</u>	<u>Aparelho</u>
4206 136 30211	conjunto acoplamento	líquidificador
4206 136 32453	base do ferro	ferro
4206 142 40022	tambor	enceradeira
4206 146 31791	conjunto suporte para motor	enceradeira
4206 136 34091	conjunto batedor	batedeira
4206 142 40053	carcaça para motor	enceradeira
4206 140 00241	carcaça cromada	enceradeira
4206 130 00372	capa cromada	ferro
4206 146 30581	conjunto chassis	encer. aspiradora

8-3.2 O Exemplo: Conjunto Acoplamento

Escolhemos este item por ser dos mais importantes da classificação ABC, além de ser um componente do liquefificador, o qual é o produto que participa com a maior porcentagem das unidades produzidas pela empresa (1,5 milhão de liquefificadores por ano).

O conjunto acoplamento (item 5 da figura VIII-2) resulta da montagem dos seguintes sub-componentes:

- conjunto facas (5A)
- arruela plana (5B, C, D e F)
- conjunto disco revestido (5E)
- eixo para cruzeta (5G)
- bucha de borracha (5H)
- pino elástico (5I)
- cruzeta cromatizada (5J)

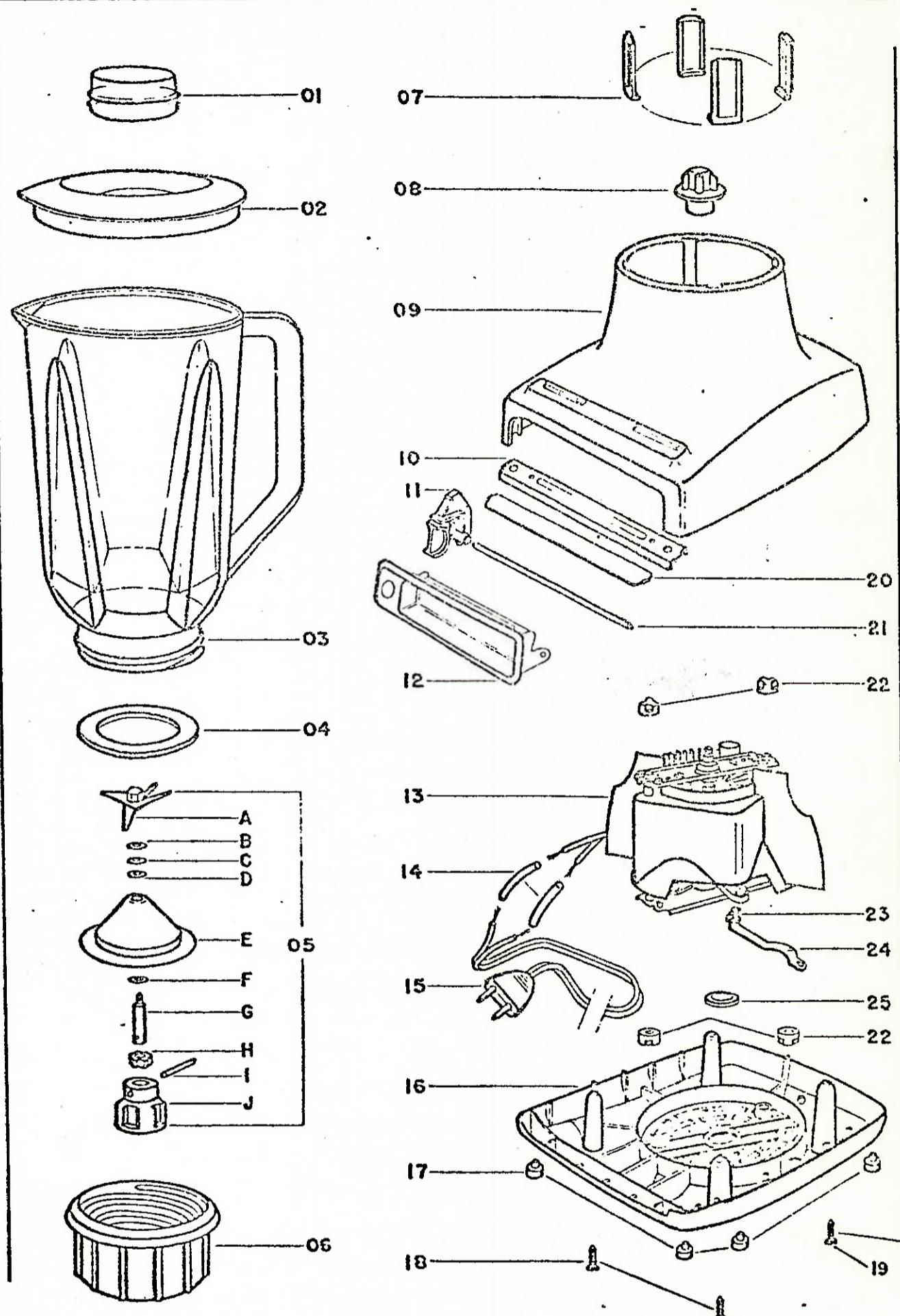


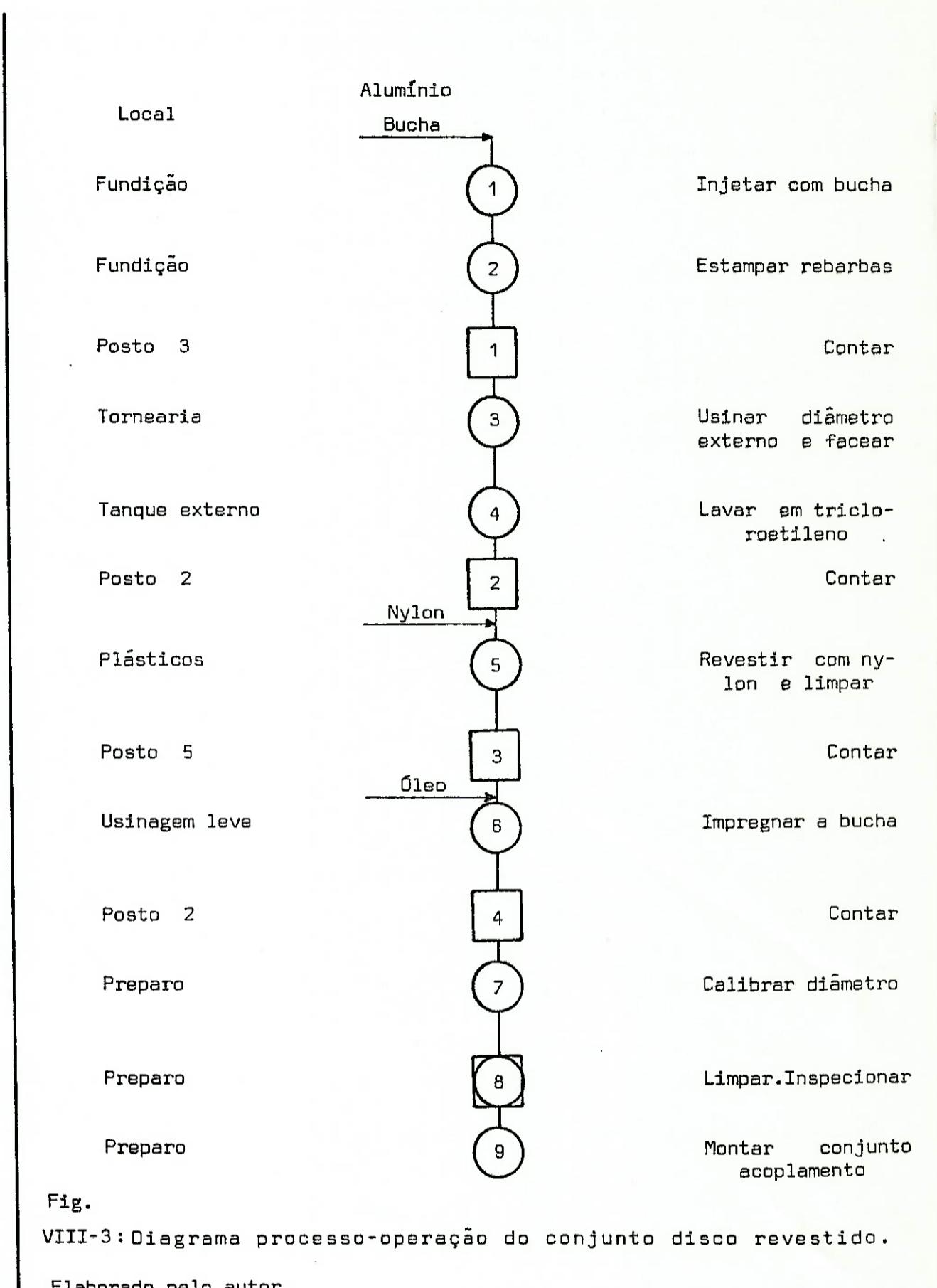
Fig. VIII-2 : Conjunto Acoplamento (5) : componente do liquidificador.

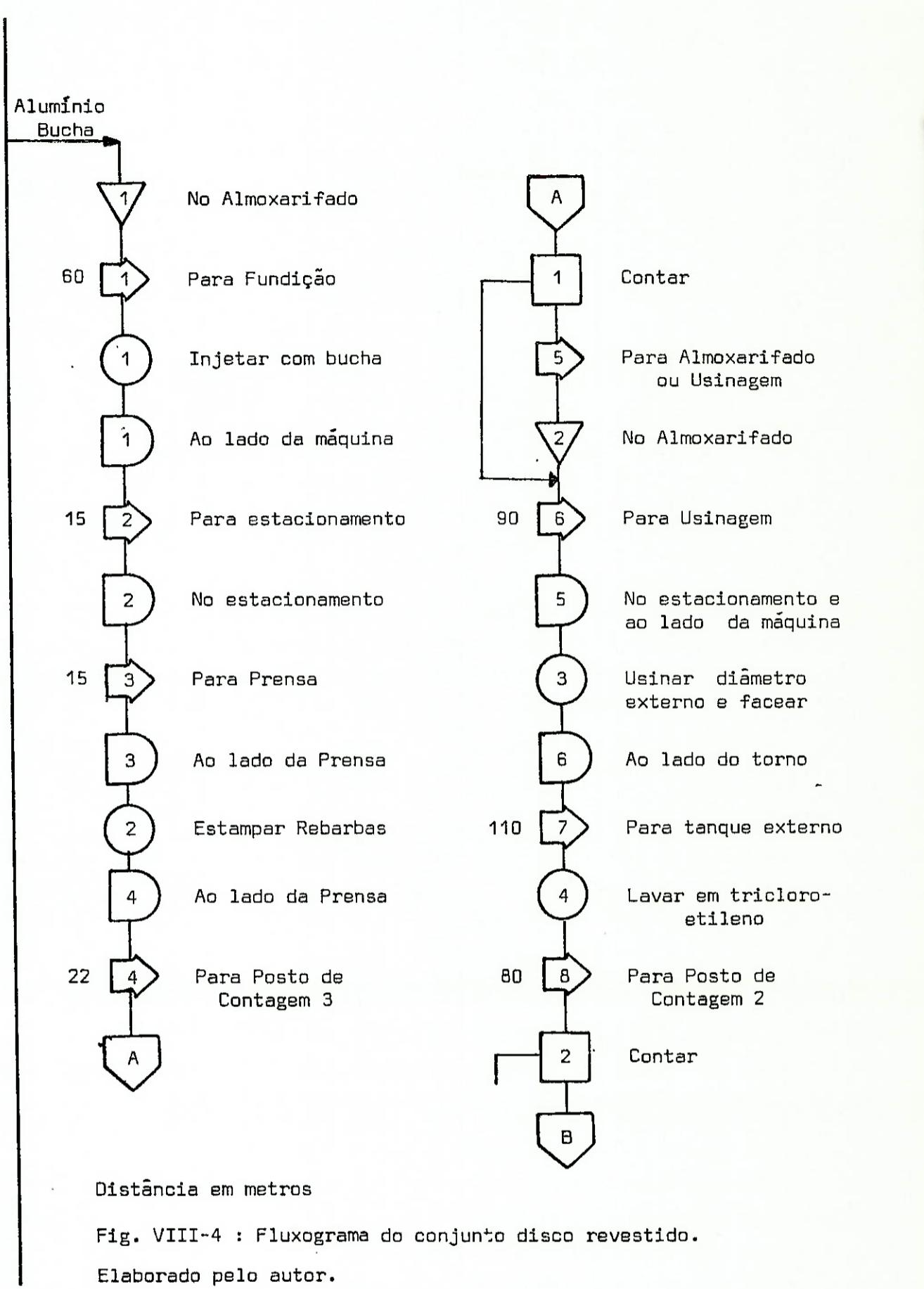
Seguem-se:

- a) diagrama processo - operação
- b) fluxograma
- c) mapofluxograma

do conjunto disco revestido, na situação atual.

Escolhemos este componente por ser o que contribui com a maior parcela no custo do conjunto acoplamento, a lém de possuir um fluxo produtivo merecedor de uma análise crítica.





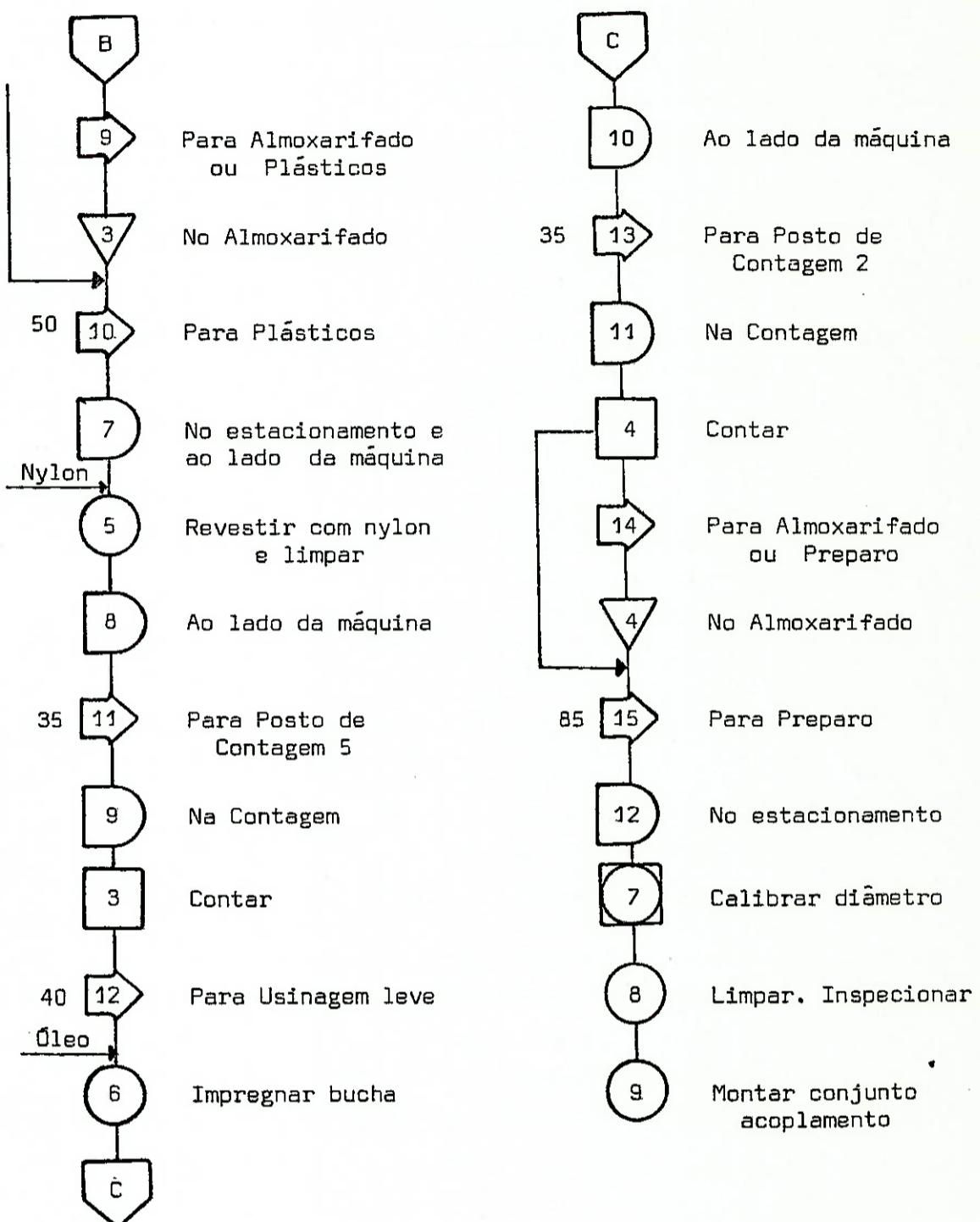


Fig. VIII-4 : Fluxograma do conjunto disco revestido.
(continuação)

Elaborado pelo autor.

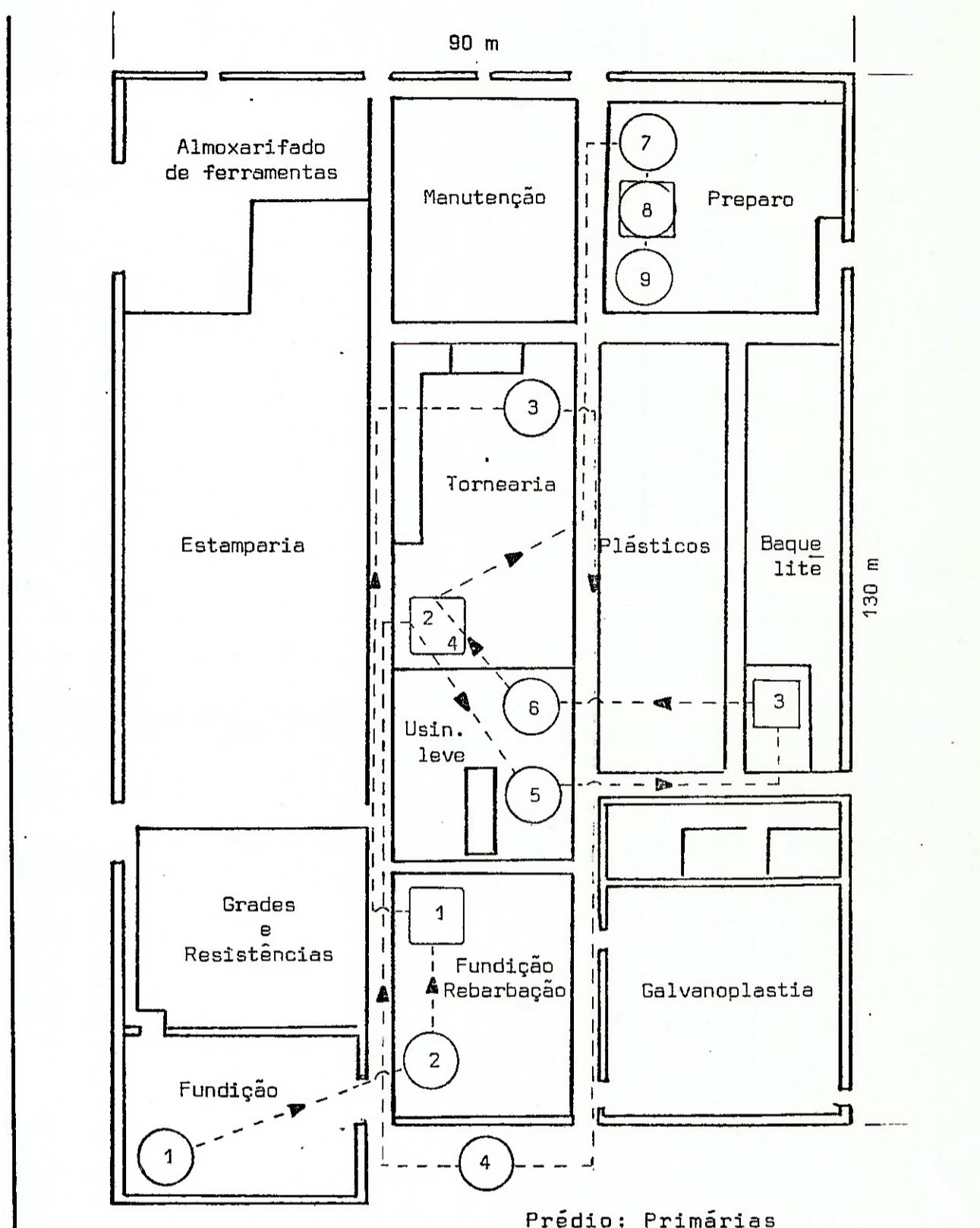


Fig. VIII-5 : Mapofluxograma simplificado do conjunto disco revestido.
Elaborado pelo autor.

A análise destes diagramas revela que existem duas causas que muito contribuem para aumentar o tempo de fluxo:

- 1^a) Distâncias entre máquinas de operações subsequentes.
- 2^a) Contagem de quantidades quando o material é transferido entre departamentos.

Na seqüência deste capítulo analisaremos estas duas barreiras à minimização do tempo de fluxo, após o que apresentaremos uma proposta de modificação para o fluxo do componente tomado como exemplo.

8-4 Distâncias entre Máquinas

A fábrica de produção própria (áreas primárias), apresenta um layout funcional próprio para produção intermitente repetitiva. Entretanto, no fluxo desta produção intermitente, existem itens que, devido à elevada quantidade de horas de produção, praticamente ocupam integralmente a carga das máquinas por onde passam. Esta situação é corroborada pela existência de máquinas, não universais, específicas para o item em questão. Apesar destes itens apresentarem características próprias de produção contínua, requerendo por tanto um layout linear, eles são obrigados, como qualquer outro item, a percorrer grandes distâncias entre operações sucessivas.

A solução natural decorrente é o agrupamento destas máquinas de forma a linearizar o processo.

Vantagens da linearização:

- simplificação do controle da produção;
- percursos de transporte mais curtos;
- fluxo mais rápido e em consequência estoques intermediários menores;
- maior entrosamento das operações.

Desvantagens:

- menor flexibilidade para modificações no processo;
- necessidade de realocação das máquinas, caso o item deixe

- de ser produzido;
- ociosidade de algumas máquinas da linha proveniente de sub-ocupação.

A alegação de alguns funcionários da empresa contra a linearização baseia-se nos critérios de rateio existentes, os quais utilizam taxas-hora diferenciais, dependendo do departamento em que a máquina se encontra. Uma mudança das máquinas para concentrá-las em algum departamento, segundo eles, poderia "encarecer" o produto.

Acreditamos que esta afirmação é discutível, pois a forma de rateio é um meio e não um fim em si mesma. Na verdade, para fins desta análise, devemos considerar apenas os custos diretos da máquina e do operador que são os mesmos, independentemente do departamento onde a máquina se encontra. Se, eventualmente, a taxa-hora do departamento for maior e o custo do produto aumentar, significa que algum outro produto teve o seu custo reduzido de forma que o custo total se mantém inalterado. Por outro lado, se por política da empresa, é interessante apresentar custos menores em certos produtos, o meio mais lógico é a mudança do critério de rateio e nunca o prejuízo da eficiência operacional.

Outra alegação contra a linearização reside na não ocupação integral da carga da máquina, quando o componente reparte uma pequena porcentagem desta com um outro item.

Entretanto, o agrupamento de máquinas em um arranjo linear, não implica exclusividade de sua utilização por um único item, pois, caso não haja outras máquinas disponíveis, as máquinas do agrupamento podem ceder uma parcela de seu tempo disponível, sem prejudicar o bom entrosamento da linha. É muito mais fácil locomover os itens com pequena ocupação de máquina para esta linha de máquinas, do que movimentar o item principal por toda a fábrica.

Segundo Apple *, "no single action decreases cost and increases production more than changing from the job shop to the line, or product method". Raramente encontramos uma produção intermitente pura. Na empresa em estudo existe uma combinação não explícita de produção contínua e intermitente que não tira proveito da redução de custo proposta por Apple. Deve-se identificar os itens passíveis de produção em linha, analisando-se convenientemente todo o fluxo de materiais que passa pela fábrica de Primárias. Se o agrupamento total das máquinas numa linha for tecnicamente inviável, ao menos subgrupos devem ser formados. A classificação ABC é útil para orientar a pesquisa destes itens, mostrando aqueles que apresentam maiores potencialidades de reduções de custo no caso de uma linearização.

Devemos seguir as seguintes etapas:

1º) pré-selecionar alguns itens classe A;

2º) para cada item analisar:

a- o processo produtivo,

* Apple, James M. em "Plant Layout and Material Handling".

- b- as máquinas responsáveis pelo processo produtivo desse ítem,
 - c- o tempo de produção exigido por cada máquina para atender o plano anual,
 - d- quais outros ítems são processados nas mesmas máquinas do ítem em questão e respectivos tempos de produção.
- 3º) calcular a porcentagem de ocupação da carga de cada uma das máquinas por onde o ítem analisado passa e compará-la com a porcentagem dos demais;
- 4º) verificar se o ítem analisado ocupa uma parcela suficientemente grande da carga de cada máquina para justificar o agrupamento.
- 5º) verificar se existem outras máquinas alternativas para onde os ítems que competem com o ítem de linha podem ser transferidos;
- 6º) verificar se o custo do remanejamento das máquinas comparado com as economias obtidas tem uma taxa de retorno que justifica o agrupamento em linha.

8-5 Contagem entre Departamentos

8-5.1 Sistemática Atual

Esta é outra das causas que prejudicam o fluxo contínuo dos materiais. Sempre que um material sai de um departamento, seja para continuar a seqüência de operações em outro departamento, seja para ser estocado no almoxarifado, ele é contado. O fluxo é atrasado ainda mais pelo deslocamento do material até os postos de contagem, onde ele aguarda até que o contador de produção fique disponível. Existem 5 postos de contagem distribuídos nas áreas Primárias, ocupando uma área de cerca de $180m^2$.

Os postos estão assim divididos:

Posto	Área(m^2)	Departamento	Nº de Funcionários/Turno
1	45	Estamparia	1 no 1º turno e 1 no 2º turno
2	25	Tornearia	1 no 1º turno e 1/2 no 2º "
		Usinagem Leve	
3	20	Fundição	1 no 1º turno e 1/2 no 2º "
		Resistência	
		Grades	
4	50	Galvanoplastia	1 turno normal
		Polimento	
5	40	Plástico	1 no 1º turno e 1 no 2º turno
		Baquelite	
-	-	-	1 turno normal p/ coordenação dos trabalhos e cobertura das áreas.
-	-	-	1 no 3º turno cobrindo todos os postos
TOTAL	$180m^2$		10 pessoas

Todos os funcionários independentemente do posto que atuem, executam as funções básicas do setor : contagem e padronização de peças (acondicionamento em caixas em quantidades padronizadas). Estas atividades abrangem os seguintes passos:

a) Receber o material trazido pelos carregadores da produção com o documento "Produção Entregue", que contém o código e nomenclatura do material preenchido pelo inspetor de qualidade.

b) Verificar o documento e procurar numa listagem o tipo de embalagem e a quantidade padrão para determinado código.

c) Acondicionar corretamente o material no tipo de caixa pré-estabelecido, respeitando a quantidade padronizada. Isso é necessário se o material for enviado ao almoxarifado, mas dispensável se destinado a outro departamento.

d) Efetuar a contagem de acordo com as características do material. Podemos ter 3 tipos diferentes de contagem:

- Tipo padrão: É usada com material de grande porte, acondicionado em camadas em caixas A ou box pallet. Consiste na contagem do número de unidades por camadas, multiplicado pelo número de camadas.

- Com balança: É usada com material de pequeno porte, com características geométricas adequadas. O material é colocado numa balança comparadora.

- Manual: É usada para os demais materiais que não são

contados com nenhum dos critérios anteriormente citados. É a contagem unidade por unidade.

e) Emitir documento (cartão IBM) de transferência, assinalando quantidade, destino e data. Outras informações como descrição do material, código, departamento de origem, já estão impressas.

Um estudo feito na empresa revela que os tipos de contagem empregados estão assim distribuídos:

14% - embalagem padronizada

32% - balança comparativa

54% - manual

8 - 5.2 Proposta

Após esta breve apresentação da Contagem, cabe agora questioná-la segundo a técnica de "Elimination Approach". Qual a causa básica que determina a necessidade desta contagem e impede a sua eliminação?

Basicamente três departamentos auxiliares utilizam as informações da Contagem: o Almoxarifado, a Administração e o Planejamento.

O Almoxarifado deve conhecer tudo o que armazena e portanto, as quantidades em cada caixa recebida.

Para a Administração, por sua vez, as quantidades

de material que saem e entram nos departamentos, constituem informação indispensável ao sistema de custeio e controle da produção.

Seria de se esperar que o sistema de Planejamento de Necessidades requeira a informação das quantidades transferidas entre níveis da árvore de estrutura do produto final, possibilitando assim um acompanhamento permanente dos registros de estoque. No entanto, o sistema de planejamento atualmente utilizado, ignora saldos de estoque na fábrica, levando em consideração apenas os saldos que estão no Almoxarifado. Conseqüentemente, no sistema atual, apenas os dados de quantidades enviadas ao Almoxarifado são relevantes e as quantidades transferidas entre departamentos não estão sendo utilizadas.

Nossa proposta pretende centralizar as contagens apenas na entrada do Almoxarifado e eliminar os 5 postos de contagem da fábrica. No Almoxarifado, a atividade seria desempenhada pelo mesmo pessoal que atualmente se dedica a esta função, agora remanejado de local.

A eliminação da contagem interdepartamental apresenta as seguintes vantagens:

- a) redução do tempo de fluxo e consequentemente do estoque em processo;

- b) economia de $180m^2$ de área nas Primárias;
- c) redução de pessoal, pois só é preciso contar o que se destina ao Almoxarifado.

Em termos de informações, o Almoxarifado não foi prejudicado, porque continua tendo acesso ao volume de materiais que entram e são nele armazenados.

O Planejamento, por sua vez, continua tendo a informação dos saldos no Almoxarifado, porque este dado não foi perdido.

Por outro lado, perdemos a informação da quantidade de material transferida entre departamentos nas Primárias, essencial à Administração para controle e custeio. Uma análise da real necessidade desta informação revela que a Administração contabiliza os custos para cada departamento fabril mensalmente, e portanto, apenas mensalmente necessita conhecer o total de quantidades de material transferido. A Administração prescinde da informação do número de

transferências diárias e das quantidades transferidas em cada caixa de material. Basta o total mensal.

Não será possível obter esta informação mensal por outro procedimento que não a contagem integral da produção?

Podemos considerar os departamentos produtivos das Primárias e o Almoxarifado, como integrantes de um único sistema por onde fluem os materiais.

As fronteiras de tal sistema estão delimitadas : de um lado, na entrega de matéria-prima bruta à fábrica pelo Almoxarifado, e de outro lado, após a última operação das Primárias quando são liberados para o Almoxarifado, os componentes acabados. Pelo que foi descrito, aparentemente o Almoxarifado estará excluído do Sistema. Entretanto, deve ser incluído, porque os estoques intermediários ficam eventualmente aí estocados, quando mudam de departamento.

Neste sistema, tudo o que entra deve obrigatoriamente sair, seja sob a forma de componente acabado no fim do sistema, seja sob a forma de refugo nos processos intermediários. Se soubermos para um dado intervalo de tempo:

- a) tudo o que entra e que sai do sistema,
- b) os refugos em cada departamento,
- c) a posição inicial e final de todos os estoques intermediários,

será possível calcular as quantidades transferidas entre os

departamentos sem a necessidade de contagem.

Vejamos a existência de disponibilidade destas informações:

a) quantidades que entram e que saem do sistema:

Atualmente, já existe controle para as quantidades de entrada através do registro das entregas feitas para a fábrica pelo Almoxarifado. Como transferimos a contagem para a porta do Almoxarifado, também será possível conhecer as quantidades que saem do sistema, na forma de componente acabado.

Logicamente é necessário levar-se em consideração os fatores de conversão que estabelecem o vínculo entre as quantidades que entram e saem, quando ocorrem operações de transformação física. Por exemplo, conversão de kg de alumínio para número de peças resultantes de um processo de fundição por injeção. Fatores de conversão são facilmente disponíveis numa empresa do porte desta em estudo.

b) refugos em cada departamento:

Estes valores deverão ser fornecidos e controlados por cada departamento, fato que atualmente já ocorre. Esta informação é de fácil obtenção, pois representa apenas uma pequena porcentagem do total produzido.

Estamos assim substituindo uma contagem integral de cada etapa da produção, por uma simples contagem de refugos.

c) posição inicial e final de todos os estoques intermediários:

Esta informação deverá ser obtida através de levantamento físico mensal na fábrica, pois no almoxarifado, as quantidades dos estoques intermediários serão conhecidas mediante consulta ao kardex.

O levantamento não representa uma proposta pouco realista, pois a carga de trabalho exigida é ainda bem menor do que a contagem integral de toda a produção, executada, atualmente, por 10 funcionários.

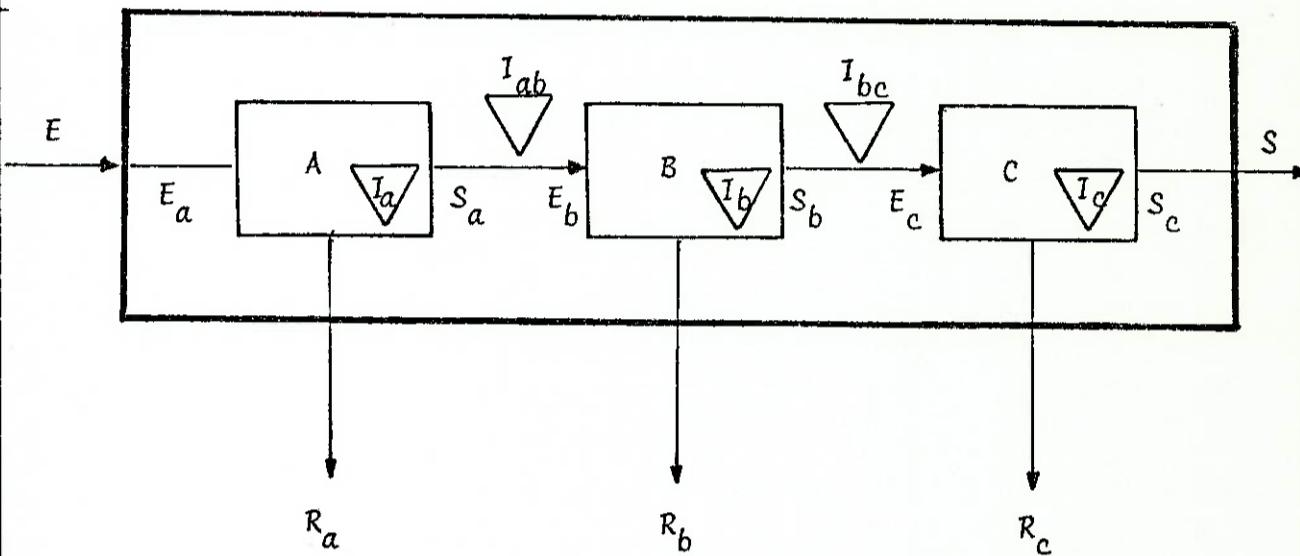
Além disso, a realização de inventários físicos periódicos já é um procedimento empregado na empresa, o que vem corroborar a nossa proposta. Acrescente-se a isso o objetivo do nosso trabalho de reduzir o nível de estoques em processo, o que diminui de forma direta o trabalho de levantamento físico.

Convém lembrar, que estamos querendo calcular as quantidades de material que são transferidas entre os departamentos fabris. Isto significa que o levantamento físico será desenvolvido apenas para os itens que passam por mais de um departamento. Portanto, os itens que passam apenas por um departamento (a grande maioria dos casos em departamentos como Estamparia, Plásticos, Baquelite) podem ser excluídos. A respectiva informação de quantidade produzida pode ser obtida junto à contagem feita na porta do almoxarifa

do.

Exemplificando a obtenção das quantidades transferidas mensalmente entre departamentos para um item que percorre os departamentos A, B e C teremos:

Sistema



onde:

E → quantidade do item que entra no sistema durante o mês;

S → quantidade do item que sai do sistema durante o mês;

R_a , R_b , R_c → refugos dos departamentos durante o mês;

I_{ab} , I_{bc} → estoques intermediários no almoxarifado;

I_a , I_b , I_c → estoques intermediários nos departamentos;

S_a , S_b , S_c → quantidades que saem dos departamentos du-

rante o mês;

$E_a, E_b, E_c \rightarrow$ quantidades que entram nos departamentos durante o mês.

Estes valores devem estar em uma mesma unidade, já tendo sido empregado o fator de conversão.

Os estoques refletem valores instantâneos, sendo necessário para este caso conhecer os estoques no começo (I_i) e no final (I_f) do mês, através de inventário físico do sistema em questão.

A equação global do sistema será:

$$S = E + \sum I_i - \sum I_f - \sum R - Estravios$$

onde:

$$\sum R = R_a + R_b + R_c$$

$$\sum I_i = I_{abi} + I_{bci} + I_{ai} + I_{bi} + I_{ci}$$

$$\sum I_f = I_{abf} + I_{bcf} + I_{acf} + I_{bdf} + I_{cdf}$$

Apenas as quantidades desta equação global do sistema devem ser fisicamente contadas, enquanto os valores transferidos internamente ao sistema serão obtidos por cálculos seguindo-se o fluxo do material.

Assim, acompanhando o fluxo pelo sistema teremos:

$$E_a = E$$

$$S_a = E_a - R_a + I_{ai} - I_{af}$$

$$E_b = S_a + I_{abi} - I_{abf}$$

$$S_b = E_b - R_b + I_{bi} - I_{bf}$$

$$E_c = S_b + I_{bci} - I_{bcf}$$

$$S_c = E_c - R_c + I_{ci} - I_{cf}$$

$$S_c = S$$

Se houver algum estravio ou material esquecido de contar, a equação global do sistema acusará a diferença. Pode-se tomar a atitude de procurar o erro de contagem de $\sum I_f$ se for grande, ou distribuí-lo entre os refugos dos departamentos.

As equações podem ser adaptadas para considerar o reaproveitamento total ou parcial dos refugos.

8-6 Fluxo Melhorado do Exemplo

A análise das máquinas que executam as operações do conjunto disco revestido revela que apenas duas delas repartem suas cargas de trabalho com outros componentes. Trata-se das máquinas responsáveis pela execução das operações 1 e 4:

operação 1: máquina para fundir sob pressão, câmara fria, 400 ton.

operação 4: tanque de tricloroetileno.

Coincidemente, estas duas máquinas são as unicas que não podem ser movimentadas.

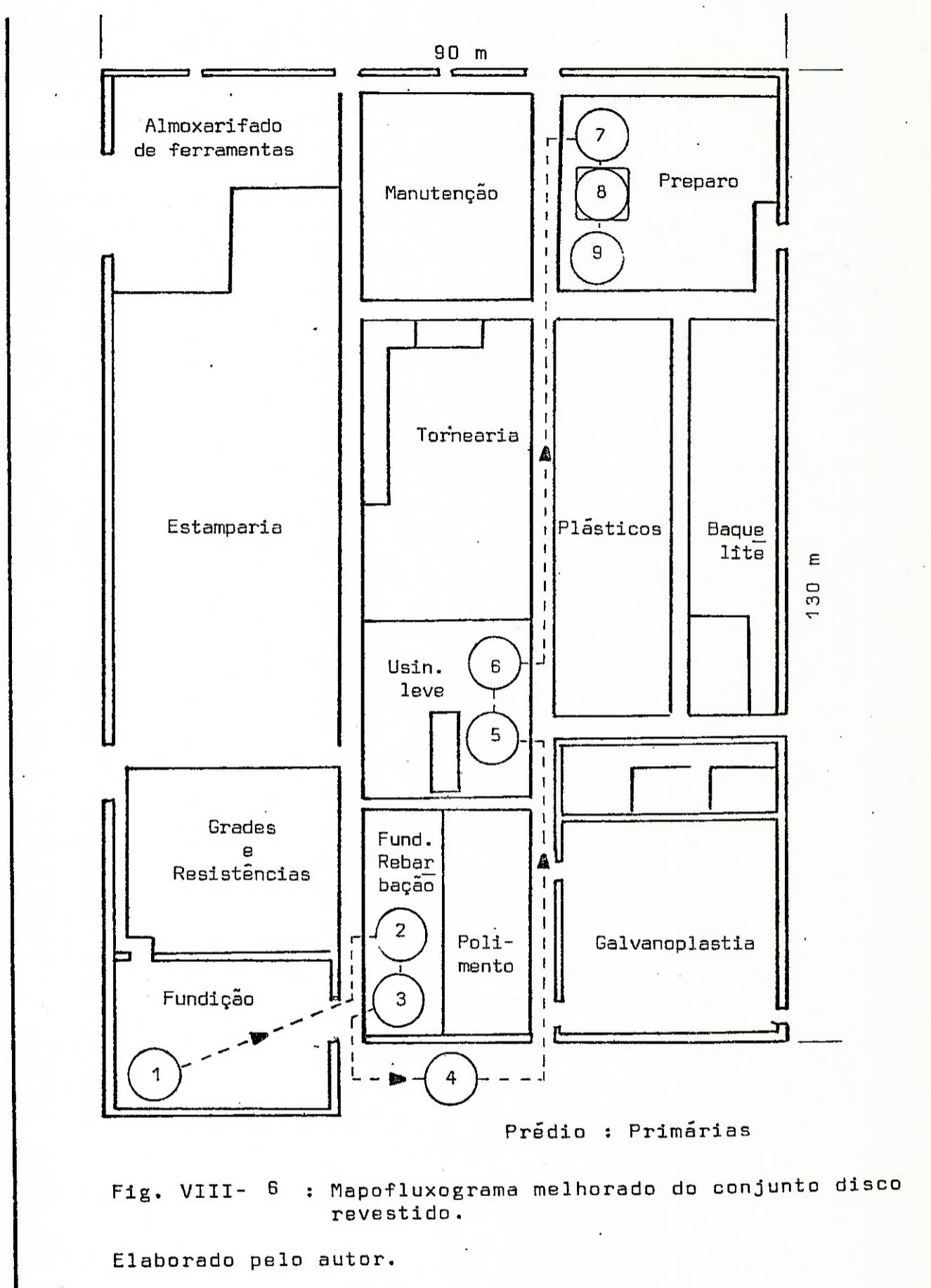
Considerando-se que as outras máquinas (operações 2, 3, 5 e 6), bem como as bancadas (operações 7, 8 e 9), se dedicam tão somente à fabricação do conjunto disco revestido e não apresentam restrições para mudança de local, sugerimos o agrupamento das mesmas, formando uma linha de produção.

A solução ideal de aproximação de todas as máquinas e bancadas exigiria uma alteração radical do layout atual. Entretanto verificamos "in loco" a disponibilidade de espaço na Fundição, para a máquina da operação 3 (torno revolver), atualmente na Tornearia, sem necessidade de maiores alterações de layout. Esta solução intermediária, para

fins ilustrativos, é apresentada na figura VIII-6, revelando nítida melhoria em relação à situação anterior da figura VIII-5. Note-se também que foram eliminadas as contagens intermediárias entre departamentos.

Segue-se a comparação entre a situação atual e a proposta, com uma estimativa de economia.

	Situação Atual	Situação Proposta	Diferença
nº de operações	9	9	-
nº de contagens	4	0	4
nº de transportes (carro de mão)	15	6	9
distância total (m)	637	235	402



Estimativa de economia de mão-de-obra em transporte:

a- produção anual	1.500.000	unidades
b- quantidade por caixa	4.000	unidades
c- nº de caixas transportadas por ano (a + b)	375	caixas
d- velocidade de deslocamento do carregador	3.000	m/h
e- diferença em distância (402×2) (ida e volta do carregador)	804	m
f- economia anual em horas de deslocamento (e + d x c)	100	h
g- tempo de manuseio por transporte	30	s
h- nº de transportes economizados por ano (9 x 375)	3.375	
i- economia anual em horas de manuseio	30	h
j- economia anual em horas - total	130	h

Estimativa de economia de mão-de-obra em contagem

a- produção anual	1.500.000	unidades
b- redução no nº de contagens por unidade	4	
c- tempo de contagem por unidade	1	s
d- economia anual em horas (a x b x c)	1.670	h

Economia Total

transporte	130	
contagem	<u>1.670</u>	
	1.800	h/ano
Salário + encargos	<u>x 100,00 Cr\$/h</u>	
economia	180.000,00	Cr\$/ano

Custo de mudança de máquina: Cr\$100.000,00 (estimado).

Considerando-se a taxa de retorno mínima exigida pela empresa de 7,5% ao ano, o prazo de amortização desta mudança é de 7 meses *.

Saliente-se que as economias obtidas referem-se apenas a um componente. Maiores vantagens podem resultar de alterações semelhantes para outros componentes.

* Fleischer, Gerald A. em "Teoria da Aplicação do Capital".

CAPÍTULO IX

SOLUÇÃO MANUSEIO

9-1 Introdução

O problema do estoque em processo apresenta duas variáveis: tempo e quantidade. Para analisarmos o efeito de uma variável é necessário manter a outra constante.

Assim, para uma dada quantidade fixa de estoque, a variável tempo indica qual o período de duração do problema. A quantidade está muito ligada à noção de espaço ocupado uma vez que ambos necessariamente variam diretamente.

Por outro lado, sendo a variável quantidade, dinâmica, só pode ser estudada mediante uma análise instantânea no tempo. A variável quantidade indica a magnitude do problema.

A Solução Manuseio pretende enfocar ambas as variáveis através de duas propostas complementares:

- Alimentação Programada (Item 9-4).
- Novo Sistema de Movimentação: Comboio (Item 9-5).

A Alimentação Programada ataca diretamente a variável quantidade reduzindo o espaço ocupado, pois pressupõe a entrega mais freqüente de material em volumes menores, ao invés de poucos, em grandes quantidades. Indiretamente a variável tempo é reduzida porque a rotação de estoques é acelerada. A Alimentação Programada será particularmente útil no abastecimento das linhas no prédio da Montagem, mas terá méri~~to~~o também nas Primárias para o processamento de ítems de produção contínua.

O novo sistema de movimentação (comboio) dirige-se diretamente à variável tempo: de um lado na chegada e de outro na saída de materiais do posto de trabalho. Na chegada, preocupa-se com a entrega de materiais nos postos de trabalho no momento exato: nem antes, gerando estoques; nem depois, ocasionando falta e queda de produção. Na saída, o novo sistema proporcionará a retirada dos materiais rapidamente, tão logo termine o processamento, para evitar esperas desnecessárias. Uma diminuição do tempo de fluxo acarreta redução do nível de estoque em processo, como é mostrado no capítulo Solução Fluxo.

O enfoque da Solução Manuseio enfatiza a minimização espaço ocupado na fábrica através da agilização da movimentação dos materiais. Saliente-se que não haverá redução dos estoques da empresa como um todo, uma vez que se procura rem transferi-los e concentrá-los no Almoxarifado. Entretanto, este representa o local racionalmente adequado para a es-

tocagem por possuir instalações adequadas com bom aproveitamento volumétrico do espaço. Na fábrica, a mesma quantidade ocuparia uma área muito maior. O espaço está se tornando um fator limitante para a empresa, visto que ela já se está expandindo para novas instalações, localizadas no interior de São Paulo. Este fato, por si só, demonstra a importância que a Solução Manuseio pode assumir dentro do contexto empresarial.

Em resumo, a Solução Manuseio reduz o espaço ocupado na fábrica mediante transferência para o Almoxarifado, deixando para as outras soluções a eliminação propriamente dita.

Como toda a movimentação é feita através de cargas unitizadas, apresentamos no item 9-2 após esta introdução, os tipos usados pela empresa e a magnitude do fluxo de materiais, para o leitor se localizar quantitativamente.

A descrição mais detalhada dos métodos de transporte e alimentação atualmente estabelecidos é encontrada no item 9-3.

Finalmente, as duas propostas para solucionar os atuais problemas de transporte e alimentação: respectivamente Comboio e Alimentação Programada, encontram-se nos itens 9-5 e 9-4 deste capítulo.

9-2 A Movimentação Agregada de Materiais na Empresa

9-2.1 Unidade de Medida: Carga Unitizada

Trata-se da "consolidação de vários volumes pequenos em outros bem maiores e homogêneos, com a finalidade de propiciar a automação dos transportes" *. Desta forma, um conjunto de materiais é acondicionado de maneira que a massa possa ser elevada e movida como um objeto único, grande demais para movimentação manual. Considerando-se que a fusão dos diversos itens vai estruturá-los em tamanhos padrões, o transporte é sistematizado de forma tal que o custo total fica mais baixo do que a soma dos gastos com a carga fracionada.

De fato, a empresa emprega cargas unitizadas. A consequência direta para nosso estudo é de que consideraremos como unidade de análise cada carga unitizada, independentemente do conteúdo, uma vez que para efeitos de movimentação todas elas exigem esforço logístico.

Seguem-se os tipos de carga unitizadas empregadas, e os respectivos nomes técnicos. No decorrer do trabalho utilizaremos os nomes dados pela empresa.

* Moura, Reinaldo A. em "Sistemas e Técnicas de Movimentação e Armazenagem de Materiais".

Nome na Empresa

Caixa A

Nome Técnico

Caçamba

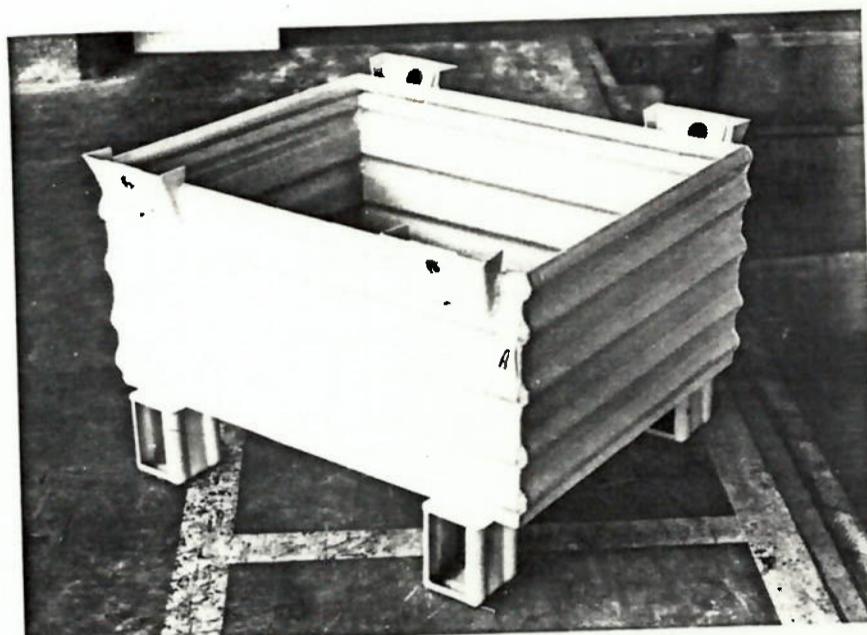


Fig.IX-1 : Unitizador de carga.

Material: Chapa de Ferro

Peso: 63,5 Kg

Medidas Internas mm

Altura: 460

Largura: 795

Comprimento: 995

Capacidade Volumétrica: $0,364\text{m}^3$

Medidas Externas: 680 x 1.030 x 980

Uso Específico: Diversos

Nome na Empresa

Box Pallet

Nome Técnico

Pallet Contentor

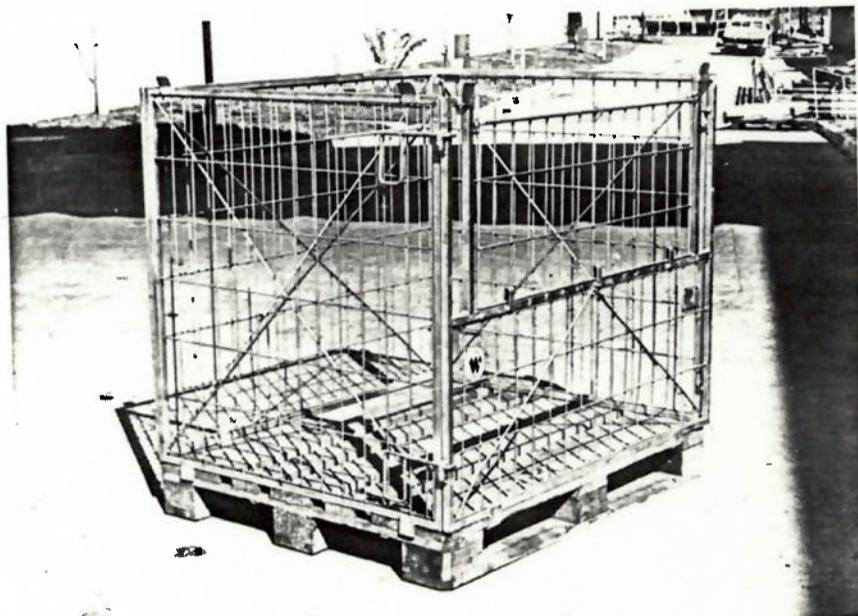


Fig. IX-2 : Unitizador de carga.

Material: Armação de Arame

Peso: 72,0 Kg

Medidas Internas mm

Altura: 1.000

Largura: 970

Comprimento: 1.140

Capacidade Volumétrica: 1,11m³

Medidas Externas: 1.145 x 1.030 x 1.220

Uso Específico: Diversos

Nome na Empresa

Pallet

Nome Técnico

Pallet

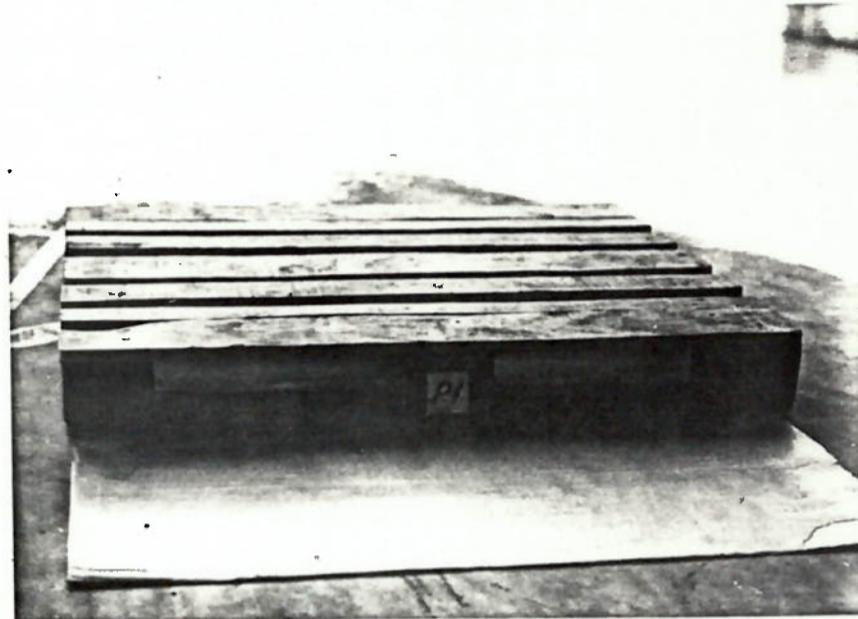


Fig. IX-3 : Unitizador de carga.

Material: Madeira

Peso: 40,0 Kg

Medidas Externas mm

Altura: 150

Largura: 1.000

Comprimento: 1.200

Capacidade Volumétrica: Variável

Uso Específico: Diversos

O livro de Reinaldo A. Moura sugere diversas vantagens do uso de carga unitizada, das quais salientamos aquelas que se referem diretamente ao nosso objeto de estudo:

- acelera a movimentação dos materiais
- reduz o tempo de carga e descarga
- reduz os custos de movimentação
- permite o uso máximo do espaço cúbico
- dá uma base para o sistema de movimentação dentro da fábrica.

As cargas unitizadas agilizam a movimentação dos materiais, contribuindo para a redução de estoques em processo.

Existem, por outro lado, algumas desvantagens que merecem atenção especial em nosso estudo:

- problema do retorno dos unitizadores vazios;
- devido à impossibilidade de transporte manual é necessário um eficiente esquema de movimentação (paleteira ou empilhadeira).

Estas duas desvantagens serão atacadas na sequência deste capítulo. Saliente-se ainda que a caixa A apresenta maior dificuldade de retorno do que box pallet por não ser desmontável.

9-2.2 Quadro de Movimentação Agregada

Apresentamos este quadro para dar uma ideia da magnitude do fluxo de materiais. Consideraremos como unidade de medida agregada uma carga unitizada, procurando distinguir entre caixa A, box pallet e pallet.

Fig. IX-4 : Quadro de Movimentação Agregada *

(período= 1 semana)

1. Almoxarifado → Fábricas

	Caixa A	Box Pallet	Pallet	Total	%
Montagem	270	545	350	1165	58
Primárias	290	225	310	825	42
Total	560	770	660	1990	
%	28	39	33		

2. Fábricas → Almoxarifado

Montagem: 910 Pallets de aparelhos eletrodomésticos.

Primárias: dado não disponível mas estimado em 950 cargas unitizadas.

Os dados do fluxo Almoxarifado → Fábricas puderam ser levantados porque o transporte é feito por empilhadeiras para as quais existe controle. Entretanto, para o fluxo Primárias → Almoxarifado, o qual é feito por paletes, não há controle. Nossa estimativa baseou-se em documentação de

* Elaborado pelo autor.

transferência.

Os valores acima refletem a média de dados de 10 semanas no período de 14/7/80 a 20/9/80. Referem-se apenas a movimentações de unitizadores com material. Os retornos de embalagens vazias provenientes da Montagem podem ser inferidos, pois em média deverão ser iguais à entrada de embalagens com material. Assim, teremos em média o seguinte retorno de embalagens vazias da Montagem por semana:

270 caixas A

545 box pallet

Dados obtidos de inventário físico das embalagens revelam que existem em poder da empresa:

2660 caixas A

4140 box pallet

6800 total

Estes dados podem ser analisados através do Índice de rotação semanal ou do estoque em semanas destas embalagens, considerando-se que o seu destino final é o consumo na montagem.

$$\text{Índice de Rotação} = \frac{\text{Consumo semanal na Montagem}}{\text{Estoque médio}}$$

Como em média:

$$\text{entradas de material} = \text{retorno de em-} = \text{consumo semanal na} \\ (\text{almoxarif.} \rightarrow \text{montagem}) \quad \text{balagens vazias} \quad \text{Montagem}$$

temos os dados abaixo:

	caixa A	box pallet	total
Índice de rotação semanal	$0,10 = \frac{270}{2660}$	0,13	0,12
Estoque em semanas	$9,8 = \frac{2660}{270}$	7,6	8,3

Esta análise demonstra que em média existem 8,3 semanas de estoque destas embalagens, o que é preocupador, considerando-se que caixa A e box pallet geralmente são utilizados na empresa para acondicionar materiais volumosos.

9-3 Sistematica Atual e Críticas

9-3.1 Método de Transporte

A classificação normalmente adotada para os equipamentos de movimentação e transporte divide-os em três grandes grupos:

- transportadores contínuos
- equipamentos suspensos
- veículos industriais

A movimentação de materiais na empresa é feita por empilhadeiras e paleteiras (carro porta-pallets manual), incluídas na classe veículos industriais.

Os veículos industriais motorizados ou não, são a forma de movimentação mais indicada dentre as três, considerando-se que a empresa requer movimentação de cargas intermitentemente por caminhos variáveis.

Entretanto, como discutiremos a seguir, as empilhadeiras e paleteiras estão sendo usadas de maneira ineficiente.

a) Empilhadeiras

Existem 9 empilhadeiras assim distribuídas:

almoxarifado: 3 elétricas; retráteis.

recebimento/expedição: 1 a gás.

fábrica: 4 a gás.

sucata: 1 a gás.

Normalmente duas empilhadeiras são usadas para a a

limentação da fábrica de Montagem e uma para as Primárias.

A ineficiência da utilização das empilhadeiras pode ser detectada nos seguintes aspectos:

1º) Inexistência de programação:

A atividade das empilhadeiras que alimentam a fábrica resume-se em levar material do almoxarifado para o seu destino, localizado a uma distância média de 130 metros, retornando a mesma distância sem carga. Eventualmente, no retorno da Montagem, a empilhadeira transporta um pallet de aparelhos da porta de saída da fábrica até a expedição, tendo entretanto percorrido o interior da fábrica sem carga. (Ver figura IX-26).

Não existe procedimento ou programação visando otimizar o rendimento destas empilhadeiras em termos de volume transportado e minimização de viagens de retorno sem carga.

2º) Investimento oneroso:

As empilhadeiras da fábrica e a de sucata estão executando grande movimentação horizontal e pouca vertical, não privilegiando, portanto, a função básica de empilhar para a qual foram projetadas. Uma empilhadeira é um investimento muito alto para ser usada prioritariamente na atividade de transporte horizontal.

3º) Baixa capacidade:

As empilhadeiras possuem ainda a desvantagem de ter baixa capacidade de carga, pois em cada viagem podem

transportar apenas duas embalagens (caixas A ou box pallet), ou um pallet. Este limite de carga é fixado: de um lado, por motivos de segurança (e não peso propriamente dito no caso das embalagens) e por outro lado, devido à impossibilidade do empilhamento no caso de pallets. Dados da empresa revelam que em média são transportadas 1,7 embalagens por viagem (caixa A ou box pallet).

A conjugação do pesado investimento como veículo de transporte apenas horizontal, viagens de retorno sem carga e reduzido número de unidades movimentadas de cada vez, torna o aproveitamento das empilhadeiras muito ineficiente. Esta ineficiência além de acarretar um agravamento do custo por unidade transportada, contribui também para a agudização do problema de estoque em processo. O estoque decorre da dificuldade de movimentação que faz com que os materiais permaneçam parados por mais tempo do que necessário, gerando acúmulo e ocupação de espaço.

b) Paleteiras

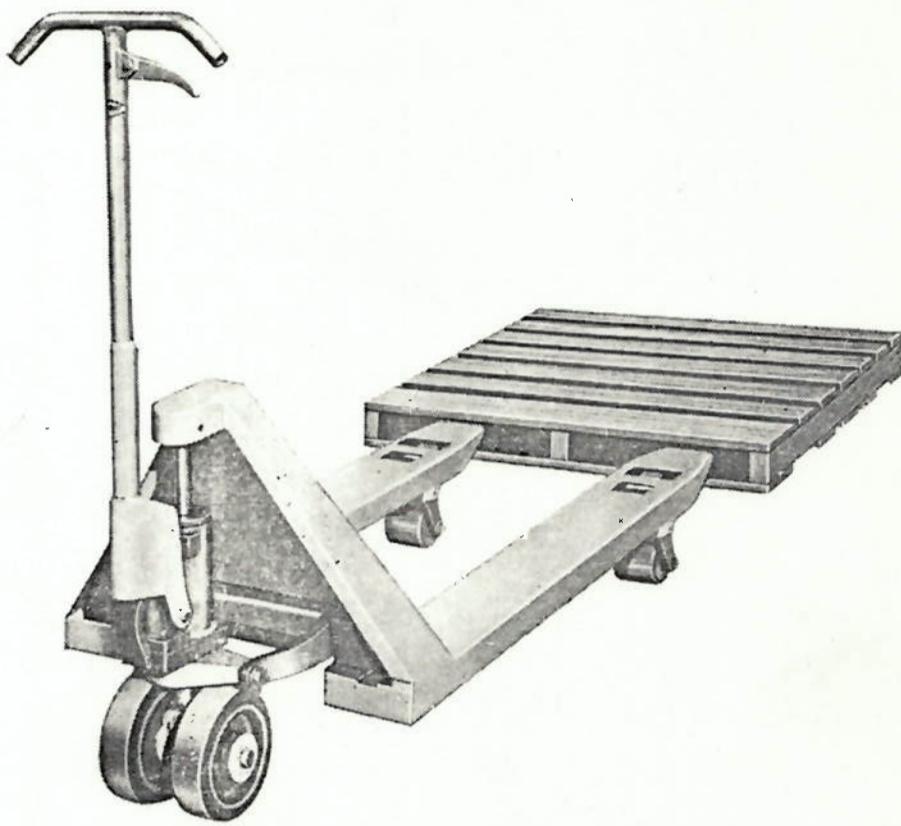


Fig. IX-5 : Paleteira

Paleteira é um veículo industrial destinado a transportar cargas de formato uniforme, de até 2.000 kg, não sendo indicado para longas distâncias.

As paleteiras são utilizadas por carregadores (função nas Primárias) e alimentadores de linha (função na Montagem).

Este tipo de movimentação braçal é utilizado de forma intensiva, requerendo o seguinte quadro de pessoal:

	Carregadores	Alimentadores	Total
Primárias	19	-	19
Montagem	12	17	29
Total	31	17	48

Fig. IX-6: Quadro de pessoal utilizado em movimentação braçal
Elaborado pelo autor.

Apesar de constituir o veículo indicado para movimentação de materiais em pequenas distâncias, especialmente dentro de um departamento, é verificável na empresa o uso das paleteiras no transporte de grandes percursos. Exceptuando-se a movimentação interna aos departamentos, as paleteiras estão sendo usadas nas seguintes atividades:

Fábrica de Montagem: (fig. IX-26).

- transporte de embalagens vazias até a porta de saída da fábrica (próxima ao almoxarifado).
- transporte de pallets de aparelhos da linha até a área de Cintagem e desta até a porta de saída da fábrica.

Fábrica de Primárias: (fig. IX-25).

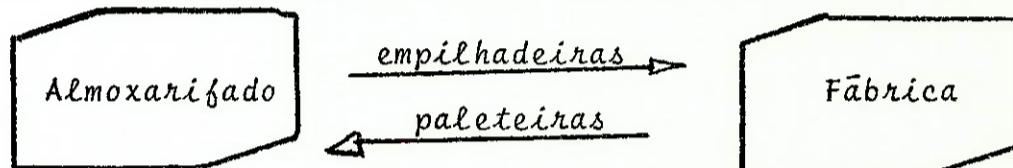
- transporte de embalagens com material do departamento até o almoxarifado.
- na falta de caixas vazias, busca das mesmas no prédio

de Montagem.

Apesar de constituírem o tipo de transporte mais econômico, as paleteiras estão sendo usadas de forma ineficiente devido a:

- 1º) percursos longos,
- 2º) retornos invariavelmente sem carga,
- 3º) inexistência de controle que permita um dimensionamento de pessoal,
- 4º) movimentação aleatória sem nenhuma programação.

Uma análise conjunta da movimentação por empilhadeiras e paleteiras revela a seguinte distinção:



Os retornos de ambos são sem carga. Esta incongruência é um reflexo da estrutura organizacional que estabelece para o almoxarifado (subordinado ao Departamento de Materiais) a responsabilidade de alimentar a fábrica, e, para a fábrica (Divisão de Produção) a responsabilidade de entregar o material produzido para o almoxarifado. Entre os próprios funcionários existe esta distinção, pois os motoristas de empilhadeira estão subordinados ao Departamento de Materiais e os carregadores à Produção.

Considerando-se que a estrutura organizacional deve constituir um instrumento e não uma barreira à eficiência, sugerimos uma política unificada de movimentação de materiais que aumentaria a eficiência global do sistema. Como proposta apresentaremos no Item 9-5 um novo sistema de movimentação que, através de um Comboio, deverá integrar os dois sentidos do transporte Almoxarifado - Fábrica.

9-3.2 Alimentação de Materiais

A alimentação de materiais para as duas fábricas é feita por intermédio de requisições feitas pelo supervisor. Este não possui padrões de quantidade definidos, tendo a liberdade de requisitar segundo seu critério. Não existe tampouco ponto específico do nível de estoque de um material, a partir do qual o supervisor deve fazer a requisição. Normalmente, há o hábito de o supervisor verificar as necessidades de material em determinados horários durante o dia.

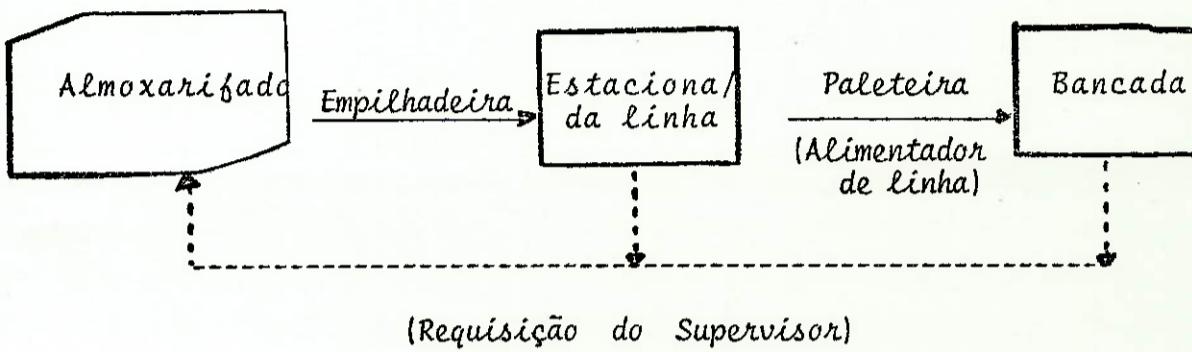
O almoxarifado por sua vez, atende às requisições de material à medida que elas chegam. Os escriturários localizam o endereço no qual o material se encontra e providenciam a retirada e depósito do mesmo pelos motoristas de empilhadeira internos do almoxarifado, em local apropriado, na saída do mesmo.

Lá o material é endereçado e aguarda a empilhadeira que alimenta a fábrica, para ser levado até a área de es-

tacionamento do requisitante.

Uma vez no estacionamento da linha, o alimentador desta é responsável pelo provisionamento de cada bancada de trabalho.

O esquema abaixo resume visualmente a seqüência total de alimentação.



(Requisição do Supervisor)

----- fluxo de informações.

_____ fluxo de materiais.

Fig. IX-7*: Alimentação de Materiais.

Considerando-se a inexistência de alimentação programada, as atividades de abastecimento têm originado superalimentação das linhas. Isto se deve à associação de dois agentes principais:

- Supervisor
- Almoxarifado

a) Supervisor:

Os supervisores por se sentirem responsáveis pela produção, mantêm elevados níveis de estoque em seus setores. Sua visão limitada do problema segurança, consiste da exis -

* Elaborada pelo autor.

tência ou não do material dentro das fronteiras sob suas responsabilidades. Os supervisores não confiam nos prazos de entrega do almoxarifado e aproveitam o estacionamento para lá armazenar a sua segurança.

b) Almoxarifado:

Conjugadamente às requisições volumosas do supervisor, o almoxarifado envia quantidades excessivas de material para aproveitar duas vantagens desta medida:

- redução do trabalho burocrático de remessa de materiais mediante o envio de maiores quantidades em menor número de vezes.

- aproveitamento das áreas de estacionamento na fábrica, para aliviar a lotação intensa do almoxarifado.

A existência de áreas para estacionamento funciona assim como polos atrativos de material, pois quanto maior ésta área na fábrica, maior a tendência de transferência desnecessária de material.

A preocupação do Almoxarifado em aliviar a sua lotação é justificável, porque ele está de fato sobrecarregado. Cabe então, um estudo das causas do esgotamento de tão grande área, o qual é elaborado no capítulo referente à solução planejamento.

A ocupação de espaço por material na fábrica não é feita apenas no estacionamento da linha, mas também ao lado de cada bancada. Em outras palavras, há duplicidade de esto-

ques de ítems volumosos: no estacionamento e ao lado da bancada. As quantidades de material na bancada são muitas vezes suficientes para um dia inteiro de trabalho. Segundo o orçamento de 1980, estima-se um nível de estoque médio de 3,5 dias entre estacionamento e bancada nas linhas de montagem de aparelhos. Portanto, cabe também detalhar a análise da etapa final de alimentação da figura IX-7.

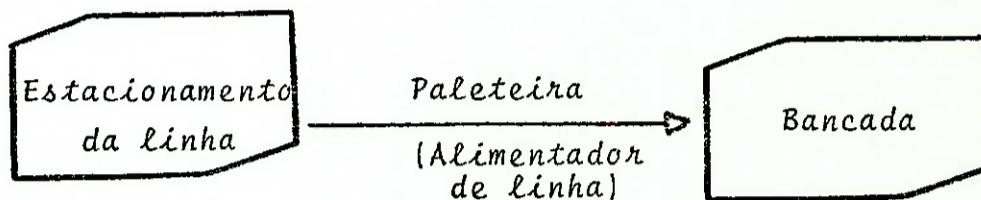


Fig. IX-8 : Alimentação da bancada.

Elaborado pelo autor.

Esta etapa é feita pelo alimentador de linha. Os ítems de pequeno volume (parafusos, arruelas, etc...) são colocados em pequenos depósitos alimentadores localizados sobre a bancada. Os ítems volumosos, por sua vez, são transferidos do estacionamento para o lado da bancada mantendo a unitização integral da carga.

A unitização da carga perdura desde a armazenagem no almoxarifado até a utilização no posto de trabalho. Esta é uma grande vantagem pois minimiza os custos de manuseio. Entretanto, paga-se em contrapartida um grande tributo: a necessidade de faixas adicionais de espaço ao longo da linha de montagem. Como resultado, existe uma distância de 6 metros entre os centros de linhas paralelas, assim ocupadas:

$$\begin{array}{l}
 \text{largura da linha: } \quad 0,5 \times 1 = 0,5 \\
 2 \text{ bancadas} \quad 1,0 \times 2 = 2,0 \\
 2 \text{ caixas de material} \quad 1,0 \times 2 = 2,0 \\
 \text{largura do corredor} \quad 1,5 \times 1 = 1,5 \\
 \hline
 & 6,0
 \end{array}$$

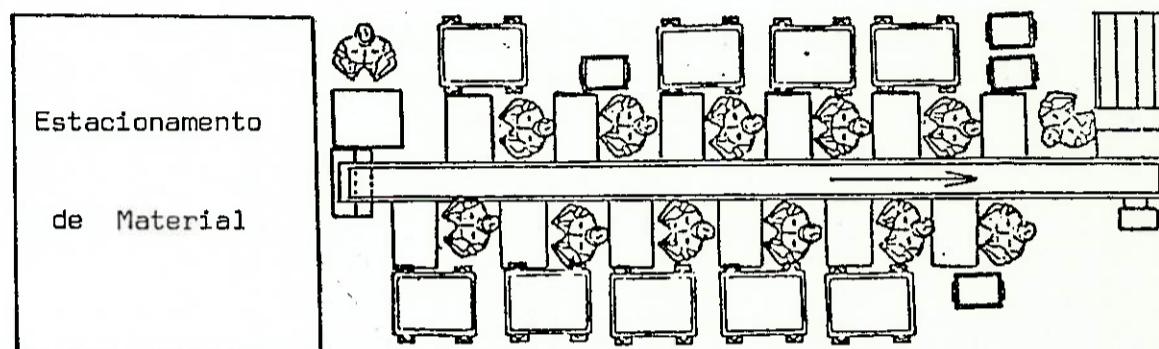


Fig. IX-9 : Linha de Montagem.

Cabem algumas sugestões de alimentação das bancadas para minimizar os espaços atualmente ocupados por estoques:

- a) uso da própria esteira como veículo alimentador;
- b) alimentações mais freqüentes em volumes menores pelo actual alimentador com a desvantagem de maior manuseio;
- c) uso de um carrossel.

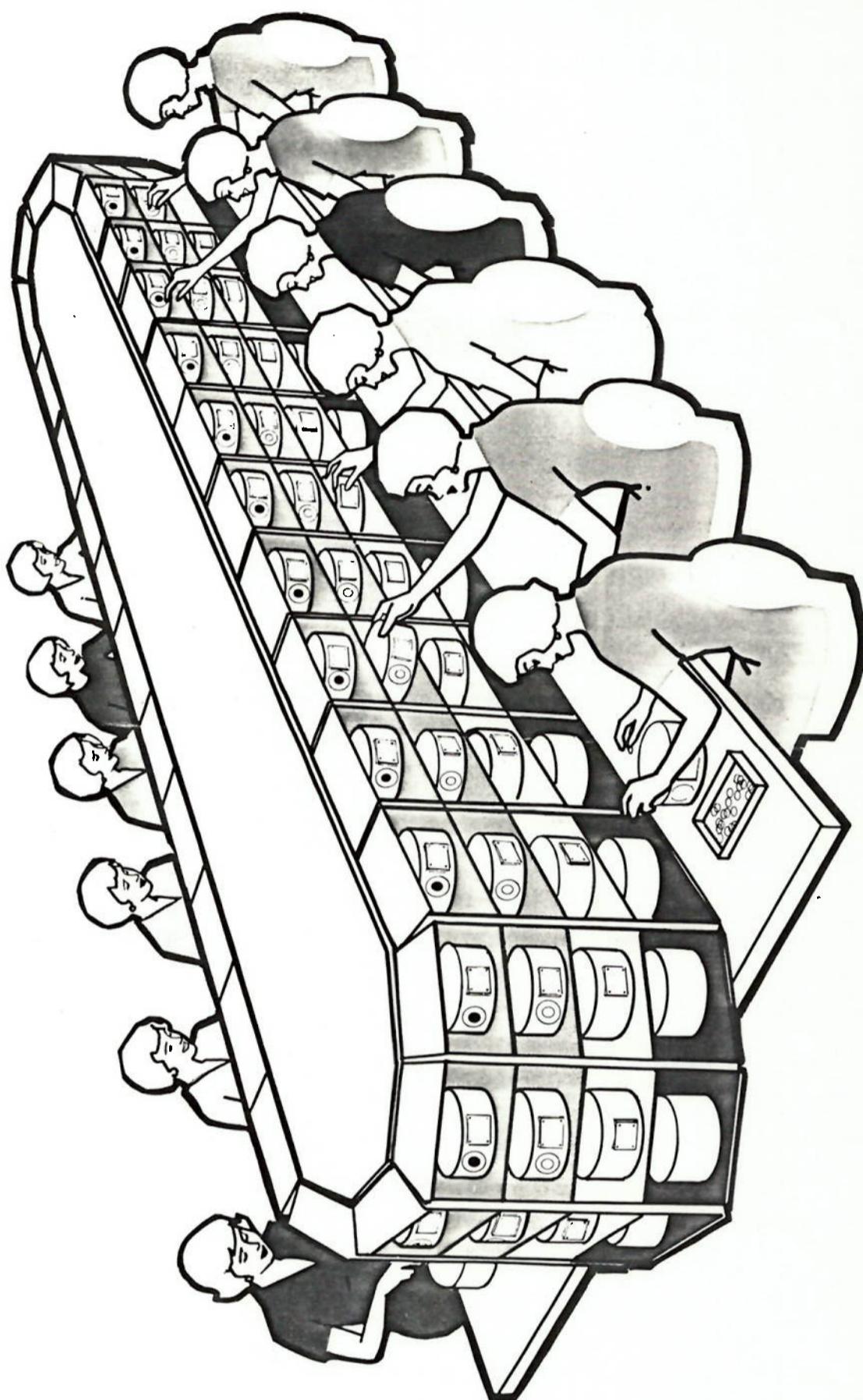


Fig. IX-10 : Carrossel para montagem de aparelhos.

Vantagens do Carrossel:

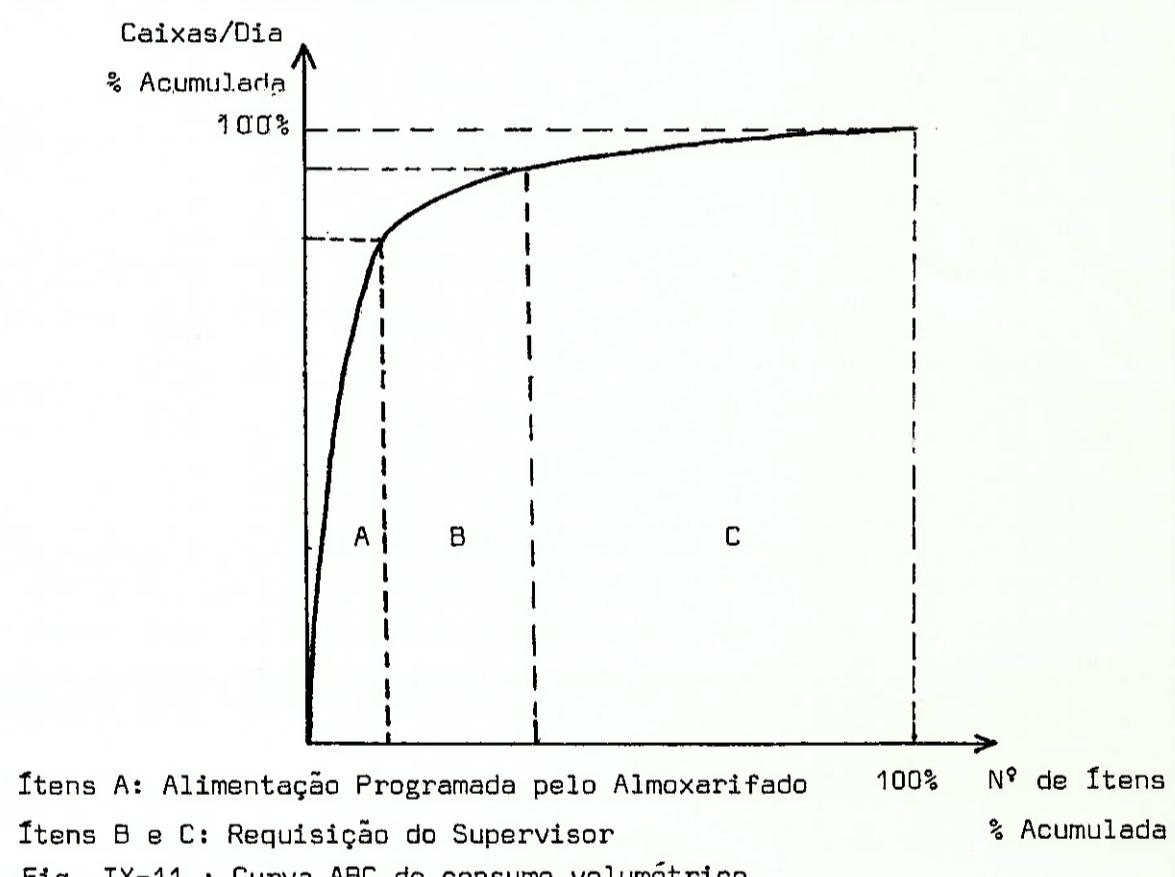
- Carrinhos, pallets e outros recipientes que utilizam áreas preciosas e grande mão de obra, são totalmente eliminados.
- Produtos diferentes podem ser montados simultaneamente no mesmo carrossel.
- Todo o trabalho em processamento no carrossel está à vista do supervisor para qualquer inspeção, bem como uma apreciação do ritmo de produção.
- O balanço da linha é sempre mantido, pois cada operação pode ser executada a seu próprio tempo.
- Os materiais necessários estão sempre ao alcance do operador, não sendo necessário ele se levantar ou esperar peças.
- Vários operadores podem executar a mesma operação, estando localizados em qualquer ponto do carrossel.
- Seu desenho modular permite que ele seja facilmente instalado, aumentado ou transferido.
- A mesma unidade básica pode ser facilmente modificada e utilizada para uma grande variedade de produtos ou subconjuntos.

9-4 Alimentação Programada

9-4.1 Alimentação Programada para Ítems Volumosos

Esta Solução representa uma alternativa ao sistema vigente, que concede ao supervisor como uma de suas prerrogativas, a liberdade de requisitar do Almoxarifado quantidades de material no momento em que julgar conveniente (Item 9-3.2). A proposta seria retirar de sua alçada os Ítems de maior consumo volumétrico, atribuindo ao almoxarifado a tarefa de programar a alimentação destes ítems.

Uma curva ABC representativa de consumo volumétrico diário de ítems (expresso em número de caixas /dia) para cada modelo de aparelho auxilia a distinguir o responsável pela alimentação do ítem e a forma como ela se daria.



Esta distinção no tipo de alimentação possibilitará uma programação de entrega dos itens volumosos, que são justamente aqueles que ocupam a área mais ampla na fábrica. Restringimos a transferência de responsabilidade para o almoxarifado apenas para os itens mais volumosos porque a atribuição desta responsabilidade para todos os itens acarreta resultados discutíveis. A carga de trabalho seria intensa, além de constituir uma fonte inevitável de erros com penalização do tipo parada de linha por falta de material. O sistema de Alimentação Programada aplicado apenas a pequena parcela mais significativa dos itens, visualizada na curva ABC, possibilitará nível de controle adequado às exigências, permitindo entregas mais freqüentes em menor quantidade, e, diminuindo assim, o nível médio do estoque na fábrica. As figuras abaixo ilustram o fato:

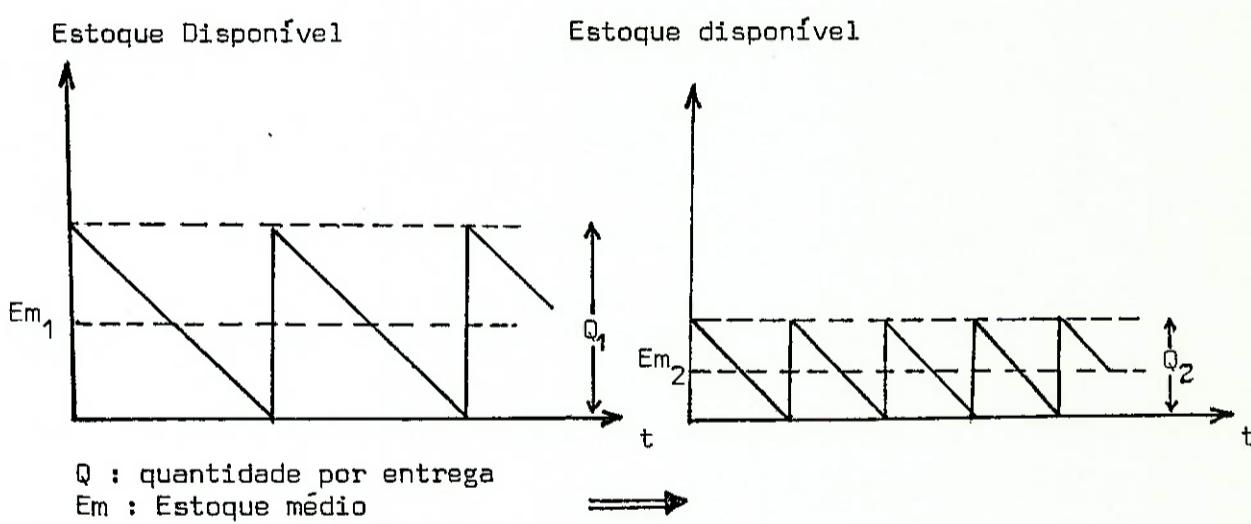


Fig. IX-12 : Diminuição do nível médio de estoque através de entregas mais freqüentes.

Esta sistemática não está restrita ao prédio de Montagem, podendo igualmente ser aplicada nas Primárias. Isto é possível, pois nas Primárias existem ítems de produção contínua que são diariamente alimentados à fábrica.

9-4.2 Comparação Custo de Mais Entregas x Economia de Espaço

Entregas de material mais freqüentes, entretanto, são uma sugestão contraditória em relação à posição do encarregado do almoxarifado, que prefere enviar quantidades maiores em cada entrega, para não aumentar sua carga de trabalho. Em conversa informal, constatamos que segundo ele, seria conveniente aumentar as áreas de estacionamento da fábrica para possibilitar entregas ainda maiores. Nota-se uma vez mais, como objetivos particulares e restritos tendem a prejudicar o desempenho global do sistema empresa. A existência de problemas, na sua grande maioria, encontra justificativa no aspecto humano, não sendo suficiente um tratamento puramente técnico. Em outras palavras, os problemas de uma fábrica decorrem em grande parte do fato de ser constituída por pessoas, e não apenas móveis e equipamento, as quais podem involuntariamente prejudicar o sistema devido a uma visão parcial do mesmo.

O modelo clássico de estoques ilustra bem a contradição de interesses, resultante de entregas mais freqüentes, isto é, economia de espaço contra custo de mais entregas.

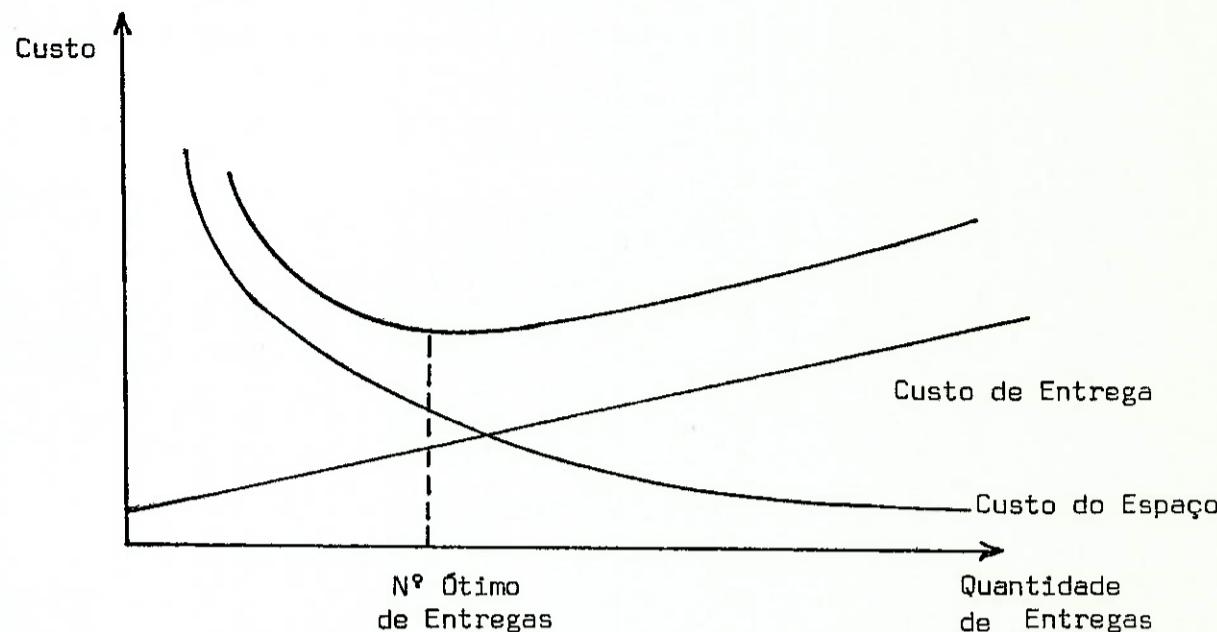


Fig. IX-13 : Custo de mais entregas x Economia de espaço.

Para provarmos que a proposta de solução de entregas mais freqüentes é válida, devemos demonstrar que o custo de entrega não aumentará sensivelmente com o aumento do número de entregas. A composição do custo de entrega é a seguinte:

- trânsito da empilhadeira almoxarifado - fábrica.
- trânsito da empilhadeira interna do almoxarifado.
- trabalho de escrituração: localização do endereço, preenchimento do cartão IBM de retirada de material, consulta e atualização de kardex.

Discutiremos agora cada componente:

a) Trânsito da empilhadeira almoxarifado - fábrica.

Este custo não aumentará com entregas mais freqüen-

tes pois o número total de viagens não será alterado, ocorrendo apenas uma redistribuição dos horários. Um exemplo pode esclarecer melhor. Suponhamos que uma linha de montagem necessite ser alimentada por dois ítems, A e B, com consumo diário de 4 caixas de cada um. Atualmente a alimentação destes ítems é feita uma única vez por dia, requerendo quatro viagens consecutivas da empilhadeira (esta tem capacidade de 2 caixas por viagem). A nova proposta consistiria em distribuir estas quatro viagens durante o dia, em contraposição à situação atual de efetuá-las sucessivamente. Neste caso, seriam necessárias as mesmas quatro viagens.

Com o Novo Sistema de Movimentação sugerido no item a seguir, teremos uma redução substancial do custo de trânsito almoxarifado - fábrica, porque o sistema de Comboio proposto permitirá aumentar a capacidade de transporte por viagem, reduzindo o custo unitário por caixa movimentada.

b) Trânsito da empilhadeira interna do almoxarifado.

O procedimento atual é o seguinte:

- motorista e empilhadeira dirigem-se ao balcão do escritório, para receber uma ficha com o endereço do material.
- a empilhadeira dirige-se ao local indicado e retira o número de caixas do material solicitado.
- leva o material até a porta de saída do almoxarifado.
- Repete-se o procedimento.

A proposta de entregas mais freqüentes levará essa empilhadeira a realizar um maior número de viagens pois, ela passará a trazer apenas uma caixa por viagem. Em média atualmente ela traz 1,8 embalagens por viagem (dado da empresa) . Logicamente, este é um dado médio porque a empilhadeira sempre transporta um número inteiro de caixas. Apesar do aumento no número de viagens, a implantação da nova proposta ainda se justifica porque a Alimentação Programada permitirá uma racionalização no trabalho destas empilhadeiras. Assim. o escriturário poderá entregar ao motorista da empilhadeira uma relação de ítems agrupados por localização ao invés de um (ou poucos dispersos) de cada vez. Desta forma a empilhadeira poderá continuar a trazer mais de uma caixa por viagem, agora porém, de ítems diferentes, com a vantagem da eliminação das sucessivas idas até o balcão do escriturário.

c) Trabalho de escrituração.

Atualmente existem três pessoas fazendo este serviço, exercendo as seguintes atividades:

- recebimento da requisição do supervisor;
- consulta ao kardex para confirmação da disponibilidade de material;
- localização do endereço do material no almoxarifado mediante consulta a um fichário codificado;
- preenchimento do cartão IBM de retirada de material;
- atualização do kardex.

Pode-se considerar que para pequenas variações da carga de trabalho resultante de entregas mais freqüentes, os escriturários representam um custo fixo. Entretanto, a inclusão entre suas atividades da tarefa de programação da alimentação poderá sobrecarregá-los, impondo a necessidade de aumento de pessoal.

Tendo-se analisado os três componentes do custo de entrega, estamos habilitados a concluir sobre a validade de entregas mais freqüentes.

Vimos que dentre os componentes deste custo, o único que receberia um incremento seria o custo do trabalho de escrituração, devido ao aumento da carga de trabalho que imporia a admissão de novo elemento no quadro de pessoal, bem como a redistribuição de tarefas.

Partimos da premissa de que o custo do espaço na fábrica é elevado. Tomando-se por base o início de expansão de suas instalações para uma nova fábrica no interior do estado, é de se supor que espaço está se tornando um problema crítico, que vem recebendo mais atenção pelo seu custo.

Desta forma, o pequeno aumento do custo de entrega será mais que compensado pela economia de espaço resultante do menor nível médio de estoque.

9-4.3 Funcionamento da Alimentação Programada

Como vimos, a responsabilidade da entrega de materiais de maior volume será transferida do supervisor para o almoxarifado. Isto significa que este último deve dispor de um instrumento formal para saber quanto entregar de cada ítem sem precisar consultar o supervisor da linha.

Podemos considerar como válida a afirmação de que o consumo de materiais numa linha de montagem é perfeitamente previsível e uniforme ao longo do tempo. Os ítems necessários para montar o aparelho possuem um consumo dependente da velocidade de produção do produto final da linha, podendo desta forma ser calculados com relativa precisão. Assim, o consumo de cada ítem poderá ser calculado pelo almoxarifado em função da produção diária do produto final através da seguinte equação:

$$\text{consumo diário do ítem} = \frac{\text{produção diária do aparelho}}{\text{(produto final)}} \times \frac{\text{freqüência do ítem no aparelho}}{\text{fator de refugo}}$$

O gráfico do nível de estoque na linha para um determinado ítem em função do tempo tem o seguinte aspecto:

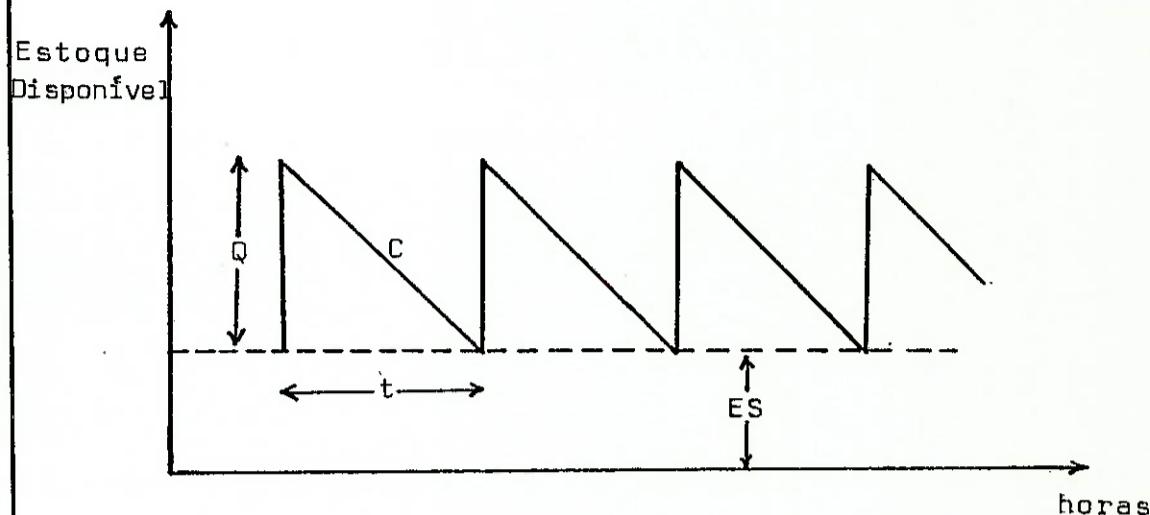


Fig. IX-14 : Nível de estoque na linha de um ítem, em função do tempo.

onde:

C : taxa de consumo do ítem.

Q : quantidade alimentada por entrega = múltiplo inteiro da quantidade existente numa caixa unitizada.

t : período entre entregas.

ES : estoque de segurança.

Detalhando cada uma destas variáveis temos:

Q - Quantidade alimentada por entrega

A quantidade alimentada por entrega está intimamen-

te relacionada com o período t entre entregas.

A determinação da quantidade por entrega impõe a fixação de uma política para todo o sistema de Alimentação Programada, estabelecendo um prazo mínimo entre entregas sucessivas. Parece-nos que a fixação de um limite mínimo de duas horas entre entregas é conveniente, e passível de realização. Considerando que uma jornada de trabalho possui 9,6 horas, teremos um máximo de 5 entregas por dia.

O cálculo da quantidade por entrega será mostrado na parte referente à construção do Quadro de Alimentação Programada.

ES - Estoque de Segurança

As funções do estoque de segurança são:

- a) garantir o suprimento em caso de oscilações para cima no consumo;
- b) assegurar a existência de materiais em caso de atraso no prazo de entrega.

Numa linha de montagem o consumo não pode variar para cima (a velocidade da esteira é o limitante superior), mas apenas para baixo em caso de parada da linha (falta de energia, material, etc...). Desta forma, para a definição de um estoque de segurança teremos apenas que considerar qual o tempo de atraso máximo de uma entrega (função b, acima citada). No início da implantação da Alimentação Programada, este valor deverá ser alto (algumas horas), podendo declinar à

medida que o prazo de entrega se torne mais confiável. A manutenção do estoque de segurança dentro do nível estabelecido será conseguido através do procedimento descrito no Ítem 9-4.5 (Feed-back da Alimentação Programada).

t - Período entre entregas

Será fixado em um mínimo de duas horas, estando intimamente relacionado com o consumo do ítem e a quantidade por entrega.

c - Taxa de consumo

Como foi dito, pode ser calculada em função da produção de aparelhos por dia.

9-4.4 Quadro de Alimentação Programada

O Quadro será uma ferramenta do almoxarifado para sistematização da atividade de entregas dos ítems de maior volume.

Este quadro será fixo, exigindo atualização apenas quando a produção diária da linha sofrer alteração.

Os horários serão diariamente atribuídos às entregas por intermédio de uma fita móvel, de acordo com o procedimento de reatualização descrito em ítem a seguir. A existência de um estoque de segurança ES de algumas horas permitirá uma flexibilidade nos horários de entrega, de modo que

ele servirão mais como referência do que como prazo limite.

a) Construção do Quadro (ver figura IX-17).

Devemos seguir os seguintes passos:

- Montar um quadro para cada linha do aparelho;
 - Escolher os ítems com um consumo maior ou igual a uma caixa unitizada (caixa A, box pallet ou pallet) por dia: $N \geq 1$. Desta forma estarão sendo selecionados os ítems de maior volume, porque há uma relação direta entre tamanho volumétrico do ítem e número de caixas consumidas do mesmo;
 - Preencher os dados de cada ítem: descrição, código, frequência, quantidade por caixa.

Para o cálculo da quantidade de caixas de um ítem enviada por entrega, devemos seguir as seguintes etapas:

- Calcular o consumo diário em número de caixas até a primeira decimal.

$$N = \frac{\text{Consumo do item}}{\text{em caixas por dia}} \quad (\text{até a } 1\text{a decimal}) = \frac{\text{Produção diária} \times \text{Freq. do item}}{\text{do aparelho}} \quad \text{no aparelho}$$

Quantidade do item na caixa
unitizada

(Desconsideraremos o refugo por ser geralmente baixo).

- Aproximar N para o inteiro imediatamente superior e distribuir equilibradamente este valor em um máximo de 5 entregas no Quadro de Alimentação.
 - O erro proveniente da aproximação a maior será preenchido numa coluna de saldo no quadro. O objetivo é o acompan-

nhamento e compensação deste saldo em entregas futuras, mediante a eliminação eventual de uma caixa a ser enviada. Exemplificando a necessidade de manutenção da coluna de saldo: consumo do item: 1,4 caixas por dia;

nº de caixas a serem normalmente enviadas: 2 caixas;

nº de caixas a serem eventualmente enviadas para compensação: 1 caixa.

1	2	1 + 2 = 3	4	3 - 4
<u>nº de caixas enviadas</u>	<u>saldo anterior</u>	<u>total disponível</u>	<u>consumo diário</u>	<u>saldo final</u>
2	-	2	1,4	0,6
1	0,6	1,6	1,4	0,2
2	0,2	2,2	1,4	0,8

No Quadro estas mesmas informações são apresentadas, mas de maneira diferente.

b) Um exemplo de aplicação:

Escolhemos para exemplificação a enceradeira, por se tratar de um produto final, constituído por peças de grande volume. Além disso, é um aparelho de alta produção diária: 1.180 unidades.

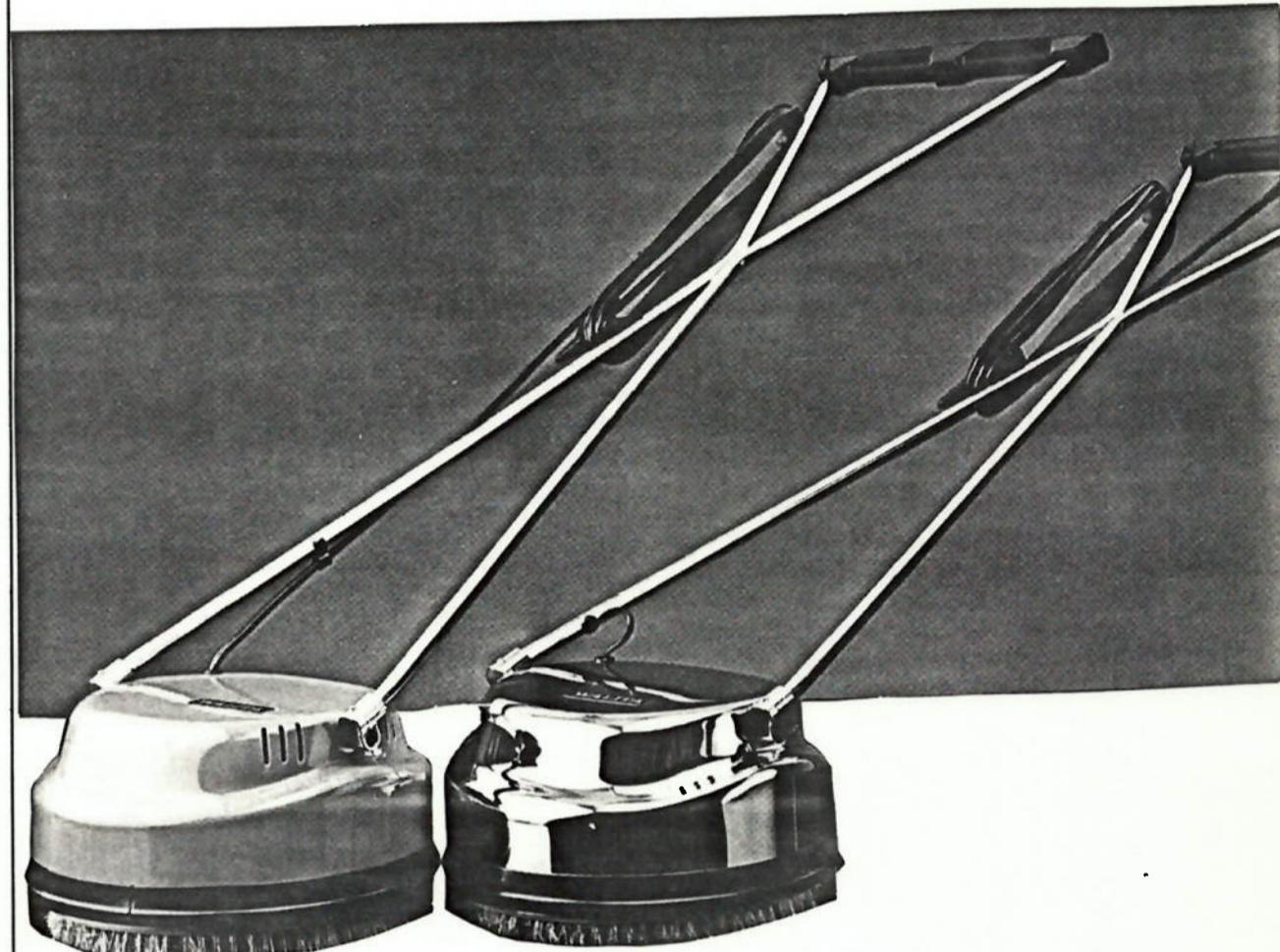
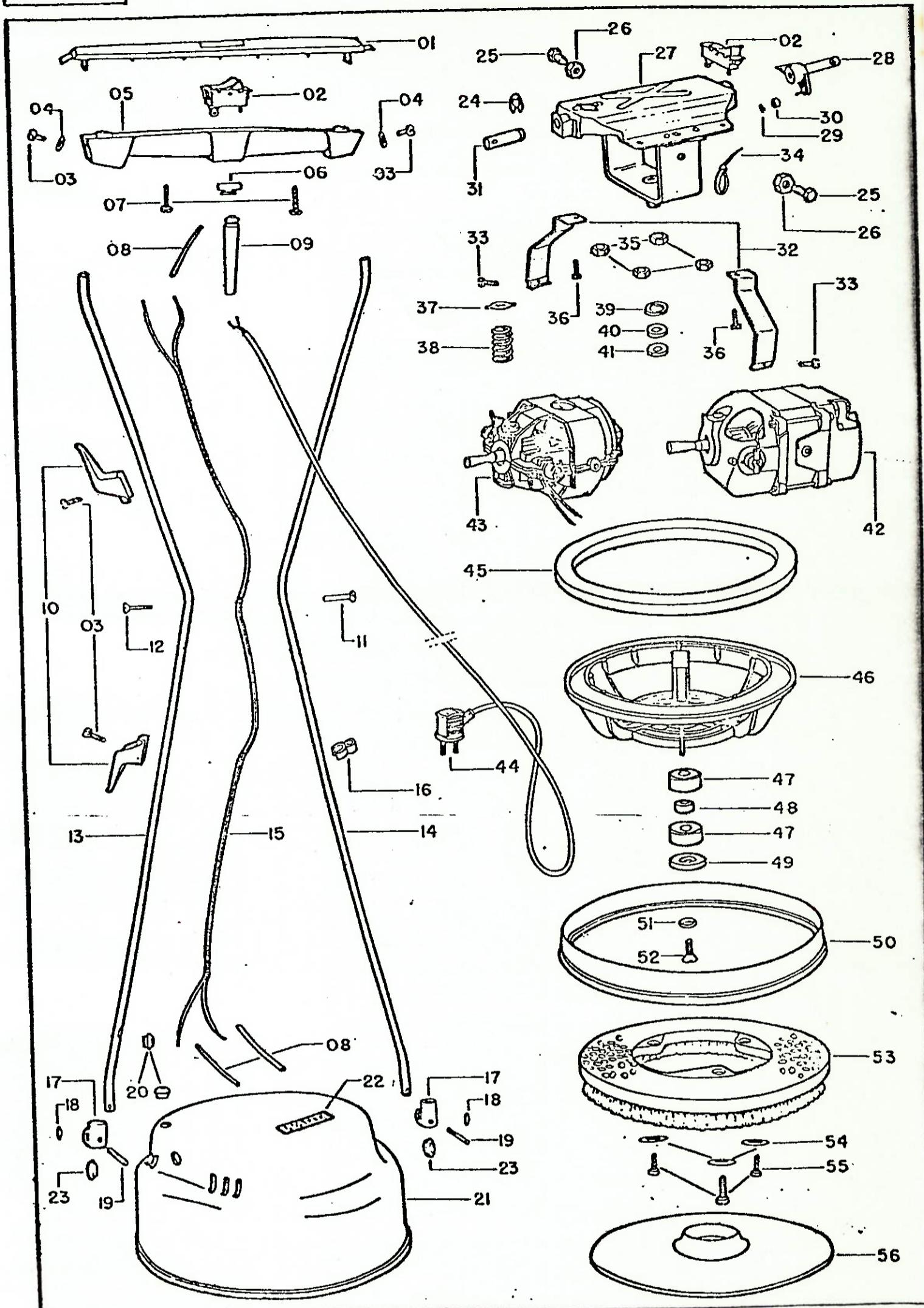


Fig. IX-15 : Exemplo: Alimentação Programada para a linha de montagem de enceradeiras.



WALITA

Fig. IX-16 : Componentes da enceradeira.

APARELHO
EU-300/HL-3628

WALITA	RELAÇÃO DE COMPONENTES	DTEO
FIG.	CÓDIGO	NOMENCLATURA
01	4206 143 67701	Tampa para Cabo
01	4206 143 67671	Tampa para Cabo
02	4206 146 30421	Conjunto Interruptor
03	2522 123 22081	Parafuso Auto Atarrachante
04	4206 140 00611	Arruela Plana
05	4206 143 67681	Cabo
06	4206 140 00391	Presilha
07	2522 113 02004	Parafuso Auto Atarrachante
08	4206 122 25071	Tubo Plástico
09	4206 143 68511	Luva para Fio
10	4206 143 67721	Gancho
11	4206 142 55251	Porca Tubular
12	4206 142 55231	Parafuso Especial
13	4206 140 00991	Coluna Direita
14	4206 140 00981	Coluna Esquerda
15	4206 143 07551	Cordão para Coluna
16	4206 143 67741	Fixador para Fio
17	4206 142 40031	Luva para Coluna
18	4206 142 25021	Tampinha Lateral
19	4206 142 55061	Pino para Luva
20	4206 143 68061	Ilhós
21	4206 143 67761	Carcaça
21	4206 140 00241	Carcaça (Cromada)
22	4206 143 30002	Placa Walita
23	4206 143 67711	Bucha Distanciadora
24	2522 634 04013	Anel Elástico
25	4206 142 55241	Parafuso de Centragem
26	2522 401 48016	Porca Sextavada
27	4206 146 30401	Conjunto Suporte para Motor
28	4206 146 30381	Conjunto Camo
29	2522 634 04005	Anel Elástico
30	4206 142 55051	Roldana
31	4206 142 55041	Eixo Direito
32	4206 140 00191	Braço
33	2522 113 02059	Parafuso Auto Atarrachante
34	4206 143 68201	Braçadeira
35	2522 401 48011	Porca Sextavada
36	2506 139 01002	Parafuso Auto Atarrachante
37	4206 140 00161	Tampa para Mola
38	4206 142 85021	Mola Amortecedora
39	4206 140 00671	Arruela Plana
40	4206 140 00631	Arruela Plana
41	4206 140 00681	Arruela Plana
42		Conjunto Motor
43		Conjunto Motor
44	4206 100 00001	Plug Macho com Cabo
45	4206 143 52531	Anel para Tambor
46	4206 142 40021	Tambor
47	2622 001 30057	Rolamento
48	4206 142 55071	Anel Espaçador
49	4206 140 00621	Arruela Plana
50	4206 143 68231	Guarnição

WALITA | RELAÇÃO DE COMPONENTES | DTEO

FIG.	CÓDIGO	NOMENCLATURA
51	4206 140 00701	Arruela Cônica
52	2522 187 10142	Parafuso Cabeça Chata
53	4206 146 30541	Conjunto Escova
54	4206 140 00651	Arruela Plana
55	2522 002 61172	Parafuso Cabeça Cilíndrica
56	4206 146 30521	Conjunto Disco de Feltro

Fig. IX-17: Quadro de Alimentação Programada - Exemplo

Aparelho: Encradeira

Produção diária: 1.180

Saldo da Atualização *: 0,5h

fita móvel

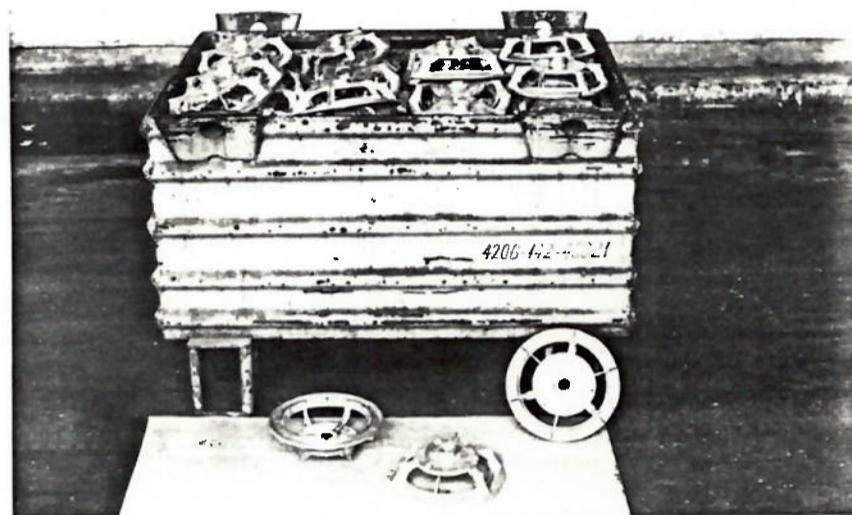
Item	Código	Frequência	Quant. p/caixa	N	Saldo*
Plug macho com cabo	4206 100 00001	1	1.200	1,0	-
Carcaça	4206 143 67761	1	91	13,0	XXX
Coluna esquerda	4206 140 00981	1	1.200	1,0	-
Coluna direita	4206 140 00991	1	1.200	1,0	-
Tambor	4206 142 40021	1	150	7,9	0,1
Conj. suporte do motor	4206 146 30401	1	160	7,4	0,6
Conjunto escova	4206 146 30541	1	480	2,4	0,6
Caixa de embalagem	4206 148 60012	1	525	2,2	0,8

Σ caixas por entrega : 8 8 7 8 7

* valores atualizados diariamente

X uma caixa
XX duas caixas
XXX três caixas

Elaborado pelo autor.



Tambor

150 por caixa

 $N = 7,9$

Conj.suporte

do motor

160 por caixa

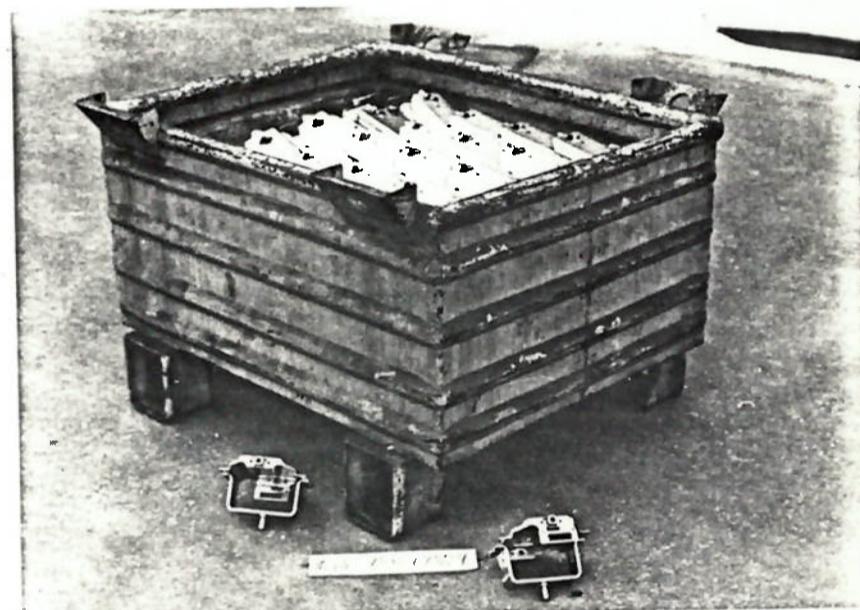
 $N = 7,4$ 

Fig. IX-18 : Exemplo de ítems entregues na Alimentação Programada da enceradeira.

c) Detalhes do Quadro:

- Após cada entrega, deve-se mudar o indicativo para a - pontar a próxima entrega.
- Se uma entrega cair no horário 18/7 significa que ela poderá ser feita indiferentemente no final do expediente ou no início do dia seguinte.
- Notar que a hora do almoço da linha está excluída da fita móvel.

X enviar uma caixa

XX enviar duas caixas

- Só há entregas em intervalos de no mínimo 2 horas.
- A composição de cada entrega é obtida observando-se verticalmente a coluna do horário respectivo: quais os itens assinalados e quantas caixas de cada um.
- A fase final da construção do quadro deve incluir uma redistribuição das entregas dos itens individuais, de forma que a somatória final de cada entrega apresente uma distribuição uniforme em número de caixas.

9-4.5 Feed - back da Alimentação Programada

Devemos lembrar que, uma vez construído, o quadro é fixo, restando tão somente a fixação diária dos horários de entrega através da reatualização aqui explicada.

Como já dissemos, a velocidade de produção não pode aumentar, apenas diminuir em caso de parada de linha. Neste caso o gráfico do nível de estoque de todos os itens assumirá o seguinte aspecto:

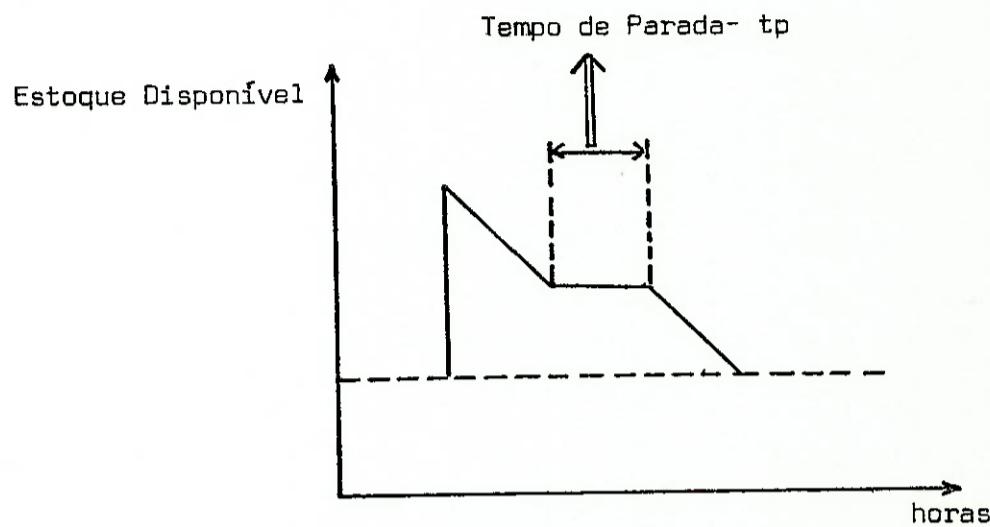


Fig. IX-19 : Nível de estoque quando há parada de linha (interrupção na montagem).

Elaborado pelo autor.

Se não houver uma reatualização do sistema, teremos o seguinte:

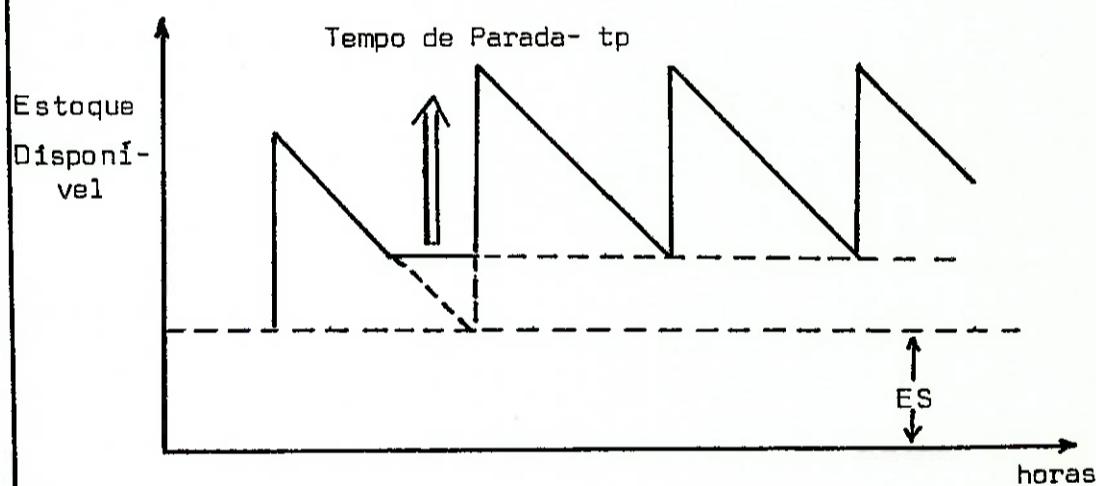


Fig. IX-20 : Aumento do nível médio de estoques se não existir uma reatualização do sistema.

Elaborado pelo autor.

Portanto, a falta de atualização acarretará desnecessários aumentos do estoque de segurança, toda vez que houver uma parada de linha, degenerando o sistema.

Para evitar este aumento no nível médio do estoque, basta atrasar toda a programação de entrega daquela linha pelo tempo correspondente à parada. Por este motivo é que o Quadro de Alimentação possui uma fita de horários móvel. Este procedimento de fita móvel permite que uma simples translação na fita de horário reatualize o programa de entregas de todos os itens, evitando que cada item exija uma correção específica.

Entretanto, não seria prático controlar cada tempo de parada de linha através de cronometragem. É possível obter esta mesma informação através de um pequeno cálculo baseado no apontamento de produção diário, da seguinte forma:

$$\text{tempo de parada} = \left(1 - \frac{\text{produção real}}{\text{produção média}} \right) \times \text{horas diárias}$$

A reatualização do sistema se fará todo dia de manhã, baseada na produção real do dia anterior. Cada linha terá seu tempo de parada calculado de forma a permitir o deslocamento correspondente para a esquerda da fita do móvel.

Como o quadro é construído com base na produção média, pode acontecer também o caso de ser a produção real superior à média. Neste caso deve-se seguir o mesmo cálculo em

valor absoluto) e adiantar a fita de horário (deslocar para a direita) ao invés de atrasá-la (deslocar para a esquerda).

Como o resultado do tempo de parada não é sempre uma hora inteira, necessitando arredondamento, a diferença para mais ou menos deverá ser assinalada e acumulada no Saldo da Atualização, até alcançar uma hora inteira, para transladar a fita.

Periodicamente (uma vez por semana) se deve pedir ao supervisor de cada linha que faça um levantamento físico na linha (apenas dos itens volumosos incluídos na Alimentação Programada) para se verificar se os estoques de segurança estão no nível pré-estabelecido. Com isto, serão acertados os erros provenientes de refugo e arredondamentos nos cálculos.

Pode-se utilizar qualquer procedimento para efetivação de uma Alimentação Programada. O quadro aqui sugerido é apenas uma alternativa muito vantajosa, dada a sua grande sensibilidade no tocante à reatualização, por possuir horários de entrega móveis. Uma alternativa mais simples pode ser a utilização de uma única listagem dos itens incluídos na Alimentação Programada, contendo o consumo de caixas por dia e os horários fixos de entrega, com as respectivas quantidades. Entretanto, este procedimento simplificado é de difícil reatualização e controle, exigindo acertos para mais

ou menos para cada ítem individualmente, se quisermos manter os estoques de segurança nos níveis pré-estabelecidos (não é levada em consideração a dependência do consumo dos itens à produção de aparelhos).

Finalmente, uma terceira alternativa é manter o procedimento atual de requisição pelo supervisor, com um paralelamento da entrega dos itens A feito pelo almoxarifado. Esta alternativa, entretanto, só diminui as quantidades por entrega, mas não considera a possibilidade de manutenção de níveis elevados de estoque de segurança por cada supervisor. Consideramos mais eficiente a centralização e o controle da segurança no estoque da linha, por apenas um órgão embuído do espírito de minimização desta segurança.

9-5 Novo Sistema de Movimentação: Comboio

9-5.1 Introdução

O Comboio é uma proposta de solução para aumentar a eficiência da movimentação de materiais internamente à empresa, atualmente feita por empilhadeiras e paleteiras (ítem 9-3.1).

Como o leitor deve se recordar, a descrição da sistemática atual de movimentação de materiais apresentada naquele ítem, revelou as seguintes deficiências:

a) Empilhadeiras

- transporte predominantemente horizontal;
- retornos de viagem sem carga;
- baixa capacidade por viagem;
- alto investimento immobilizado no veículo transportador;
- das considerações acima depreende-se o elevado custo por unidade transportada.

b) Paleteiras

- grandes distâncias percorridas;
- retornos de viagem invariavelmente sem carga;
- inexistência de controle e dimensionamento desta atividade;
- movimentação aleatória sem programação.

Cada tipo de transporte executa serviços apenas unilateralmente, isto é, os retornos são sem carga, devido à

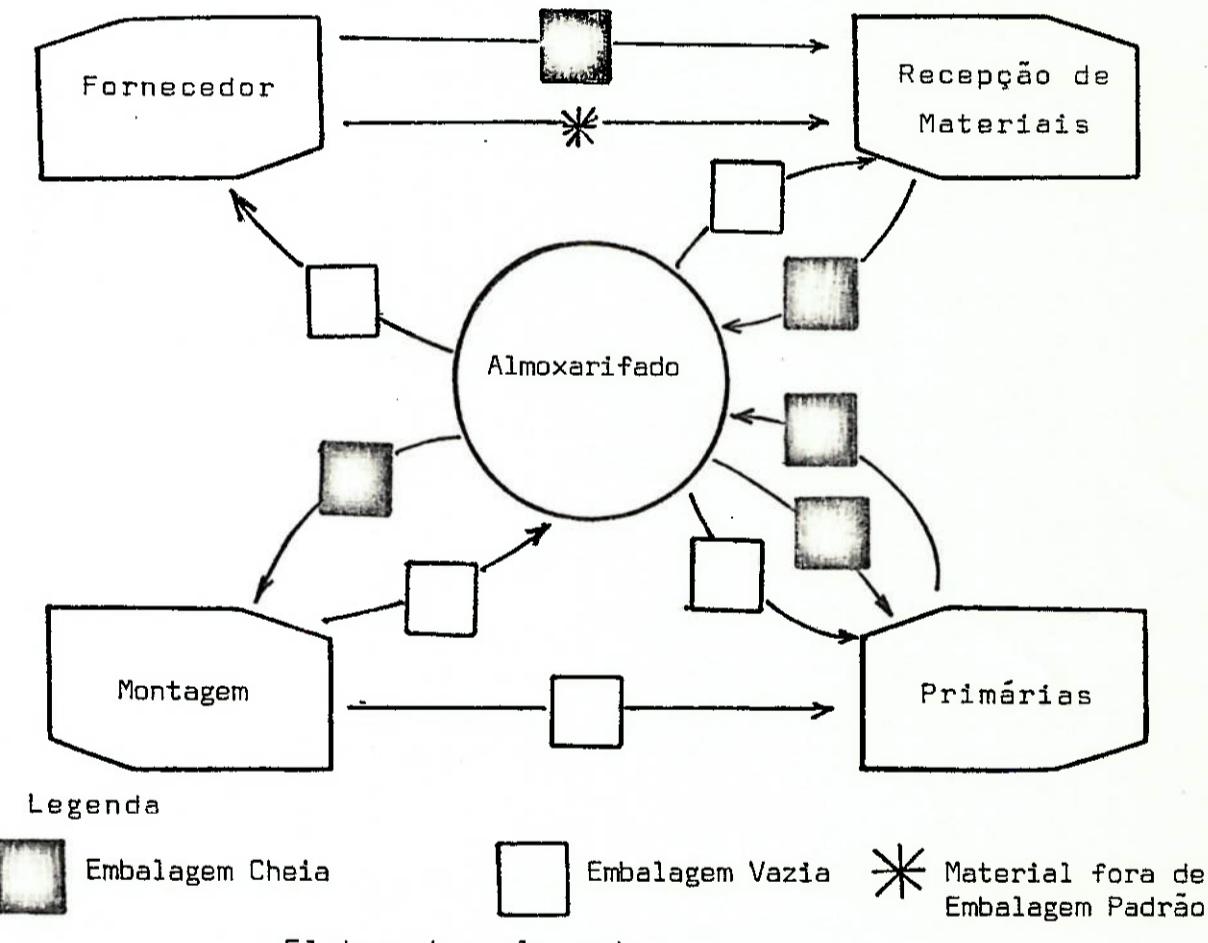
fragmentação de responsabilidades entre departamentos. Assim, a proposta do comboio vem unificar estas atividades porque por definição, o sistema de transporte deve ser global, independentemente do departamento que detém esta responsabilidade.

O comboio terá a preocupação voltada para todas as unidades a serem transportadas, independente do conteúdo: material propriamente dito, caixas vazias provenientes da des-palletização, pallets de aparelhos montados ou sucata.

A importância do retorno de caixas vazias pode ser visualizada pelo processo cíclico de circulação de caixas abaixo.

Fig. IX-21 : Fluxo de Embalagens

(Apenas Cx.A e Box Pallet)



Elaborado pelo autor.

O quadro mostra que a única fonte de caixas vazias é a Montagem; os receptores são o Fornecedor, a Recepção da empresa e as Primárias, sendo o Almoxarifado, um mero redistribuidor. As caixas vazias são "o outro lado da moeda", porque todas as entradas, logicamente, têm saídas como contrapartida. A equação de equilíbrio dos cinco sub-sistemas apresentados demonstra que em média, entradas igualam saídas. E não importa se a caixa está cheia ou não, seu transporte é igualmente trabalhoso; daí a necessidade do comboio considerar e assumir a função do transporte de caixas vazias.

A nossa intenção ao melhorar esta movimentação é mais uma vez contribuir para o objetivo deste estudo, que é a diminuição do estoque em processo. Uma movimentação eficiente e organizada contribui para este objetivo na medida em que agiliza tanto a saída como a entrada de materiais na fábrica. Na saída elimina esperas prolongadas sem necessidade e na entrada possibilita entregas mais freqüentes no momento exato, de forma a não sobrecarregar os estacionamentos de material e os postos de trabalho.

Paralelamente ao nosso objetivo principal, o Comboio trará também vantagens econômicas decorrentes da racionalização e da redução do custo por unidade transportada.

9-5.2 Funcionamento

O comboio é constituído por um rebocador ligado a carretas com um percurso específico a desenvolver. Esta rota definida passa pelos principais corredores da fábrica (Montagem e Primárias) com paradas em pontos determinados batizados como "estações".

Uma analogia ilustrativa pode ser feita em relação a um metrô, cujo trilho é a rota acima citada e os passageiros, são os diferentes tipos de carregamentos : embalagens cheias, vazias, matéria-prima, pallet de aparelhos eletrodomésticos, sucata. Em cada estação, os passageiros podem subir ou não, isto é, o comboio pode carregar ou descarregar.

Detalhando melhor a composição do comboio, descreveremos cada uma de suas partes: carreta e rebocador.

a) Carreta.

Cada carreta será dimensionada para transportar 4 embalagens (caixa A ou box pallet) empilhadas duas a duas. No caso de pallet, não sendo possível o empilhamento, a carreta poderá transportar apenas dois.

Principais Dados Técnicos:

- Dimensões: 1,25m x 2,50m.
- Capacidade: 2.500 Kg.
- Dupla lança de engate, podendo ser tracionada por ambos os lados.
- Sistema Bidirecional: No sistema bidirecional as car-



Fig. IX-22 : O Comboio; ilustração 1.



Fig. IX-23 : O Comboio: ilustração 2.

retas acompanham o raio de giro do rebocador, passando todas exatamente sobre o mesmo lugar. Este sistema permitirá o transporte de maior número de carretas e a circulação com segurança pelos corredores principais da fábrica de 3m. de largura.

b) Rebocador.

O tipo de rebocador dependerá do modo pelo qual será feita a carga e descarga das carretas.

Temos duas alternativas:

1. Empilhadeira.

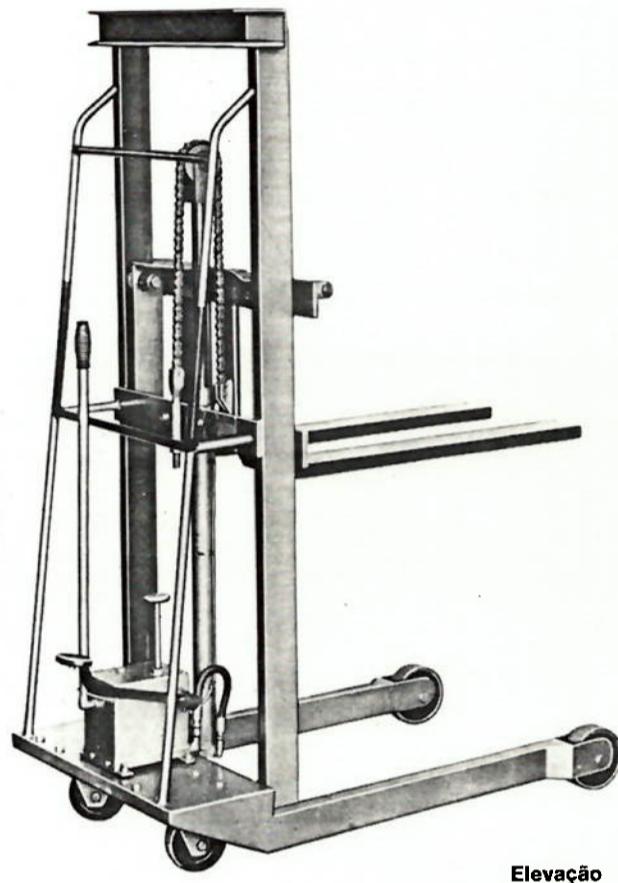
Neste caso, durante o percurso, ao passar pelas estações, a própria empilhadeira efetuaria tanto a carga como a descarga de materiais, caixas vazias ou sucata. Não haverá necessidade de desengate das carretas. Desta forma, a empilhadeira desempenhará duas funções:

- de rebocador das carretas;
- de carregador e descarregador.

2. Rebocador convencional.

Neste caso, nos pontos de parada efetuar-se-á a simples troca de carretas, desengatando carretas que chegam a seu destino e engatando as que devem ser retiradas. A carga e descarga das carretas será feita independentemente do comboio com o auxílio de empilhadeiras de deslocamento e elevação manual.

Esta alternativa exigirá uma carreta e uma empilhadeira manual para cada estação, além das carretas do comboio.



Elevação
manual e pedal

Fig. IX-24 : Empilhadeira de deslocamento e elevação manual.

O engate e desengate das carretas e todo o manuseio nas estações será feito pelos carregadores e alimentadores de linha, existentes no respectivo setor.

As carretas deverão ser preparadas no almoxarifado de forma tal que no trajeto de ida a última carreta seja a primeira a ser desengatada. Para isto, o almoxarifado ficará de posse da seqüência de paradas em estações. O carregamento das carretas exigirá do almoxarifado o cuidado de não misturar materiais com destino a estações diferentes, em uma mesma carreta (porque em cada estação o comboio deixará toda a carreta).

Na ida, o rebocador tão somente irá desengatando uma a uma as carretas nas estações, deixando para a volta o recolhimento das novas carretas. Utilizando novamente a analogia com o metrô: na ida, os passageiros apenas descem, e na volta, apenas sobem. Este procedimento apresenta a vantagem de reduzir o tempo parado do comboio em cada estação, além de possibilitar a ordenação das carretas no almoxarifado segundo a seqüência de paradas.

Tanto para sair do almoxarifado como também da fábrica, as carretas deverão ser endereçadas de forma visível ao motorista.

Empilhadeira Versus Rebocador Convencional

A primeira alternativa - empilhadeira - apresenta um custo operacional maior devido ao valor do capital inves-

tido. Além disso, o tempo de manuseio em cada estação será maior, ampliando o tempo dispendido em cada viagem. Entretanto, esta alternativa apresenta a vantagem de prescindir da aquisição de um rebocador, de carretas adicionais para as estações e de empilhadeiras de deslocamento e elevação manual. A empresa atualmente já dispõe de 5 empilhadeiras sub-utilizadas na sistemática atual, que poderiam ser remanejadas para o novo método.

Uma dessas empilhadeiras poderia ser empregada numa fase de testes do funcionamento inicial da nova sistemática de movimentação proposta. O investimento para estes testes seria baixo, de apenas algumas carretas. Se o mecanismo se provar útil, dever-se-á elaborar uma análise mais criteriosa entre as duas alternativas, com o emprego de técnicas de Engenharia Econômica, que fogem ao escopo deste trabalho.

Suporemos na seqüência desta exposição que será utilizada a alternativa rebocador com troca de carretas nos pontos de parada, porque acreditamos que a alta eficiência e o baixo custo operacional compensarão o investimento inicial nos rebocadores, empilhadeiras manuais e carretas.

9-5.3 Rota, Estações e Número Diário de Viagens

Haverá uma rota para cada um dos dois edifícios fabris: Primárias e Montagem. Assim, o Comboio percorrerá alternativamente as duas fábricas de acordo com a parcela que cada uma participa na movimentação total. A distribuição será aproximadamente a seguinte (de acordo com o item 9-2.2):

Primárias: 40%

Montagem : 60%

Não existem muitas alternativas para o estabelecimento do percurso, pois o layout atual contém dois corredores largos nas Primárias e um na Montagem. Futuras alterações do layout poderão contribuir para uma melhoria na movimentação do Comboio.

As duas rotas juntamente com as estações podem ser visualizadas nos layouts anexos (figuras IX-25 e IX-26).

Haverá 3 estações nas Primárias e 4 na Montagem, distribuídas de forma a atender aos seguintes departamentos:

Primárias:

- 1- Fundição, Polimento, Galvanoplastia, Grades e Resistência.
- 2- Estamperia, Tornearia e Usinagem leve.
- 3- Plástico, Baquelite e Preparo de Conjuntos.

Montagem:

- 1- Montagem: enceradeiras, aspiradores de pó, secadores de cabelo, tostadeiras, espremedores de frutas.
- 2- Montagem: ventiladores, batedeiras, liqidificadores.
- 3- Estatores, Motores e Montagem de Ferros Automáticos.
- 4- Rotores.

A criação destas estações dispensa alteração de layout, pois já existem lugares atualmente que comportam com facilidade duas ou três carretas. Estes espaços se tornarão ainda maiores quando, através da Alimentação Programada, houver uma redução do nível médio de estoques.

Com a nova sistemática de movimentação os estacionamentos de cada linha deixarão de ser alimentados diretamente pelas empilhadeiras, sendo a ligação estação - estacionamento feita por alimentador ou carregador com o auxílio de paleteira.

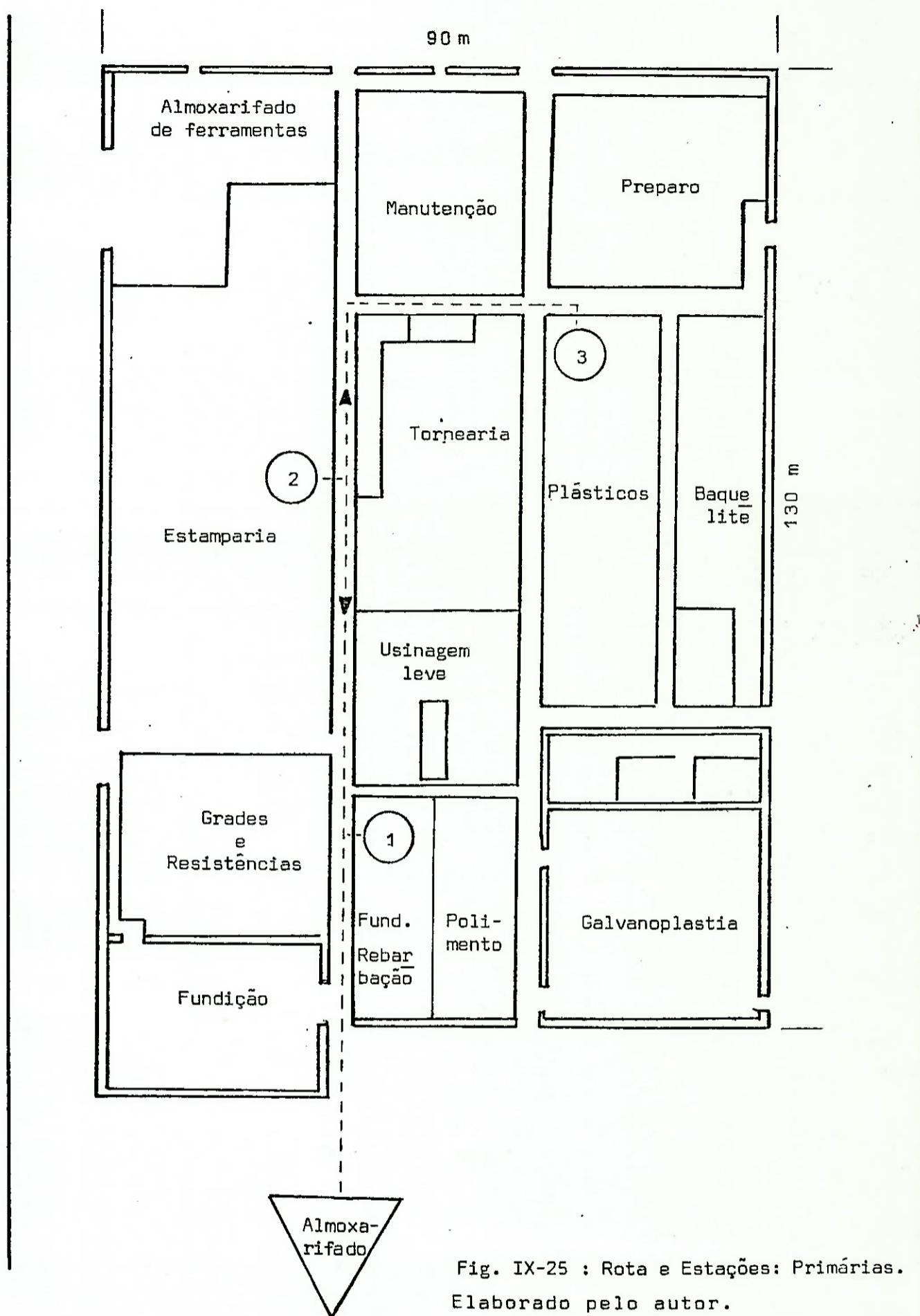


Fig. IX-25 : Rota e Estações: Primárias.
Elaborado pelo autor.

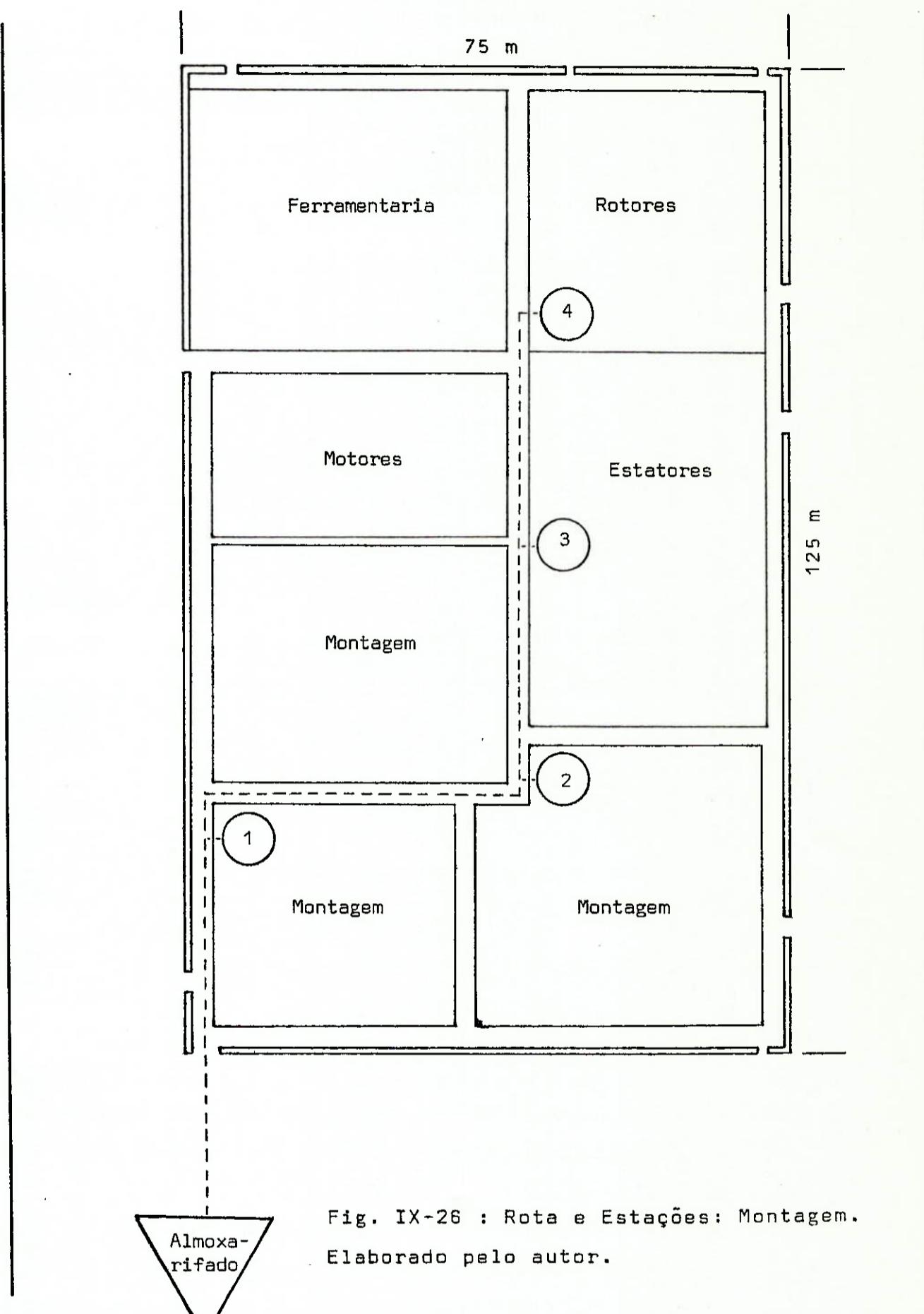


Fig. IX-26 : Rota e Estações: Montagem.
Elaborado pelo autor.

Almoxa-
rifado

*Tempo de Percurso por Rota:**a) Distância - Tempo de deslocamento.*

A distância percorrida, ida e volta, em cada rota, será:

$$\text{Primárias: } 150 \times 2 = 300\text{m.}$$

$$\text{Montagem: } 160 \times 2 = 320\text{m.}$$

A rota tem um percurso fixo, pois deve passar por todas as estações.

Supondo uma velocidade média de 10 Km/h, teremos os seguintes tempos de deslocamento:

$$\text{Primárias: } 1,8 \text{ min.}$$

$$\text{Montagem: } 1,9 \text{ min.}$$

b) Estações e Almoxarifado - Tempo de manuseio.

Supondo que o tempo médio por manuseio (engate ou desengate das carretas) seja 0,5 minutos, o tempo total de manuseio será dado por:

$$\begin{aligned} \text{tempo total de manuseio} &= 0,5 \text{ min} \times \text{nº de estações} \times 2 \\ &\quad + 0,5 \text{ min} \\ &\quad \downarrow \qquad \downarrow \\ &\quad (\text{ida e volta}) \quad (\text{almoxarifado}) \end{aligned}$$

Assim

$$\text{Primárias: } 0,5 \times 3 \times 2 + 0,5 = 3,5 \text{ min.}$$

$$\text{Montagem: } 0,5 \times 4 \times 2 + 0,5 = 4,5 \text{ min.}$$

c) Tempo de percurso por rota.

Será a soma do tempo de deslocamento com o tempo de manuseio:

Primárias: 5,3 min.

Montagem : 6,4 min.

(A média ponderada de acordo com o número de viagens por rota é 5,9 min).

Número Diário de Viagens:

Cada carreta tem capacidade para 4 embalagens (caixa A ou box pallet) ou 2 pallets. Supondo que normalmente sejam rebocadas de 2 a 3 carretas (em média 2,5) com três unidades cada, teremos em média 7,5 unidades sendo movimentadas em cada ida ou retorno do Comboio.

Para atender o Quadro de Movimentação Agregada (item 9-2.2), utilizando as hipóteses acima, será necessário o seguinte número de viagens por dia:

Primárias: $950 \div 5 \div 7,5 = 25$ viagens/dia.

Montagem : $1165 \div 5 \div 7,5 = 30$ viagens/dia.

Tempo total diário:

Primárias: $25 \times 5,3 = 132$ min.

Montagem : $30 \times 6,4 = 192$ min.

Total 324 min ou 5,4 h.

Como a jornada de trabalho é de 9,6 horas, um comboio apenas será capaz de atender com folga à movimentação de materiais.

9-5.4 Vantagens Operacionais

a) Unificação da movimentação interna.

O Comboio unificará toda a movimentação interna da empresa por constituir um veículo transportador para todo tipo de carga:

- embalagens com material;
- pallets com matéria-prima;
- retorno de embalagens vazias;
- pallets de aparelhos eletrodomésticos;
- sucata.

Esta integração de operações de movimentação contrasta com as soluções específicas e isoladas atualmente empregadas.

b) Associação com a Alimentação Programada.

As duas soluções propostas neste capítulo, Alimentação Programada e Comboio, estão intimamente relacionadas. De um lado, o Comboio possibilitará uma alimentação mais freqüente de forma a diminuir o nível médio de estoque nas duas fábricas. Por outro lado, através da Alimentação Pro-

gramada será possível preparar, com antecedência, as carretas no Almoxarifado. Desta forma esta associação permitirá entregas pontuais e a eliminação de tempo ocioso do rebocador na operação de carga no Almoxarifado.

c) Multiplicação da Capacidade.

O sistema Comboio multiplica a capacidade de operação do veículo rebocador, possibilitando muito mais transporte com bem menos combustível. A unidade motora pode puxar uma carga muitas vezes superior àquela que ela mesma poderia suportar, pois a carga está distribuída por diversas carretas. Enquanto o investimento vinculado à unidade motora é oneroso, no caso das carretas ele é relativamente reduzido.

d) Racionalização na Movimentação.

A movimentação através de estações proporcionará a rationalização do transporte de todos os tipos de carga. O sistema via estações, contrapõe-se ao sistema vigente de ligação direta origem destino. Serão eliminados a alimentação direta de cada estacionamento de linha, por empilhadeira, e o retorno direto e aleatório de embalagens vazias, material e aparelhos para o Almoxarifado, através de paleteira, próprios do atual sistema.

e) Economia no Transporte Almoxarifado → Fábricas feito por empilhadeira.

Quadro IX-27 : Transporte Almoxarifado → Fábricas.

Elaborado pelo autor.

	atual (dados da empresa)	proposta (valores estimados)
tempo médio por viagem (min)	2,9	5,9
embalagens movimentadas em média por viagem	1,7	7,5
tempo médio por embalagem (min)	1,7	0,8

O tempo médio de movimentação por embalagem foi reduzido para a metade do valor atual. Isto significa que o Comboio poderá executar a tarefa de duas empilhadeiras.

Atualmente a utilização destes veículos é a seguinte:

- 2 - Montagem
- 1 - Primárias
- 1 - Sucata

Nossas estimativas mostram que o Comboio necessita diariamente de apenas 5,4 horas para a movimentação de materiais na Montagem e nas Primárias. Este valor, associado à baixa utilização dessas empilhadeiras, nos leva a crer que, com a racionalização proposta, o Comboio poderá gradativamente acumular a função destes quatro veículos.

6) Economia no Transporte Fábricas —→ Almoxarifado feito por carregadores com carrinho de mão (paleteira).

- distância média: 130m (dado da empresa)
- ida e volta: 260m
- velocidade de deslocamento do carregador: 3.000m/h
- tempo de deslocamento por viagem: 5,2 min
- unidades movimentadas por semana {
 - caixa vazia (Montagem): 270
 - pallet aparelho (Montagem): 910
 - caixa com material (Primárias): 950
 - Total: 2.130
- economia semanal: 185 h.

Isto implica economia de quatro carregadores.

CAPÍTULO X

CONCLUSÃO

Consideramos atingido o objetivo do trabalho : levantar as causas e propor soluções para o problema do estoque em processo.

A consecução deste objetivo deve-se à preocupação com a busca exaustiva das causas e não apenas dos sintomas do problema. O ataque a estas causas foi sintetizado em 4 soluções de aplicabilidade genérica.

De fato, conseguimos neste trabalho desenvolver uma metodologia para tratamento do problema de estoque em processo, aplicável a qualquer indústria que o apresente. Esta capacidade de generalização independe do grau de verticalização da atividade, desde uma empresa apenas montadora, até uma empresa bastante integrada.

Na aplicação deste estudo de estoque em processo a outras empresas, recomendamos a utilização da mesma

ordem de precedência das soluções aqui apresentadas: Planejamento, Programação, Fluxo e Manuseio. A ordem de apresentação dos capítulos deste trabalho não foi arbitrária. Esta sequência privilegia as soluções estratégicas, garantindo o estabelecimento das diretrizes que nortearão a implementação das outras soluções.

A exposição do trabalho em reunião com o Diretor Industrial da Philips, bem como o Gerente do TEO - Wallita, sob cuja supervisão o estudo foi elaborado, teve boa aceitação e o trabalho recebeu incentivo para seu prosseguimento e aplicação.

B I B L I O G R A F I A

1. APPLE, James M. Plant Layout and Material Handling. 3ed. New York, Wiley, 1977.
2. BACKER, Morton; JACOBSEN, Lyle E. Contabilidade de Custos - McGraw-Hill do Brasil, 1978. v.1.
3. BARNES, Ralph M. Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida do Trabalho. 6ed. São Paulo, Blücher, 1977 .
4. BOUCINHAS & CAMPOS-CONSULTORES S/C LTDA. Curso de Planejamento, Programação e Controle da Produção. São Paulo . Apostila.
5. BUCHAN, Joseph; KOENIGSBERG, Ernest. Scientific Inventory Management. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall , 1963.
6. BUFFA, Elwood S.; TAUBERT, William H. Production Inventory Systems: Planning and Control. Homewood, Ill. Irwin. Rev. ed. 1976.
7. BUFFA, Elwood S.; MILLER, Jeffrey G. Production Inventory Systems: Planning and Control. Homewood, Ill. Irwin. 3ed. 1979.
8. CHURCHMAN, C. West. Introdução à Teoria dos Sistemas. 2 ed. Petrópolis, Vozes, 1971.
9. CONWAY, Richard W.; MAXWELL, William L.; MILLER, Louis W. Theory of Scheduling. Reading, Mass. Addison - Wesley . 1967.

10. FLEISCHER, Gerald A. Teoria da Aplicação do Capital: um estudo das decisões de investimento. São Paulo, Blücher, 1973.
11. HABERKORN, Ernesto M. Introdução à Análise de Sistemas. 3ed. São Paulo, Atlas, 1979.
12. HADLEY, G.; WHITIN, T.M. Analysis of Inventory Systems. New Jersey, Prentice-Hall, 1963.
13. HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. Operations Research. 2ed. San Francisco, Holden-Day, 1974.
14. JOHNSON, Lynwood A.; MONTGOMERY, Douglas C. Operations Research in Production Planning, Scheduling, and Inventory Control. New York, Wiley, 1974.
15. KRICK, Edward V. Métodos e Sistemas. Rio de Janeiro , Livros Técnicos e Científicos, 1971. v.1.
16. LUCK, David J. Política e Estratégia de Produto. 1ed. São Paulo, Atlas, 1975.
17. MAGEE, John F. Planejamento da Produção e Controle de Estoques. São Paulo, Pioneira, 1967.
18. MOURA, Reinaldo A. Sistemas e Técnicas de Movimentação e Armazenagem de Materiais. São Paulo, Fei, Idort.

19. MUTHER, Richard. Planejamento do Layout: Sistema SLP. São Paulo, Blücher, 1978.
20. SBRAGIA, Roberto. Algumas características da estrutura matricial. Revista de Administração. São Paulo, FEA-USP. 1978. v.13. pág.45 a 66.
21. STARR, Martin K. Administração da Produção. São Paulo, Blücher, 1976.
22. VASCONCELLOS, Eduardo. Como gerir a empresa que lida com inovação. Exame. 23/5/79. pág. 104.
23. ZACCARELLI, Sérgio Baptista. Programação e Controle da Produção. 5ed. rev. e aum. São Paulo, Pioneira, 1979.
24. ZAITZ, Mauro. Dimensionamento agregado de estoques através da programação geométrica. São Paulo, Escola Politécnica, 1977.