

**ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**TRABALHO DE FORMATURA**

**PARAMETRIZAÇÃO DE UM SISTEMA MRPII  
EM UMA INDÚSTRIA TÊXTIL**

**PAULO LOFRANO MALAGUTTI**

**ORIENTADOR: IRINEU G. N. GIANESI**

**1995**

*XF-1995  
M29P*

**Aos meus pais  
e ao meu irmão.**

## Agradecimentos

- Ao Professor Irineu G. N. Ganesi, pela atenção e dedicação na orientação deste Trabalho e pelos ensinamentos transmitidos.
- A todos os Professores da Escola Politécnica, especialmente aos Professores do Departamento de Engenharia de Produção, pelos conhecimentos transmitidos e pelo exemplo profissional.
- Aos amigos e colegas da Poli, pelo companheirismo, pela amizade e pela agradável troca de idéias ao longo do curso.
- Ao Sr. Ailton B. Paizani, ao Sr. Adolpho R. Kelm e ao Sr. Marcos Guido de Oliveira, pela oportunidade de desenvolver um trabalho muito gratificante e de crescer profissionalmente.
- Aos amigos e colegas da empresa onde se realizou o estágio, pela convivência alegre e pelo aprendizado.
- A todos do Departamento de Engenharia de Produção e do Xerox.
- À minha família, pelo amor, pela compreensão e pelo apoio constantes e pela educação que me proporcionou.

## **Sumário**

O Trabalho consiste na parametrização de um sistema MRPII numa indústria têxtil.

Para atingir este objetivo, o autor apresenta aspectos gerais referentes ao sistema MRPII e realiza uma revisão bibliográfica dos conceitos relacionados ao tema.

A partir dos conceitos pesquisados e da observação da situação atual da empresa, é feito um levantamento dos pontos relevantes para a definição dos parâmetros.

Em seguida, respeitando-se as peculiaridades do caso concreto, os parâmetros são dimensionados e o autor aponta as vantagens obtidas, sendo que, além disso, são detectados pontos de melhoria para o sistema produtivo e é apresentada a metodologia utilizada ao longo do Trabalho.

Assim, o autor atinge o objetivo de parametrizar o sistema MRPII da empresa.

## **Resumo dos capítulos**

### **Capítulo 1**

Neste capítulo, será feita uma apresentação da empresa, dos seus produtos, dos seus fornecedores e do seu processo produtivo. Além disso, o autor discorrerá sobre o estágio e sobre o Trabalho de formatura, tratando também da metodologia e dos objetivos deste.

### **Capítulo 2**

Este capítulo conterá uma revisão bibliográfica dos objetivos, requisitos e vantagens do sistema MRPII e apresentará aspectos relativos à implantação do sistema, tais como: os objetivos que a empresa deseja atingir com a implantação e as vantagens da forma de implantação, entre outros aspectos.

### **Capítulo 3**

O autor faz uma revisão bibliográfica dos conceitos e dos modelos de tamanho de lote e de estoques e tempos de segurança, comentando os principais aspectos relacionados ao tema.

### **Capítulo 4**

Traz uma descrição da situação atual da empresa, destacando as funções, as políticas e os parâmetros que mais se relacionam com o sistema MRPII , permitindo uma visualização das práticas atuais da organização.

### **Capítulo 5**

Contém a parametrização do tamanho de lote e do tempo de fabricação, indicando os fatores e as restrições consideradas para a realização desta atividade e as vantagens obtidas pelo modelo adotado.

### **Capítulo 6**

Neste capítulo é realizado o levantamento das incertezas associadas a cada etapa do processo produtivo, obtendo-se a parametrização dos estoques e tempos de segurança.

Também são apresentadas metodologias para definir a periodicidade de revisão dos parâmetros e diretrizes gerais para analisar, dimensionar, posicionar e monitorar os estoques e tempos de segurança.

## **Capítulo 7**

Este capítulo reúne as propostas de melhorias efetuadas pelo autor, as conclusões sobre as parametrizações e as contribuições do Trabalho de Formatura, fornecendo uma visão geral do Trabalho realizado e dos resultados obtidos.

## Indice

<b>1 - Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 - A empresa e suas características	2
1.1.1 - Breve apresentação	2
1.1.2 - Principais departamentos	3
1.1.3 - Produtos e mercado	5
1.1.4 - Fornecedores	7
1.1.5 - Processo produtivo	8
1.2 - Projetos em curso	9
1.3 - O estágio	11
1.4 - O Trabalho de Formatura	13
1.4.1 - Metodologia do Trabalho	14
1.4.2 - Objetivos do Trabalho	14
<b>2 - Aspectos gerais relativos ao MRPII e à empresa</b>	<b>15</b>
2.1 - Introdução	16
2.2 - Vantagens e limitações do MRPII	16
2.3 - Objetivos do MRPII	18
2.4 - Requisitos do MRPII	20
2.5 - O MRPII e a empresa	24
2.5.1 - Objetivos do sistema MRPII na empresa	24
2.5.2 - Dificuldades na implantação do sistema MRPII	26
2.5.3 - Vantagens da forma de implantação	27
2.6 - A importância dos parâmetros do sistema MRPII	28
<b>3 - Parâmetros do MRPII: revisão bibliográfica</b>	<b>31</b>
3.1 - Tamanho de lote	32
3.1.1 - Aspectos gerais	32
3.1.2 - Lote por lote	35
3.1.3 - Wagner-Whitin	37
3.1.4 - Silver-Meal	37
3.1.5 - Economic Order Quantity	38
3.1.6 - Periodic Order Quantity	39
3.1.7 - Part Period Algorithm	39
3.1.8 - Least Unit Cost	40
3.1.9 - Part Period Balancing	41
3.1.10 - Least Total Cost	41
3.1.11 - McLaren's Order Moment	42
3.1.12 - Modelo Heurístico de Blackburn-Millen	43
3.1.13 - Programação linear / Programação inteira	44
3.1.14 - Modelo de Aucamp	46
3.1.15 - Comentários finais	46
3.2 - Estoques de segurança e tempos de segurança	49
3.2.1 - Aspectos gerais	49
3.2.2 - Métodos quantitativos	56
3.2.3 - Análises qualitativas	58
3.2.4 - Comentários finais	60

<b>4 - Descrição da situação atual da empresa</b>	<b>62</b>
4.1 - Introdução	63
4.2 - Função planejamento e programação da produção	63
4.3 - Função vendas	65
4.4 - Função compras	66
4.5 - Tamanho de lote	67
4.6 - Política de estoques e estoque mínimo	69
4.6.1 - Considerações gerais	69
4.6.2 - Estoque de produtos acabados	70
4.6.3 - Estoque de corantes e produtos químicos	70
4.6.4 - Estoque de fios	71
4.6.5 - Estoque de pano cru	72
4.6.6 - Almoxarifado geral	73
4.6.7 - Resumo	73
4.7 - Tempo de fabricação	74
<b>5 - Parametrização do tamanho de lote e do tempo de fabricação</b>	<b>77</b>
5.1 - Introdução	78
5.2 - Considerações gerais sobre a implantação	78
5.3 - Parametrização do tamanho de lote	80
5.3.1 - Considerações iniciais	80
5.3.2 - Modelo a ser utilizado para o lote de fabricação	83
5.3.3 - Vantagens do modelo empregado	86
5.3.4 - Modelo a ser empregado para o lote de compra	86
5.4 - Parametrização do tempo de fabricação	87
5.4.1 - Planilha de cálculo	89
<b>6 - Parametrização dos estoques e tempos de segurança</b>	<b>93</b>
6.1 - Introdução	94
6.2 - Diagnóstico das incertezas associadas aos estoques e tempos de segurança	94
6.2.1 - Considerações iniciais	94
6.2.2 - Incertezas quanto ao estoque de fios	98
6.2.3 - Incertezas quanto ao estoque de corantes	102
6.2.4 - Incertezas quanto ao estoque de pano cru	107
6.2.5 - Incertezas quanto ao estoque de produtos acabados	111
6.3 - Periodicidade de revisão dos estoques e tempos de segurança	117
6.4 - Metodologia para análise, dimensionamento e posicionamento dos estoques e tempos de segurança	118
6.5 - Dimensionamento dos estoques e tempos de segurança para o caso concreto (parametrização)	121
6.5.1 - Malharia plana	122
6.5.2 - Malharia circular	126
6.5.3 - Vantagens do modelo escolhido	129
6.6 - Monitoramento dos estoques e tempos de segurança	129
<b>7 - Conclusões</b>	<b>131</b>
7.1 - Considerações iniciais	132

7.2 - Principais problemas encontrados e propostas de melhoria	132
7.3 - Conclusões a respeito da parametrização	136
7.4 - Contribuições do Trabalho de Formatura	139
<b>Bibliografia</b>	<b>141</b>

## Índice de figuras

Figura 1.1: Organograma da empresa (principais departamentos e funções)	5
Figura 1.2: Fluxograma do processo produtivo da tecelagem	9
Figura 3.1: Estruturas de produtos	44
Figura 3.2: Tabela comparativa dos modelos de tamanho de lote pesquisados	47
Figura 3.3: Gráfico ilustrativo da função do estoque de segurança	52
Figura 3.4: Registro do MPS sem considerar estoque de segurança	53
Figura 3.5: Registro do MPS considerando estoque de segurança	54
Figura 3.6: Registro do MPS sem considerar tempo de segurança	55
Figura 3.7: Registro do MPS considerando tempo de segurança	55
Figura 4.1: Tabela da capacidade das máquinas de tingimento	68
Figura 4.2: Tabela com o tamanho dos estoques mínimos em quilos	73
Figura 5.1: Tabela da capacidade das máquinas de tingimento	82
Figura 5.2: Local que condiciona o tamanho do lote de fabricação	83
Figura 5.3: Tabela com os lotes escolhidos para a fabricação	85
Figura 5.4: Planilha de cálculo da produção horária	91
Figura 5.5: Relatório emitido pela planilha	92
Figura 6.1: Tabela das incertezas associadas a cada estoque	95
Figura 6.2: Tabela com as incertezas relacionadas ao estoque de fios da malharia plana	99
Figura 6.3: Tabela com as incertezas relacionadas ao estoque de fios da urdideira	100
Figura 6.4: Tabela com as incertezas relacionadas ao estoque de fios da malharia circular	102
Figura 6.5: Curva ABC dos corantes para tecidos da malharia plana	103
Figura 6.6: Tabela com as incertezas relacionadas ao estoque de corantes da malharia plana	104
Figura 6.7: Curva ABC dos corantes para tecidos da malharia circular	105
Figura 6.8: Tabela com as incertezas relacionadas ao estoque de corantes da malharia circular	107
Figura 6.9: Tabela com as famílias de tecidos da malharia plana	108
Figura 6.10: Tabela com as incertezas relacionadas ao estoque de pano cru da malharia plana	109
Figura 6.11: Tabela com as famílias de tecidos da malharia circular	110
Figura 6.12: Tabela com as incertezas relacionadas ao estoque de pano cru da malharia circular	111
Figura 6.13: Tabela com as famílias de produtos acabados da malharia plana	112
Figura 6.14: Tabela com as incertezas relacionadas ao estoque de produtos acabados da malharia plana	114
Figura 6.15: Tabela com as famílias de produtos acabados da malharia circular	115

Figura 6.16: Tabela com as incertezas relacionadas ao estoque de produtos acabados da malharia circular	117
Figura 6.17: Parametrização dos estoques e tempos de segurança da malharia plana	125
Figura 6.18: Parametrização dos estoques e tempos de segurança da malharia circular	128

# Capítulo 1

---

## Introdução

## 1.1 - A empresa e suas características

### 1.1.1 - Breve apresentação

A história da empresa, na qual se realizou o estágio, começou, na década de 50, com a compra e a instalação dos primeiros teares num prédio do bairro do Brás, em São Paulo.

Depois de alguns anos, a empresa mudou sua fábrica para um bairro da zona norte da cidade, onde continua instalada até os dias de hoje.

Ao longo de sua história, a empresa já fez tecidos de puro algodão e de outros materiais, mas, hoje, concentra as suas atividades na produção de tecidos sintéticos, sendo uma das poucas tecelagens que utilizam o fio Lycra® da Du Pont.

O próprio desenvolvimento da empresa favoreceu a formação de uma organização com estrutura familiar, hierárquica e com as decisões centralizadas na pessoa dos presidentes e dos diretores, que pertencem à família proprietária. Desse modo, as decisões de cunho econômico ou de investimentos são tomadas pela presidência e pela diretoria, sendo que este quadro começa a sofrer modificações, em virtude do trabalho de consultorias externas, que estão induzindo à profissionalização da empresa.

A participação dessas consultorias começou em 1992, com a necessidade de redução de custos. Nessa época, a Du Pont, fornecedora do elastano, que é uma matéria-prima muito importante para a empresa fazer os seus tecidos, começou a ajudar os seus clientes a organizar melhor as suas fábricas, a reduzir o quadro de funcionários e a focalizar a sua atuação no mercado, o que diminuiria o risco da abertura do mercado brasileiro às importações, tanto para as tecelagens quanto para a Du Pont.

Com isso, muitos projetos foram iniciados e efetuou-se a contratação de vários funcionários com experiência no setor e com passagem por grandes empresas.

A fábrica, atualmente, conta com 650 funcionários no total e fatura algo em torno de 100 milhões de reais por ano, tendo um parte instalado composto por teares de tecidos planos e circulares, ramas de fixação e de acabamento, máquinas de tingimento e máquinas para revisão de tecidos acabados.

### 1.1.2 - Principais departamentos

Para dar suporte a todas as atividades da empresa, ela possui uma diretoria de marketing, uma diretoria industrial, departamento de modas, de compras, de cobrança, de vendas, de finanças, de PCP, de tinturaria, de malharia circular, de malharia plana, de qualidade e de informática, além de um setor de manutenção e um departamento de contabilidade.

A **diretoria de marketing** coordena as atividades de vendas da empresa, buscando aumentar a participação dos produtos no mercado e fazendo a interface comercial da empresa com os principais clientes.

A **diretoria industrial** controla os aspectos relativos à produção, influenciando nas decisões a respeito do mix e das quantidades produzidas, mantendo contato com os fornecedores de matérias-primas (fios, corantes e produtos químicos), centralizando a compra de fios, e decidindo sobre os novos investimentos em equipamentos e insumos.

O **departamento de modas** faz a pesquisa das tendências do mercado, coletando informações em feiras e junto aos clientes e fornecedores. Dessa forma, esse departamento é o responsável pela criação de novos produtos, traduzindo as necessidades do mercado para os departamentos de produção.

O **departamento de compras** é o responsável pela aquisição dos materiais de consumo interno, dos materiais indiretos para a produção, ou seja, das peças de reposição das máquinas, e dos corantes e produtos químicos.

O **departamento de cobrança** controla o pagamento dos clientes e as duplicatas, trabalhando em conjunto com o departamento de finanças.

O **departamento de vendas** administra a atividade dos vendedores da empresa e dos seus representantes espalhados por todo o Brasil, acompanhando o volume de vendas de cada um e fixando metas de vendas, além de cuidar da seleção de novos representantes e do descredenciamento dos representantes atuais que não cumprem as metas fixadas. Na relação com os representantes, o departamento de vendas atua em conjunto com a diretoria de marketing porque os representantes são a principal força de vendas da empresa.

O departamento de finanças exerce as suas funções habituais, gerenciando o fluxo de caixa, a relação com os bancos e as contas a pagar.

O departamento de PCP responde pelo planejamento, pela programação e pelo controle da produção das malharias e da tinturaria e gerencia, com o auxílio do departamento de informática, o projeto de implantação do sistema MRPII na empresa. É neste projeto de implantação que será desenvolvido o presente Trabalho, que conta com a ativa e intensa participação do autor.

O departamento de tinturaria engloba as atividades de tingimento, de fixação e de acabamento dos tecidos. Além disso, ele elabora as receitas de tingimento e de acabamento, indica os corantes e produtos químicos a serem comprados, cuida do recebimento e da armazenagem desses produtos e participa das decisões relacionadas à compra de novos equipamentos para a modernização do parque fabril. No desempenho das suas funções, o gerente de tinturaria conta com o auxílio de supervisores de tingimento, de fixação e acabamento e de estoques.

O departamento de malharia circular é responsável pela produção de tecidos com elastano e algodão, que é o chamado “cotton-lycra”, e com elastano e poliéster, além de controlar os estoques e o recebimento desses fios e indicar as quantidades que devem ser compradas para o próximo período. Essa malharia recebe o nome de circular porque os tecidos saem das máquinas com as extremidades unidas, formando enormes tubos cilíndricos.

O departamento de malharia plana produz os tecidos com poliamida e elastano, os quais saem das máquinas em grandes rolos e com formato plano. Este departamento também administra os seus estoques, recebe os seus fios e indica as quantidades a serem compradas para o próximo período.

O departamento de qualidade faz o controle de qualidade dos produtos acabados, verificando se existem defeitos e classificando o produto, de acordo com os defeitos, em artigo de 1a., 2a. ou 3a. qualidade. Vale frisar que a empresa realiza apenas a inspeção de qualidade do produto final, executando-a em 100% dos produtos.

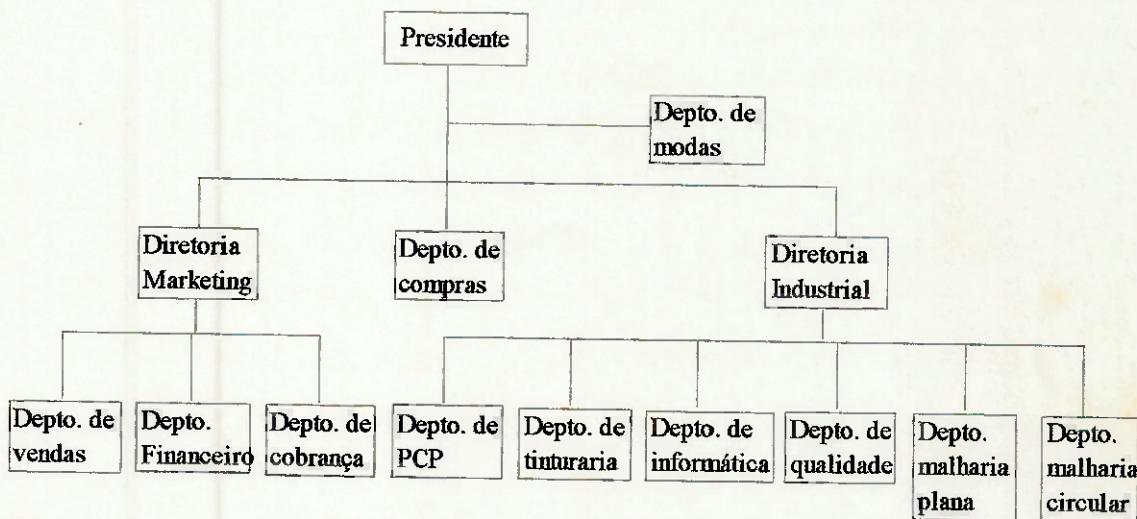
O departamento de informática é responsável pelo bom funcionamento e pelos ajustes necessários no “software” usado na área administrativa e pelo “software” que faz a comunicação da empresa com os seus representantes, via “modem”. Atualmente, o gerente de informática também está acumulando a gerência do projeto

MRPII, sendo que as adaptações no “software” do MRPII também estão sob sua responsabilidade.

O setor de manutenção faz as manutenções cotidianas nas máquinas e nas instalações da empresa.

O departamento de contabilidade exerce as atividades típicas deste setor, emitindo notas fiscais de devolução, lançando o livro fiscal, entre outras.

A interrelação destes departamentos pode ser visualizada por meio do organograma que é apresentado a seguir e que engloba os principais departamentos e funções na empresa:



**Figura 1.1: Organograma da empresa (principais departamentos e funções)**  
Elaborado pelo autor

### 1.1.3 - Produtos e mercado

A empresa é uma indústria têxtil que fabrica tecidos que utilizam, predominantemente, fios sintéticos. Seus produtos incluem tecidos com poliamida e elastano, algodão e elastano, e elastano e poliéster.

Em virtude de restrições de máquina, o primeiro tipo de tecido é fabricado na malharia plana e os dois últimos, na malharia circular.

A linha de produtos da empresa, que conta com 40 produtos em cru e mais de 900 produtos finais, ou seja, produtos já tingidos, sofre constantes modificações, que são causadas:

- pela interrupção da produção de alguns artigos e/ou cores, que deixam de ser demandados pelos clientes; e,
- pela introdução de novos artigos e/ou cores, que, apresentam características diferentes de “toque”, de elasticidade e de uso.

Os produtos são divididos em famílias, conforme o uso a que se destinam.

Desse modo, existe:

- a família elastano-lingerie, que agrupa os tecidos com elastano e poliamida, destinados à produção de lingerie;
- a família elastano-praia, composta por tecidos com elastano e poliamida, empregados na produção da moda praia;
- a família algodão-elastano, que utiliza fios de algodão e elastano e que é vendida para a fabricação de roupas para a linha “outwear” (“tops”, bermudas, “leggins”);
- a família algodão-lingerie, que engloba os tecidos finos e leves produzidos a partir do algodão e do elastano e que são destinados à confecção de lingerie;
- a família poliéster-elastano, que é usada para fazer roupas de aeróbica.

Com essa linha de produtos, que é vendida em diversas cores, a empresa mantém, há alguns anos, um “market-share” de 22%, no mercado de tecidos que atua, e atende, no Brasil todo, os confeccionistas de:

- ⇒ moda praia;
- ⇒ moda lingerie (“underwear”);
- ⇒ moda aeróbica (“activewear”);
- ⇒ moda esportiva (“sportswear”).

Esse mercado é formado por grandes, médios e pequenos confeccionistas e apresenta uma demanda sazonal, com ciclos normalmente definidos, visto que, pelas próprias características e usos dos produtos, as suas demandas são maiores na

primavera e no verão e são menores no outono e no inverno, embora o Nordeste solicite artigos ao longo de todo o ano.

No entanto, existem alguns pares produto-cor que apresentam uma demanda muito parecida ao longo do ano, sendo produzidos para estoque. Além disso, outra característica que afeta a demanda são as “cores da moda” porque algumas cores são utilizadas apenas em uma estação do ano e logo “saem de moda”, o que dificulta o planejamento e a programação da produção e leva a constantes alterações na cartela de cores da empresa.

Os clientes, acima mencionados, admitem aguardar alguns dias para ter o seu pedido em mãos e alguns deles programam compras com alguns meses de antecedência, sendo que eles valorizam muito as características do produto porque estas influenciam diretamente na qualidade do seu produto final e na eficiência do seu processo de fabricação. Entretanto, entregas mais rápidas e mais pontuais podem aumentar a vantagem competitiva da empresa.

#### **1.1.4 - Fornecedores**

As principais matérias-primas são fornecidas por grandes empresas multinacionais que dominam ou monopolizam o seu segmento de mercado, destacando-se: a Du Pont, a Hoescht, a Fibra, a Ciba, a Basf e a Rhodia.

Esses fornecedores apresentam características diferentes de fornecimento, visto que alguns entregam os produtos comprados nos prazos e nas quantidades corretas e com as características de qualidade desejadas, ao passo que, outros enviam os produtos fora do prazo combinado (existindo atrasos de mais de 15 dias !!) e/ou fora dos padrões necessários de qualidade e/ou nas quantidades erradas.

Um dos maiores fornecedores da empresa está auxiliando um trabalho de reengenharia, visando reduzir os custos e direcionar melhor a atividade produtiva da empresa. Com isso, surgiram vários projetos, dentre eles o projeto de implantação do sistema MRP II e o projeto de modernização do parque industrial.

A participação desse fornecedor está levando a uma profissionalização do quadro gerencial, a uma informatização da empresa e a novos investimentos em equipamentos, tendo como objetivo aumentar o “market share” da empresa.

### 1.1.5 - Processo produtivo

Em linhas gerais, o processo produtivo da empresa começa com o tecimento dos fios na malharia, obtendo-se o chamado pano cru. Os fios da malharia circular são recebidos em cones e podem ser empregados diretamente nas máquinas, ao passo que, os fios da malharia plana são entregues em cones e em carretéis. Como as máquinas da malharia plana utilizam apenas fios em carretéis, os fios que são recebidos sob a forma de cones precisam ser processados nas máquinas urdideiras, que mudam a disposição dos fios de cones para carretéis, possibilitando o seu uso na confecção dos tecidos.

Após a fabricação, o tecido passa pela rama de fixação, que utilizará o calor para “acomodar” o tecido, ou seja, com o calor, o elastano sinteriza e o tecido adquire as suas principais características de largura e de gramatura ( $\text{g/m}^2$ ). Apenas os tecidos da malharia circular não passam por este processo de fixação, em virtude do fio utilizado e do seu tipo de malha e de trama.

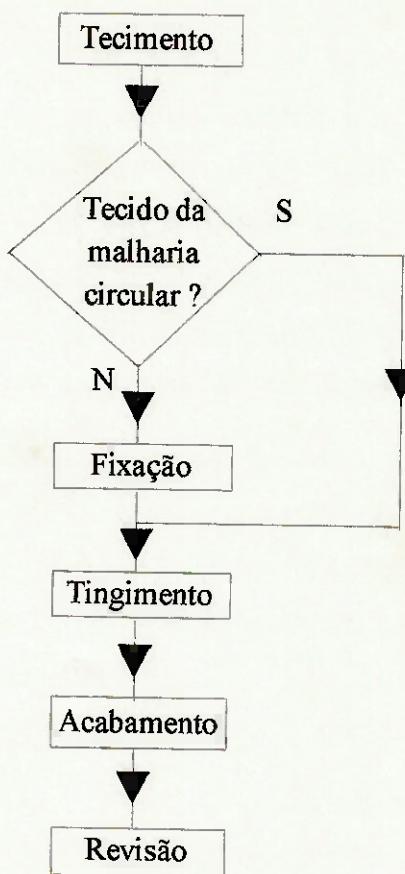
A próxima etapa é o processo de tingimento, que ocorre na tinturaria. Se os tecidos estão em cru, eles serão colorizados, mas, se os fios utilizados já estiverem tingidos, como ocorre com os tecidos listrados da malharia circular, o tecido é apenas purgado, para retirar as resinas que os fornecedores colocam para facilitar o tecimento e a conservação dos fios. Em ambos os casos, as máquinas de tingimento são ocupadas por algumas horas.

Em seguida, todos os tecidos passam pela rama de acabamento, na qual recebem o banho de produtos químicos que conferirão ao tecido as suas características de “toque”, maciez e gramatura finais.

O processo termina com a inspeção de 100% dos produtos acabados na revisão, onde ocorrerá a classificação dos mesmos, segundo o número de defeitos encontrados.

Cabe informar que existem, para cada malharia: os estoques de fios, os estoques de produtos acabados, os estoques de corantes e produtos químicos e os estoques de pano cru, onde ficam os tecidos que não possuem cor programada.

O fluxograma apresentado a seguir ilustra o processo produtivo descrito e ajuda o entendimento do leitor.



**Figura 1.2: Fluxograma do processo produtivo da tecelagem**  
Elaborado pelo autor

## 1.2 - Projetos em curso

A empresa está promovendo a execução de vários projetos concomitantemente, os quais são:

- a automatização da tinturaria, a qual consiste na modernização das máquinas e na compra de sistemas computadorizados que ligarão o almoxarifado químico diretamente às máquinas;

- a ampliação do número de máquinas das malharias, que contempla o objetivo de aumentar a produção, visando a redução de custos e o aumento da participação da empresa no mercado;
- mudança de "lay-out" da fábrica, a qual está inserida no projeto de aumento do número de máquinas e na melhoria do fluxo dos materiais na empresa;
- projeto de implantação do controle estatístico de processo, que visa melhorar a qualidade dos produtos da empresa e diminuir as perdas com defeitos de malharia e de tingimento, buscando criar uma mentalidade de controlar o processo, ao invés de inspecionar 100% dos itens fabricados;
- projeto de recursos humanos que tem o intuito de descrever os cargos dos funcionários e adequar os salários pagos aos praticados por outras empresas do setor;
- projeto de implantação do sistema MRPII que é o ambiente no qual desenvolver-se-á este Trabalho de Formatura e que terá os seus objetivos explicados no capítulo 2.

### **Sistema MRPII**

A implantação do sistema MRPII conta com uma equipe de projeto que é administrada pelos gerentes de PCP e de informática e que é formada por um membro que conhece os vários processos da empresa, um membro que conhece a área administrativa da empresa e pelo estagiário-autor, que atua nas funções relacionadas à Engenharia de Produção.

Essa equipe é assessorada em suas atividades por líderes dos setores envolvidos (setor de engenharia, setor de malharia, setor de almoxarifado), os quais atuam, em regime de meio período, quando são desenvolvidas atividades relacionadas ao seu setor.

Os gerentes de projeto se reportam aos diretores da empresa e possuem o apoio de uma consultoria especializada em implantação de sistemas MRPII e o apoio do pessoal da "softhouse" que elaborou o "software" empregado.

### 1.3 - O estágio

O estágio começou em fevereiro de 1995 e envolveu as atividades do projeto de implantação do sistema MRPII na empresa.

Como o sistema MRPII exige uma mudança nas atitudes e na forma de atuar das pessoas, as atividades do projeto se mostraram muito atraentes porque representavam um desafio e uma oportunidade de empregar, na prática, muitos conceitos aprendidos na Universidade, além de possibilitar a interação com vários departamentos da empresa e a convivência com pessoas de diferentes formações.

Dentre as várias atividades executadas ao longo do período de estágio, cabe destacar que as principais foram:

#### **A - Levantamento dos dados e das rotinas dos diversos departamentos envolvidos pelo sistema**

Esse tipo de atividade englobava: entrevistas com os responsáveis pelos departamentos; acompanhamento das atividades realizadas em cada departamento; coleta de dados numéricos, através de métodos estatísticos de amostragem, quando aplicáveis ao caso; e, a análise da importância dos dados e da forma com a qual eles eram manipulados.

Com isso, foi possível detectar se as práticas e as rotinas eram compatíveis ou não com o sistema MRPII e se havia precisão nos dados fornecidos aos departamentos, além de proporcionar o conhecimento de todo o processo produtivo.

#### **B - Tratamento dos dados**

A partir dos dados numéricos que foram coletados, o autor utilizou conceitos estatísticos e realizou um extenso trabalho de cálculo, criando condições para que esses dados fossem cadastrados no sistema e para que fossem atualizados, sempre que necessário.

Em muitos casos, este trabalho diagnosticou a imprecisão dos dados que eram transmitidos de um departamento para outro e possibilitou a descoberta de erros de apontamento e de cálculos equivocados de alguns parâmetros do sistema.

A partir dos dados levantados nos estoques e almoxarifados da empresa, foi possível criar uma curva ABC dos itens, o que facilitará e racionalizará o controle dos estoques e almoxarifados.

#### **C - Elaboração e implantação de procedimentos de trabalho**

O levantamento dos dados, as entrevistas realizadas e o acompanhamento do processo produtivo possibilitaram o conhecimento das atuais práticas dos departamentos e forneceram subsídios para a elaboração dos novos procedimentos a serem seguidos após a implantação definitiva do sistema MRPII na empresa.

Esses novos procedimentos abrangeram todos os departamentos que apresentam alguma vinculação com o sistema, incluindo desde o departamento de compras até o departamento de vendas, passando pelos departamentos produtivos e pelos estoques e almoxarifados, sendo que, neste dois últimos, foram desenvolvidos os procedimentos para o inventário rotativo.

O conteúdo desses novos procedimentos procurou adequar as rotinas dos departamentos às necessidades do sistema MRPII, introduzindo melhorias nas atividades e práticas atuais.

Por meio desses procedimentos, buscou-se racionalizar e maximizar as atividades das pessoas e instruí-las para atuar com o sistema.

#### **D - Parametrização do sistema MRPII**

Para gerar os resultados esperados, o sistema MRPII precisa de uma base de dados atualizada e acurada, sendo que muitos desses dados constituem parâmetros do sistema.

Alguns desses parâmetros foram obtidos do levantamento e do tratamento dos dados coletados, ao passo que, outros parâmetros, como o tamanho de lote e os

estoques de segurança, foram definidos com base em observações do processo produtivo e em pesquisas, que fundamentaram este Trabalho.

Os valores obtidos para os diversos parâmetros são empregados em vários módulos do sistema MRPII, entre eles: no MRP, no CRP, no MPS e no módulo de engenharia.

A parametrização do sistema, pelo desafio proporcionado, foi o tema escolhido para o desenvolvimento e a elaboração deste Trabalho de Formatura.

Dessa forma, maiores detalhes a respeito do assunto serão fornecidos nos próximos capítulos.

#### 1.4 - O Trabalho de Formatura

A possibilidade de realizar o Trabalho de Formatura numa área importante e vasta, como é o caso da parametrização de um sistema MRPII, motivou bastante a escolha por esse tema.

Além disso, havia a oportunidade de ampliar o conhecimento nessa área e utilizá-lo durante a implantação do projeto MRPII na empresa, atuando junto a diversos departamentos e criando as condições para uma melhor performance da organização.

O conteúdo apresentado nos vários capítulos deste Trabalho permitirá a visualização da importância do tema para o autor e para a empresa, fundamentando a escolha realizada.

Neste ponto do Trabalho é muito **importante destacar** que:

- ⇒ as atividades realizadas pelo pessoal da empresa, sem a participação do autor, serão **explicitamente** mencionadas, sendo que o restante das atividades e das implantações contidas neste Trabalho são fruto da pesquisa, da observação e do trabalho do autor;
- ⇒ a empresa, desejando resguardar o sigilo dos seus dados, solicitou que eles fossem **MASCARADOS**. Dessa forma, para atender a essa exigência e para manter a validade das análises e implantações realizadas neste Trabalho, o autor multipliou os dados por um certa constante, mantendo, contudo, a proporcionalidade dos valores.

#### **1.4.1 - Metodologia do Trabalho**

O Trabalho conterá uma apresentação da empresa e de suas características mercadológicas, uma pesquisa sobre o sistema MRPII e sobre os seus principais parâmetros, o levantamento e a descrição da situação atual das funções e dos parâmetros da empresa e a implantação dos parâmetros do sistema, seguindo-se uma conclusão.

Com essa metodologia, pretendemos apresentar ao leitor as condições encontradas na empresa e as dificuldades para as implantações, além de fornecer um embasamento teórico a respeito do sistema MRPII e dos seus parâmetros, tornando mais fácil a compreensão das implantações apresentadas.

#### **1.4.2 - Objetivos do Trabalho**

Com as atividades desenvolvidas ao longo do estágio e com as pesquisas realizadas, o autor pretende, neste Trabalho, atingir os seguintes objetivos:

- ☒ aumentar o seu conhecimento a respeito do tema;
- ☒ empregar, na prática, os conceitos aprendidos na Engenharia de Produção da Escola Politécnica;
- ☒ introduzir melhorias nas atividades dos departamentos envolvidos com a implantação do sistema MRPII, para que o sistema seja alimentado com dados precisos;
- ☒ parametrizar o tamanho de lote, o tempo de fabricação e os estoques e tempos de segurança;
- ☒ implantar soluções para os problemas encontrados;
- ☒ estabelecer metodologias e mecanismos que permitam a análise, o dimensionamento, o posicionamento e o monitoramento dos parâmetros cadastrados no sistema.

## **Capítulo 2**

---

---

**Aspectos gerais relativos  
ao MRPII e à empresa**

## 2.1 - Introdução

O MRPII representa um dos Sistemas de Administração da Produção que existem na atualidade e compõe um sistema de informações que está apoiado num “software” complexo.

Conforme enfatizam Corrêa e Gianesi (1994), “os Sistemas de Administração da Produção (SAP) são o coração dos processos produtivos” porque fornecem informações que possibilitam o gerenciamento eficaz do fluxo de materiais, da mão-de-obra e dos equipamentos, além de permitir uma coordenação mais adequada da empresa com os seus fornecedores e distribuidores e uma melhor comunicação com os clientes, o que facilita o diagnóstico das necessidades operacionais destes.

Sendo um Sistema de Administração da Produção, o MRPII cria condições favoráveis para que as decisões operacionais e gerenciais da empresa sejam adequadas aos seus objetivos estratégicos, o que se reflete em desempenhos melhores nos critérios competitivos que a empresa valoriza, tais como: custo, velocidade de entrega, confiabilidade de entrega, qualidade e flexibilidade.

O funcionamento e a lógica do MRPII já foram abordados por autores de destaque, entre eles Vollmann (1992) e Corrêa e Gianesi(1994), e em outros Trabalhos de Formatura desta Escola, não pertencendo ao escopo deste Trabalho tratar com maior profundidade o tema.

Neste capítulo, apresentaremos os aspectos mais relevantes sobre as vantagens e as limitações do MRPII; seus objetivos e requisitos; os objetivos, as dificuldades e as vantagens da implantação do sistema MRPII na empresa; e a importância dos parâmetros que existem no “software” escolhido pela empresa.

## 2.2 - Vantagens e limitações do MRPII

O MRPII (Manufacturing Resources Planning), devido a sua natureza dinâmica, reage bem às mudanças que são solicitadas e que derivam do ambiente competitivo e instável no qual as empresas operam.

Dessa forma, as empresas conseguem enfrentar, com menos obstáculos, as mudanças que ocorrem na demanda de seus produtos finais, as quais refletem em todos os níveis das estruturas dos seus produtos. Com isso, as variações do mercado, as mudanças de programas de compras ou as alterações de datas de entrega por parte dos clientes são melhor absorvidas pelas empresas, o que proporciona vantagens competitivas.

Outra vantagem do sistema MRPII é a sua maior habilidade para trabalhar com os itens de demanda dependente (itens-filho), ou seja, aqueles itens cuja demanda deriva da demanda de outros itens, que estão em níveis acima na estrutura do produto (itens-pai). O tratamento que o MRPII confere a esses itens supera o que é fornecido pelas técnicas do ponto de reposição e do lote econômico porque o MRPII considera a demanda de todos os produtos ou componentes que dependem do item considerado e possibilita conhecer o momento em que esta demanda precisa ser atendida.

Além disso, o sistema MRPII permite a integração do MPS, que reflete a demanda dos consumidores, com o MRP, com a capacidade produtiva, por meio do CRP, com a área de compras, com a área de vendas, com o recebimento e com os estoques, o que possibilita um gerenciamento mais eficaz dos recursos da empresa.

Entretanto, o sistema MRPII não possui apenas vantagens, mas também, limitações porque é necessário associar adequadamente o “software” utilizado e a forma de agir das pessoas na organização.

Uma das limitações se refere ao “software” que suporta o sistema MRPII porque este é complexo e caro, sendo que a empresa, normalmente, tem que desenvolver esforços para se ajustar aos seus módulos.

Outra limitação é a passividade do sistema com relação aos seus parâmetros, visto que o sistema não questiona os dados que lhe fornecem, o que exige disciplina e responsabilidade na entrada dos dados por parte dos funcionários da empresa porque um dado errado ou inexato pode gerar muitos transtornos e decisões erradas.

Como o sistema MRPII centraliza as decisões, transmitindo apenas ordens que devem ser cumpridas, ele não estimula a participação dos funcionários em processos de melhoria, o que pode inibir o desenvolvimento de algum critério competitivo da empresa.

Além disso, por privilegiar o cumprimento de prazos e a redução dos estoques, o sistema MRPII pode prejudicar algum outro critério competitivo, sendo que a gerência e a alta administração da empresa devem equacionar, da melhor forma possível, esse “trade-off”.

### **2.3 - Objetivos do MRPII**

Quando tratamos do sistema MRPII, não podemos deixar de destacar os seus objetivos porque, sendo atingidos, podem gerar muitos benefícios para a empresa.

Os objetivos do sistema MRPII englobam aspectos referentes aos estoques, ao planejamento e à programação da produção, às compras, às vendas e aos custos, entre outros, sendo que comentaremos os seus principais objetivos a seguir:

- **reduzir e controlar melhor os estoques** de produtos acabados, de semi-acabados e de matérias-primas, mantendo níveis de estoques que protejam a empresa das incertezas de demanda e de fornecimento e que gerem o menor custo. Esse objetivo é atingido por meio de um controle rigoroso das entradas e das saídas de materiais dos estoques e pela programação das quantidades a serem compradas ou fabricadas e do momento em que são necessárias, cálculos estes que são realizados pelo módulo do MRP.
- **auxiliar no planejamento e na programação da produção**, definindo as necessidades líquidas dos materiais, a partir das necessidades brutas, e o momento em que elas serão requeridas, além de verificar os recursos que serão necessários e as quantidades que já estão disponíveis. Com isso, o sistema possibilita um uso mais racional dos recursos produtivos, os quais são compostos pelas pessoas, pelos equipamentos e pelos materiais, alocando-os nas atividades prioritárias e evitando dispersão dos esforços. Além disso, o sistema cria condições para que ações corretivas sejam tomadas para contornar problemas inesperados, como quebras de máquinas, atraso de fornecedores, entre outros.
- **planejar as compras de materiais**, indicando o momento em que eles são necessários e as quantidades que devem ser adquiridas para atender as necessidades dos clientes, manter o nível de utilização dos recursos da

empresa e minimizar os custos de estoque. Além disso, o sistema favorece a implantação de uma política de compras formalizada, que é baseada em sugestões de compra e pedidos de compra.

- auxiliar na implantação de um método de recebimento de matérias-primas e de componentes mais eficiente porque o sistema requer registros precisos e acurados das entradas que ocorrem na empresa, o que induz à implantação de métodos para controlar a quantidade e a qualidade dos itens recebidos. Pela sua própria natureza de controle, este objetivo do sistema é alcançado indiretamente.
- possibilitar o conhecimento da situação atual dos recursos produtivos, incluindo a capacidade produtiva, os funcionários e os diversos materiais que estão no interior da empresa, além de ajudar no conhecimento a respeito do andamento das ordens de fabricação. Todas essas informações facilitam a troca de dados entre os departamentos, a rastreabilidade dos produtos e a comunicação da empresa com os seus fornecedores e clientes.
- prometer datas de entrega porque o sistema MRPII trabalha com informações que permitem ao departamento de vendas prometer datas de entrega realistas, evitando atrasos, o que é uma característica privilegiada pelos clientes, que, desse modo, incorrem em menores custos de estoques e podem se programar melhor e com antecedência. Esse objetivo pode ser atingido porque o sistema contém dados que indicam as quantidades que estão disponíveis para a entrega em um certo momento.
- difundir melhor e com mais rapidez as informações, visto que elas são disponibilizadas para um maior número de pessoas, o que contribui para a integração dos esforços e para decisões mais coerentes dos departamentos. Com isso, as barreiras entre os departamentos são quebradas e os dados transitam com maior desenvoltura.
- auxiliar no planejamento das necessidades de capacidade futura porque, através dos modelos de previsão de vendas que apoiam as decisões tomadas no módulo do MPS, a empresa pode prever o futuro e decidir se

o comportamento do mercado demandará expansões da capacidade produtiva.

- **reduzir os custos com desperdícios** porque a empresa passa a saber o que tem em mãos e o que precisa comprar e em quais quantidades e quando deve ser efetuada esta operação, evitando que mercadorias pereçam nos estoques por falta de uso.

#### 2.4 - Requisitos do MRPII

A implantação de um sistema MRPII demanda muitos esforços da organização, sendo que uma grande parte destes está relacionada ao cumprimento dos requisitos necessários para que o sistema produza os resultados desejados.

Esses requisitos podem assumir feições mais operacionais, se estiverem relacionadas mais diretamente ao funcionamento do sistema, ou terem uma abordagem mais gerencial, se tratarem de diretrizes de implantação e de motivação para o projeto, mas ambas visam integrar as pessoas e os dados ao sistema.

É importante destacar que o sistema MRPII, como todo Sistema de Administração da Produção, é um sistema que envolve pessoas, que trabalharão com os dados emitidos pelo computador, que manipula o “software”. Desse modo, o lado dos recursos humanos não pode ficar relegado a um segundo plano, sob pena do projeto de implantação fracassar.

No tocante à abordagem **operacional**, podemos destacar os seguintes requisitos para a implantação de um sistema MRPII:

- ✓ **necessidade de cadastramento dos materiais e das suas estruturas e dos roteiros de fabricação** porque, desse modo, o sistema saberá a interrelação que existe entre os materiais e identificará o processo produtivo associado a cada produto, o que permitirá o planejamento e a programação da produção, a compra e a fabricação das quantidades corretas no tempo certo e as análises sobre a capacidade produtiva.
- ✓ **levantamento e cadastramento de todos os “lead times”** associados a todos os itens e a todos os processos da cadeia de fabricação, o que, efetivamente, permitirá prever quando um item estará disponível para a

próxima etapa do processo ou para o cliente, além de possibilitar a execução, com sucesso, das atividades descritas no item acima.

✓ **codificação de todos os recursos produtivos**, o que facilitará a atividade computacional do sistema, implicando numa redução do tempo de processamento do computador e possibilitando uma identificação mais fácil do item, principalmente, se a codificação for realizada de forma pensada e racional.

✓ **acuracidade e integridade dos dados cadastrados** é outro requisito fundamental do sistema MRPII porque ele não questiona os dados fornecidos e, para que o sistema forneça respostas adequadas e ligadas à realidade, as pessoas que interagem com ele devem ter disciplina e responsabilidade para municiá-lo com informações que reflitam a realidade da empresa. Tais informações dizem respeito à situação dos estoques, aos apontamentos da produção, às quantidades compradas, às quantidades recebidas e à situação das máquinas, entre outras.

Vale ressaltar que a falta de acuracidade dos dados no sistema pode desacreditá-lo porque ele fornecerá respostas incoerentes com a realidade dos fatos, o que favorecerá o desencontro de informações e fortalecerá os argumentos dos que se opõem ao sistema.

✓ **inserção do calendário de trabalho**, para que o sistema analise corretamente a capacidade de produção da empresa, principalmente no tocante à capacidade de mão-de-obra, permitindo a definição adequada do momento em que devem ser expedidas as ordens de compra e de fabricação, para que, em função dos "lead times", os produtos estejam disponíveis nos instantes em que são necessários. Além disso, o cumprimento desse requisito possibilita um estudo mais cuidadoso das cargas de trabalho programadas para cada centro de trabalho.

✓ **estabelecimento de um horizonte de planejamento** porque o sistema MRPII "olha para o futuro", sendo que, normalmente, este horizonte de planejamento corresponde ao maior "lead time" incidente sobre o processo, seja um "lead time" de compra ou um "lead time" de fabricação. A definição do horizonte de planejamento é importante para que o sistema

faça o cálculo de necessidades, no módulo do MRP, e para que, prevendo o futuro, planeje o que, quanto e quando produzir ou comprar de determinado item, o que é a essência do MRP.

✓ **implantação de métodos de previsão de vendas** porque fornecerá subsídios para as atividades de planejamento, auxiliando na tomada de decisões acerca do futuro.

✓ **introdução do conceito de curva ABC**, com o objetivo de utilizar racionalmente os esforços da empresa e facilitar o controle dos dados cadastrados no sistema, possibilitando empregar controles mais cuidadosos para os itens e dados mais importantes.

✓ **parametrização do sistema**, devido ao fato do sistema MRPII utilizar um grande número de parâmetros para nortear as suas decisões, esta questão ganha uma importância especial, devendo ser tratada com muito cuidado para que os objetivos do sistema sejam atingidos e a empresa aufera vantagens competitivas com a implantação. Esses aspectos relativos à parametrização do sistema MRPII serão tratados mais à frente neste capítulo.

Com relação à **abordagem gerencial**, a implantação de um sistema MRPII possui os seguintes requisitos:

✓ **necessidade de um forte comprometimento da alta direção** porque ocorrerão alterações na sistemática de trabalho da empresa; haverá uma nova distribuição de poder, de informação e de responsabilidades; o projeto necessitará de recursos e poderão surgir conflitos entre os departamentos, o que demandará soluções da alta administração.

✓ **coordenação e integração das atividades dos departamentos** porque a nova forma de trabalho preconizada pelo sistema MRPII requer uma maior integração e uma maior troca de informações entre eles. Por esse motivo, surge a necessidade de coordenar e integrar as atividades dos departamentos em torno do projeto de implantação, visto que o projeto deve ser entendido como um projeto de toda a empresa e não, como um projeto de um departamento isolado.

- ✓ **treinamento do pessoal da empresa**, incluindo desde a alta administração até os funcionários de nível operacional, passando pelos níveis de gerência e de supervisão e pela equipe de implantação. Esse treinamento tem grande relevância porque todos precisam conhecer o funcionamento global do sistema e o funcionamento da parte em que atuarão especificamente, o que auxiliará as pessoas a entenderem a sua atuação perante a nova forma de trabalhar e a importância de cadastrar dados precisos no sistema, além de reduzir as resistências associadas a sua implantação.
- ✓ **escolha adequada do “hardware” e do “software”** que melhor se ajustam às necessidades da empresa, tomando o cuidado para haver compatibilidade entre o “hardware” e o “software” e para que este possa ser adaptado para as atividades realizadas na organização. Com isso, teremos um conjunto que satisfaça as necessidades dos usuários e o investimento será condizente com as necessidades da organização e favorecerá o êxito da implantação.
- ✓ **bom gerenciamento da implantação do projeto MRPII** porque esse gerenciamento deve ser cuidadoso, deve atuar no sentido de coordenar todas as atividades relacionadas à implantação e deve envolver todas as pessoas que trabalharão com o sistema. A equipe de implantação deve ser composta por pessoas de várias áreas da empresa e que tenham bom trânsito pelos departamentos, sendo melhor uma dedicação em período integral para o projeto. A coordenação da equipe deve ficar a cargo de uma pessoa designada pela alta direção e que tenha vivência e bom trânsito na empresa.
- ✓ **adequação do Sistema de Administração da Produção às necessidades e aos objetivos estratégicos da empresa** porque o sistema visará aumentar ou criar vantagens competitivas para a empresa, conferindo o retorno desejado para o investimento.
- ✓ **realização freqüente de auditorias** sobre a base de dados cadastrada no sistema e atuação preventiva para evitar que os dados não sejam informados ou o sejam de forma imprecisa, o que terá o intuito de manter a

acuracidade dos dados do sistema. Um modo de auditoria é o inventário rotativo dos estoques, enquanto que, as ações preventivas passam pela elaboração de procedimentos claros de como operar o sistema e lidar com os dados, além de educação e treinamento dos usuários.

## **2.5 - O MRPII e a empresa**

Após essas considerações a respeito dos objetivos, das vantagens e dos requisitos do sistema MRPII, vamos tecer comentários que associam o sistema MRPII à empresa onde o autor trabalhou.

Para tanto, vamos mostrar os objetivos do sistema para a empresa, as dificuldades para a sua implantação e as vantagens da forma de implantação que foi utilizada no caso concreto.

### **2.5.1 - Objetivos do sistema MRPII na empresa**

Os objetivos que podem ser atingidos com o uso de um sistema MRPII se aproximam bastante do que é requerido pela empresa porque, conforme veremos no capítulo 4, a situação atual apresenta características que dificultam a competição da empresa no mercado e que aumentam os seus custos.

A empresa mantém elevados níveis de estoque de produtos acabados, de produtos semi-acabados e de matérias-primas, em virtude do seu planejamento e a sua programação da produção trabalharem com os dados do passado, sem terem uma previsão de como as vendas poderão se comportar no futuro. Desse modo, a empresa não sabe as quantidades que serão necessárias em um dado momento do tempo.

Paralelamente a isso, a empresa não possui uma política de compras e de recebimento, sendo que as compras são feitas com base em dados passados e os recebimentos não sofrem um controle rigoroso.

Essas características acabam por alimentar um círculo vicioso, no qual compra-se maiores quantidades por não saber a necessidade real, gerando-se maiores estoques ao longo do processo produtivo.

Também existe a característica de atraso nas entregas porque o departamento de vendas promete datas que não podem ser cumpridas pela área produtiva da empresa.

Além disso, os departamentos não têm o hábito de trocar informações e de comunicarem-se entre si e, quando o fazem, normalmente é com um espírito de cobrança, além de esconderem dados considerados “sigilosos”.

Para amenizar ou eliminar esses problemas existentes no seu processo produtivo e decisório, a empresa decidiu pela implantação de um sistema MRPII, tendo como objetivos os que serão sumarizados a seguir:

- \* **reduzir e controlar melhor os níveis de estoque** de produtos acabados, de produtos semi-acabados e de matérias-primas, que, atualmente, encontram-se em níveis elevados, causando grandes custos financeiros.
- \* **ajudar nas atividades de planejamento e programação da produção**, indicando o que, quanto e quando comprar ou fabricar de cada produto, gerando, por sua vez, redução dos níveis de estoque. Além disso, o departamento de PCP poderá planejar melhor o uso dos recursos produtivos, conhecendo, inclusive, os seus níveis de disponibilidade.
- \* **implantar uma política de compras**, visando comprar os itens certos e necessários nos momentos corretos, além de formalizar essa atividade, que, atualmente, é realizada de maneira bastante informal.
- \* **implementar uma política de recebimento de materiais** baseada em controles de qualidade e com registros confiáveis das entradas que ocorreram na fábrica.
- \* **conhecer a situação atual** dos recursos produtivos da empresa, englobando as máquinas, os funcionários e os materiais, o que foi possível em virtude dos levantamentos de dados efetuados, em grande parte pelo autor, para a implantação do sistema. Além disso, os questionamentos dos procedimentos atuais ajudaram a rever tarefas e introduzir melhorias no processo decisório e produtivo.
- \* **prometer prazos de entrega** porque, com uma base de dados integrada, o departamento de vendas poderá prometer datas de entrega mais

confiáveis para os clientes, o que reverterá em vantagem competitiva para a empresa.

\* **difundir melhor e com mais precisão as informações**, reduzindo o conflito e a omissão de informações entre os departamentos, o que ajudará a empresa, porque todos os departamentos passarão a caminhar na mesma direção.

Em vista do que foi exposto, podemos perceber que os objetivos que a empresa intenciona atingir podem ser alcançados com a implantação do sistema MRPII, conforme verificamos acima.

### **2.5.2 - Dificuldades na implantação do sistema MRPII**

Apesar do esforço e da dedicação de toda a equipe de implantação e do fato de todos se dizerem favoráveis ao projeto, o trabalho de implantação do sistema enfrentou muitos obstáculos.

Entre as dificuldades encontradas pelo autor e pela equipe de implantação temos:

✓ **o levantamento, o tratamento e o cadastramento dos dados** referentes às complexas estruturas dos produtos e às variabilidades do processo. As estruturas dos produtos possuem vários itens e níveis e os produtos podem ser fabricados com mais de uma matéria-prima, além de poderem passar por qualquer uma das máquinas dos centros de trabalho da empresa, como, por exemplo, um tecido pode ser fixado em qualquer uma das cinco ramas que a empresa possui, o que dificulta a interrelação entre as estruturas e os roteiros de fabricação no “software” escolhido pela empresa. Além disso, os processos sofrem fortes influências das condições ambientais, sendo difícil determinar a temperatura, a velocidade e o tempo de fabricação que melhor representam o processo e que, portanto, devem ser cadastrados no sistema.

✓ **a obtenção as informações** junto aos funcionários da empresa, independentemente do seu nível na hierarquia da organização, porque os problemas cotidianos ocupam grande parte do seu tempo, impedindo que

eles dispensem a atenção que o projeto merece, além de existir o medo de perder poder, em virtude da maior difusão de informações que o sistema possibilitará.

Vale ressaltar que essa resistência das pessoas está sendo vencida com diálogo e treinamento, nos quais a equipe de implantação está mostrando qual a relação que a pessoa terá com o novo sistema de informações.

✓ **a pouca integração e a pouca troca de informações entre os departamentos**, bem como os procedimentos específicos que cada um adota, são outras barreiras que precisam ser vencidas através de treinamentos, conscientização dos gerentes, supervisores e funcionários e pela introdução de novos procedimentos e métodos de ação, para que o sistema MRPII surta os efeitos desejados.

✓ **a execução de muitos projetos em paralelo**, como a reengenharia de processos, o programa de qualidade e o projeto de cargos e salários, porque desvia recursos e tempo do projeto MRPII, atrapalhando a sua implantação.

✓ **o pouco comprometimento da alta direção**, que, em muitas situações, não fornece, com a rapidez necessária, os recursos que o projeto necessita, como monitores de computadores, e que, em outras ocasiões, não se mostra identificada com o projeto, gerando dificuldades para a implantação porque favorece a argumentação dos que se opõem ao projeto.

Levando em conta as dificuldades acima enumeradas, podemos perceber que a implantação do sistema MRPII está enfrentando barreiras que, normalmente, ocorrerem nas organizações e que precisam ser vencidas para que o sistema tenha o êxito desejado.

### **2.5.3 - Vantagens da forma de implantação**

A despeito das dificuldades que foram comentadas, a forma de implantação adotada e que foi sugerida pela consultoria especializada apresenta muitas vantagens para a empresa e para o projeto.

Em primeiro lugar, a consultoria elaborou o projeto de implantação juntamente com a gerência do projeto e, depois, acompanhou o projeto, esclarecendo os pontos mais complexos, não interferindo na execução do mesmo.

Outro ponto importante foi a formação de uma equipe de implantação do sistema MRPII, composta por dois gerentes de implantação, provenientes do departamento de PCP e de informática, um integrante com experiência na área administrativa, outro com vivência na área produtiva e um estagiário de engenharia de produção porque, dessa forma, a equipe possui a interdisciplinariedade necessária para a implantação do sistema.

Essa equipe foi e está sendo assessorada em suas atividades por pessoas dos vários departamentos, principalmente à medida que as resistências estão sendo vencidas.

Dessas duas características da implantação, depreende-se que a execução do projeto ficou a cargo do próprio pessoal da empresa, o que está gerando um engajamento crescente das pessoas, que, aos poucos, vão deixando de lado os seus temores e começam a participar do projeto com menor receio de perder poder e/ou o emprego.

Além disso, devemos destacar que a equipe de projeto fez cursos para aprender sobre MRPII e sobre o “software” escolhido, sendo que a educação e o treinamento estão sendo estendidos para os outros funcionários da empresa.

Assim, as características da implantação do sistema MRPII poderão trazer muitos benefícios para a organização.

## **2.6 - A importância dos parâmetros do sistema MRPII**

O sistema MRPII adquirido pela empresa é composto por vários módulos integrados entre si e que permitem uma administração mais racional e mais coordenada da produção. Tais módulos agrupam informações da engenharia, de compras, do recebimento, do MRP, do MPS e dos apontamentos do chão de fábrica.

Estes módulos possuem uma série de parâmetros que precisam ser cadastrados para que o sistema funcione e forneça as respostas desejadas e condizentes com a realidade.

Muitos desses parâmetros estão relacionados a aspectos técnicos do processo, como o número de máquinas num determinado centro de trabalho, ou a requisitos do sistema, como a definição de qual família um certo produto pertence, sendo que a definição deles se baseia em levantamento de dados e decisões mais rápidas.

Entretanto, também existem os parâmetros cuja definição demandam um maior estudo e decisões mais elaboradas e que, por esses motivos, serão alvo deste Trabalho. Esses parâmetros são:

- ☒ Tamanho de lote;
- ☒ Estoque de segurança e tempo de segurança;
- ☒ Tempo de fabricação.

Todos os parâmetros do sistema MRPII são importantes porque, sem eles, não existiriam os cálculos de necessidade de materiais, a emissão das ordens de compra e de fabricação, o controle dos estoques, os apontamentos e demais atividades do sistema, ou seja, o sistema não teria função para a empresa.

Porém, para manter o escopo deste Trabalho, o qual é analisar os parâmetros que foram destacados acima (tamanho de lote, estoque de segurança e tempo de fabricação), vamos nos ater à importância deles, tecendo alguns comentários a respeito.

O tamanho de lote recebe influências da demanda e do custo e tempo de set-up de uma máquina ou de uma etapa do processo produtivo. Se a demanda é estável, podemos definir um tamanho de lote grande e precisaremos reprogramar apenas em períodos maiores de tempo. Entretanto, se a demanda é instável, as solicitações dos clientes tenderão a variar mais e precisaremos fabricar um número maior de produtos diferentes, gerando a necessidade de termos lotes menores de produção e reprogramações mais freqüentes.

A essas considerações se juntam a questão do custo e do tempo de set-up, que, se forem elevados, induzirão a tamanhos de lote maiores, para amortizar os custos incorridos, o que justificaria o tempo gasto na troca do produto. Caso contrário, se o custo e o tempo de set-up forem pequenos, a empresa poderá trocar de produtos com maior rapidez e poderá atender com maior facilidade a uma demanda instável, por exemplo.

A questão dos estoques de segurança e dos tempos de segurança vem à tona em virtude da lógica de funcionamento do MRPII, a qual procura trabalhar sem estoques, visto que indica o momento e as quantidades que são necessárias de cada item.

Porém, o processo produtivo está permeado de incertezas, tanto de fornecimento interno e externo quanto de demanda, o que leva as empresas a manterem estoques de segurança e/ou tempos de segurança para protegerem a fábrica.

Caso a demanda seja previsível e estável e os fornecedores cumpram os prazos prometidos, os estoques de segurança e os tempos de segurança não precisariam existir, mas, se o comportamento da demanda não for fácil de prever ou ocorrerem atrasos de entrega ou quebras de máquina ou, ainda, problemas de qualidade no processo, várias incertezas estarão configuradas e a definição dos estoques e/ou tempos de segurança será importante porque, desse modo, protegeremos o sistema contra essas incertezas, amortecendo-as e evitando que aconteçam faltas de materiais ou atrasos de entregas a clientes, o que prejudicaria a imagem da empresa.

Analizar os tempos de fabricação numa empresa é importante porque será através da associação deste parâmetro com os tempos de fila que o sistema MRPII conhecerá a capacidade produtiva da fábrica, podendo emitir, nas quantidades e nos prazos corretos, as ordens de fabricação e de compra. Além disso, com este parâmetro, o sistema será capaz de informar de maneira correta o momento em que um determinado produto estará disponível para o cliente ou para a próxima etapa do processo.

Estudando o tempo de fabricação, que pode compreender o tempo de produção propriamente dito e o tempo de preparação, dependendo da conveniência para a empresa, é possível diagnosticar ineficiências no processo e disparar ações de melhoria, beneficiando o processo e possibilitando diminuições do tamanho de lote e dos estoques de segurança.

Assim, podemos constatar que os parâmetros do sistema possuem forte interrelação e que o seu estudo cria possibilidades de melhorias no processo e uma atuação mais estável do MRPII.

## **Capítulo 3**

---

---

**Parâmetros do MRPII:  
revisão bibliográfica**

### 3.1 - Tamanho de lote

#### 3.1.1 - Aspectos gerais

O sistema MRPII trabalha com os dados provenientes da previsão de vendas, da carteira de pedidos, da estrutura de materiais e das características do processo produtivo, visando administrar a produção de forma que a empresa obtenha vantagens competitivas.

A partir dessas informações, ele trabalhará com o intuito de programar a produção, buscando fabricar as quantidades certas dos itens necessários nos momentos certos para atender aos pedidos dos clientes, mantendo, além disso, estoques em patamares baixos, entre outros objetivos já mencionados anteriormente neste Trabalho (capítulo 2).

Neste ponto, surgem as regras de tamanho de lote, as quais possuem a função de converter as necessidades de materiais, requeridas pelo módulo MPS, em ordens de fabricação (OF's), observando as posições de estoque dos diversos itens, a estrutura de materiais, a interdependência entre os seus níveis e os custos envolvidos no processo.

A escolha das regras de tamanho de lote aplicáveis a cada caso concreto é uma decisão gerencial muito importante num sistema MRPII porque a interdependência entre os níveis das estruturas dos produtos afeta o desempenho do sistema, seja no âmbito físico quanto no âmbito computacional, onde o custo e o tempo de processamento do computador, para calcular o tamanho de lote, varia de modelo para modelo.

A definição da regra de tamanho de lote objetiva minimizar os custos de set-up e de estoques, o que torna a estrutura de custos um parâmetro para as decisões gerenciais porque permite controlar o que, quanto e quando produzir e os níveis de inventário desejados (DeMatteis, 1968).

Outros pontos que devemos observar na decisão de qual algoritmo adotar para tamanho de lote são:

- os custos e o tempo de implantação;
- a variação da demanda de período para período;

- a disponibilidade e a acuracidade das previsões de venda.

Desse modo, os objetivos conflitantes e os “trade-offs” existentes com relação ao assunto revestem de complexidade a decisão a respeito da regra de tamanho de lote aplicável ao caso concreto de cada empresa.

O relato e a experiência de vários autores, como Aucamp (1987), Corrêa e GIANESI (1994), e o estudo e a observação do autor permitem afirmar que o planejamento da produção na grande maioria das empresas privilegia a maximização da utilização da capacidade produtiva, definindo, para cada centro produtivo, o tamanho do lote empiricamente, em função do número de set-up's, do tempo gasto neles e do inventário que se imagina necessário para atender à demanda.

Esse tipo de análise não atenta para a relação existente entre os níveis das estruturas dos produtos e simplifica a relação capacidade X custo porque iguala os custos de centros produtivos que são gargalos com os custos dos que não o são, além de não verificar o impacto das incertezas da demanda.

A maioria dos modelos e algoritmos para tamanho de lote trabalham, para fins de planejamento, com o conceito de período de planejamento (“time bucket”), o que implica que:

- as quantidades demandadas precisam estar disponíveis no início de cada período;
- a demanda é agregada por período;
- as decisões de fabricação devem ser tomadas para, no mínimo, um período;
- as reprogramações somente podem ser efetuadas de período para período.

Os modelos de cálculo de tamanho de lote podem ser baseados em métodos determinísticos ou estocásticos e em métodos otimizantes ou heurísticos, sendo que predominam os métodos determinísticos e heurísticos.

Além disso, existem os modelos de estágio único e os de estágios múltiplos, sendo que, em muitos casos, os algoritmos de estágios múltiplos reduzem, para fins de análise, o cálculo do tamanho de lote, em sistemas MRP II, para casos de estágios únicos aplicados sucessivamente na estrutura dos produtos. Também é

importante informar que podemos utilizar modelos de estágio único em vários níveis das estruturas de produto, coordenando o uso dos modelos escolhidos.

Normalmente, os modelos que consideram a dinamicidade dos mercados possuem maior semelhança com a realidade porque consideram a variação da demanda e as incertezas associadas aos processos, mesmo porque, são poucos os casos práticos que apresentam características determinísticas.

Independente do tipo de modelo no qual são suportadas, as regras de tamanho de lote, conforme comentários feitos anteriormente, visam minimizar o custo total de produção, o qual envolve, basicamente, os custos de set-up e de estoque.

Desse modo, esses modelos trabalharão com a minimização de funções do tipo:

$$C = \sum_{i=1}^T (S \cdot \delta(x_i) + h \cdot I_i)$$

sujeita a restrições do tipo:

$$I_{i-1} + x_i - I_i = d_i$$

$$I_0 = 0$$

$$x_i, I_i \geq 0$$

onde,

$S$  = custo de set-up;

$I_i$  = nível de estoque no período  $i$ ;

$h$  = custo unitário de estoque por período;

$x_i$  = volume de produção a ser entregue em  $i$ ;

$d_i$  = demanda no período  $i$ ;

$$\delta(x_i) = \begin{cases} 0 & \text{se } x_i = 0 \\ 1 & \text{se } x_i > 0 \end{cases}$$

Após a apresentação desses conceitos mais gerais pertinentes ao assunto do tamanho de lote, trataremos dos principais modelos que existem na literatura associada ao tema, fazendo comentários sobre os mesmos e procurando associá-los ao sistema MRPII.

Dentre as várias regras para determinar o tamanho do lote de produção, procuraremos elucidar os aspectos mais relevantes concernentes às seguintes regras:

- Lote por lote (LFL);
- Wagner-Whitin (WW);
- Silver-Meal (SM);
- Economic Order Quantity (EOQ);
- Periodic Order Quantity (POQ);
- Part Period Algorithm (PPA);
- Least Unit Cost (LUC);
- Part Period Balancing (PPB);
- Least Total Cost (LTC);
- McLaren's Order Moment (MOM);
- Modelo Heurístico de Blackburn-Millen;
- Programação linear / Programação inteira.
- Modelo de Aucamp.

Em seguida, apresentaremos uma tabela comparativa dos modelos pesquisados e teceremos outros comentários sobre a questão do tamanho de lote num sistema MRPII.

### 3.1.2 - Lote por lote

A regra lote por lote atua, num sistema MRPII, de forma a liberar ordens de fabricação que supram as necessidades brutas requeridas, levando em conta os tempos de “lead time”, os estoques disponíveis no início do período de planejamento e os recebimentos já programados.

Como as ordens de fabricação firmadas para um nível da estrutura de um produto geram novas necessidades brutas para os níveis abaixo, um tamanho de lote maior do que o necessário nos níveis mais altos da estrutura do produto aumentariam as quantidades a serem fabricadas nos níveis abaixo, constituindo um verdadeiro efeito cascata.

Por isso, apesar de não considerar “trade-offs” econômicos ou fatores físicos, a regra lote por lote é considerada, por alguns autores, a que melhores efeitos práticos gera num sistema MRPII, o que pode ser visto nas palavras de Vollmann (1992, página 52): “it turns out that lot-for-lot is better than one might expect in actual practice”.

Em virtude das suas características, o modelo em análise carrega o mínimo estoque em processo e apresenta um bom comportamento nos casos em que o tempo de set-up é reduzido, o que pode ser obtido, dependendo do processo, por meio de máquinas-ferramenta eficientes, ou por meio de um sistema transporte que proporcione o fornecimento rápido dos insumos necessários ou por meio de instalações automatizadas.

Entretanto, existem casos em que o aspecto custo e as restrições tecnológicas são variáveis de grande relevância, o que dificulta o emprego da regra lote por lote porque a coordenação das quantidades a serem fabricadas em cada nível da estrutura dos produtos fica complicada.

Em virtude dessas restrições, a quantidade que é ótima para um dado nível da estrutura dos produtos pode gerar estoques maiores em outros níveis, aumentando o custo do processo.

Da mesma forma, se a previsão de demanda não refletir as oscilações do mercado ou for pouco precisa, a regra lote por lote gerará muitos estoques ao longo do processo e deixará o sistema MRPII muito “nervoso” porque os programadores do sistema terão que reprogramar muitas ordens de fabricação (OF's).

Para corroborar com esta afirmação, existem pesquisas (Ho, 1993) que constatam que, sob certas condições operacionais, a regra lote por lote deixa de ser adequada para trabalhar com o MRPII porque gera mais reprogramações de ordens de fabricação.

Assim, o algoritmo lote por lote não é muito adequado para um sistema MRPII que apresente demanda instável ou restrições tecnológicas, como no caso da empresa, porque geraria estoques, reduzindo a eficiência do sistema.

### 3.1.3 - Wagner-Whitin

O algoritmo de Wagner-Whitin é um modelo de tamanho de lote dinâmico que garante mínimo custo de estoque e de set-up e satisfação da demanda para N períodos, nos problemas que envolvam demanda determinística, variável de período para período, e que possuam reabastecimento discreto no início do período.

Considerando conhecida a demanda de um ítem, seu custo de estoque e seu custo de set-up, a regra de Wagner-Whitin fornece a solução ótima e exata para a situação de um único estágio.

Entretanto, em virtude desta característica de ser aplicável somente para um único estágio, este modelo, quando utilizado em sucessivos níveis da estrutura de produtos num sistema MRPII, pode não resultar em minimização do custo total do processo porque as quantidades ótimas para um nível podem não o ser para um nível inferior, o que provocaria a formação de estoques e, com isso, teríamos a elevação dos custos.

### 3.1.4 - Silver-Meal

O algoritmo de Silver-Meal é um modelo heurístico para cálculo do tamanho de lote, sendo adequado para as situações que apresentem demanda determinística, variável no tempo e com reabastecimento discreto ocorrendo no início do período de tempo.

Esse modelo deseja encontrar a quantidade que deve ser fabricada para minimizar o custo por unidade de tempo.

Entretanto, pela sua própria natureza, ele não é otimizante e, além disso, por ser um algoritmo para estágio único, possui o problema de coordenação entre os vários níveis de uma estrutura de produto num sistema MRPII, o que diminui a sua eficiência na redução de custos, conforme comentamos no tópico 3.1.3.

### 3.1.5 - Economic Order Quantity

A regra Economic Order Quantity é um modelo para estágio único, sendo mais apropriado para os casos em que a demanda é uniforme e constante.

Com o intuito de minimizar os custos de fabricação e de estoques, esse modelo define as quantidades a serem produzidas em cada lote e as mantêm constantes ao longo do horizonte de planejamento. Com isso, a regra fará com que os períodos variem, ou seja, ela tornará variável o intervalo entre sucessivas ordens de fabricação.

As quantidades a serem fabricadas são determinadas pela equação mostrada em seguida:

$$Q = \sqrt{\frac{2.U.S}{I.C}}$$

onde,

Q = quantidades a serem fabricadas;

S = custo de set-up;

I = nível de estoque;

C = custo unitário de estoque;

U = número de set-up num dado período.

O fato de ser mais eficiente com demanda uniforme e constante reduz o campo de aplicação deste modelo porque os mercados estão cada vez mais dinâmicos e as solicitações dos consumidores variam muito, o que produz impactos em todos os níveis do processo produtivo de uma empresa.

Entretanto, se o modelo de previsão de vendas for bastante preciso e não existirem restrições de set-up, a regra Economic Order Quantity poderá ser utilizada com êxito, num sistema MRPII, porque tenderá a gerar uma grande quantidade de pequenos lotes de fabricação, o que causará menos reprogramações e, por consequência, menor variabilidade nas cargas dos centros de trabalho.

Porém, se o custo de set-up for elevado ou o seu tempo for grande, o modelo tenderá a gerar ordens de fabricação maiores, provocando o aumento dos estoques e dificultando o seu uso em sistemas MRPII.

Da mesma forma, se o modelo de previsão de vendas não tiver uma acuracidade boa, as ordens de fabricação emitidas pelo sistema poderão exceder ou ficar aquém da demanda, ocasionando faltas ou estoques indesejados.

### **3.1.6 - Periodic Order Quantity**

A regra Periodic Order Quantity é um modelo de tamanho de lote para estágio único que traz melhores resultados nas situações em que a demanda é constante.

Por essa regra, as quantidades a serem fabricadas ou compradas variam de período para período, mas o intervalo entre períodos é sempre fixo para um dado horizonte de planejamento.

Conseqüentemente, o modelo Periodic Order Quantity é mais adequado para os casos que contam com baixo tempo e baixo custo de set-up porque a flexibilidade de programação é dada pela maior possibilidade do sistema produtivo absorver as variações de volume.

Além disso, o modelo requer demanda constante e conhecida no longo prazo, para ter eficiência, o que o torna inadequado para muitos casos práticos porque os mercados são instáveis e não podemos garantir precisão da previsão de vendas no longo prazo.

Em virtude da regra Periodic Order Quantity possuir estas características acima, a possibilidade de usá-la com um sistema MRPII, como o da empresa, fica muito reduzida.

### **3.1.7 - Part Period Algorithm**

O algoritmo Part Period trabalha com tamanhos de lote que podem ter quantidades variáveis, buscando obter o mínimo custo de set-up e de estoque.

A regra Part Period tem bom desempenho para ambientes nos quais seja possível prever a demanda, além de ser rápido e barato para implantar (DeMatteis, 1968).

O modelo analisado mostra-se mais adequado para as empresas cuja previsão de demanda estende-se por um número pequeno de períodos ou para aquelas em que a previsão de demanda é mais precisa para os períodos mais próximos do atual.

Desse modo, podemos perceber que o Part Period Algorithm pode produzir melhores resultados quando somos capazes de prever a demanda da empresa, o que, infelizmente, não é possível em alguns casos, devido às características do mercado no qual a empresa se encontra.

Além disso, pelo seu mecanismo de cálculo, este modelo não leva em conta restrições de set-up e assume um custo constante para o set-up ao longo do período planejado para a ordem de fabricação, além de não considerar situações nas quais, por exemplo, o custo de set-up pode aumentar ou pode ser necessário fazer um novo set-up, se uma determinada quantidade de fabricação ultrapassar um certo nível.

### 3.1.8 - Least Unit Cost

O modelo Least Unit Cost é um modelo para estágio único e que visa minimizar os custos de set-up e de estoques, trabalhando com os custos em valores unitários.

Nesta regra, o tamanho de lote e o intervalo entre lotes podem variar e assume-se que as quantidades consumidas no período em que são fabricadas não geram custos de estoque.

Uma limitação do algoritmo Least Unit Cost é não considerar o fato de que os custos unitários de produção podem variar de um período para o outro, o que pode gerar decisões equivocadas, quando consideramos os custos totais envolvidos em ordens de fabricação que atendam a demandas de vários períodos.

### 3.1.9 - Part Period Balancing

O algoritmo Part Period Balancing é um modelo de tamanho de lote aplicável para cada estágio da estrutura de um certo produto e trabalha com o conceito de "part-period", cujo valor é representado pela divisão do custo de set-up em um período pelo custo unitário de estoque neste período.

Este modelo procura igualar o custo de set-up com o custo médio de estoque das quantidades demandadas em um certo número de períodos.

Vale comentar que o uso do custo médio de estoque pode trazer distorções para os cálculos porque o valor deste custo dependerá do mix de produtos que estão armazenados.

O algoritmo Part Period Balancing permite que os tamanhos de lote e o intervalo entre ordens de fabricação variem, gerando lotes menores e com intervalos de tempo maiores, quando a demanda é baixa, e lotes maiores em intervalos menores, caso a demanda seja alta.

Entretanto, para que o modelo opere num sistema MRPII e seja eficiente, a demanda precisa ser estável pois, caso contrário, teremos uma variação muito grande do volume de produção de período para período e uma variação considerável no intervalo entre sucessivas ordens de fabricação porque esta regra procura acompanhar o comportamento da demanda.

Com isso, toda a instabilidade do mercado é transferida para o interior da fábrica, exigindo set-up's rápidos, flexibilidade de mão-de-obra, admissões e demissões e outros tipos de ajuste por parte da empresa.

Além disso, este modelo toma a decisão de quanto fabricar sem analisar todas as alternativas de colocação de ordens de fabricação, o que pode gerar soluções sub-otimizantes.

### 3.1.10 - Least Total Cost

O algoritmo Least Total Cost é outro modelo de tamanho de lote aplicável para um único estágio e que busca minimizar os custos de set-up e de estoques, com

base na idéia de que os custos serão mínimos se todos os lotes tiverem quantidades próximas às do lote econômico.

Esse modelo também trabalha com o conceito de “part-period” e procura igualar os custos de set-up com os custos de estoque, indicando as quantidades a serem fabricadas ou compradas e o intervalo de tempo entre as ordens de fabricação ou de compra.

Para apresentar uma boa eficiência num sistema MRPII, esta regra de cálculo de tamanho de lote requer uma previsão de vendas acurada e que reflete o comportamento do mercado pois, caso contrário, as ordens de fabricação ou de compra precisarão sofrer muitas reprogramações, para acompanhar a variação da demanda.

Outra limitação do modelo é não considerar que os custos de set-up podem variar de um período para o outro e que o custo de estoque depende do mix de produtos armazenados num dado período.

Também é preciso colocar que este modelo privilegia muito a parte de custos, sem atentar para possíveis restrições de capacidade do sistema produtivo, as quais podem limitar o seu uso num sistema MRPII.

### 3.1.11 - McLaren's Order Moment

O algoritmo McLaren's Order Moment é uma regra de tamanho de lote para estágio único.

Tal técnica também busca minimizar os custos de set-up e os custos de estoque dos itens produzidos, sendo outro modelo que trabalha com a idéia de “part-period”.

No entanto, o cálculo do valor do “part-period” é feito de maneira diferente porque parte de um lote de fabricação calculado pela regra Economic Order Quantity, sob demanda constante.

Este tipo de cálculo introduz algumas restrições ao uso prático deste modelo porque é pouco comum encontrarmos uma empresa cuja demanda seja constante, em virtude das próprias características de competição e de instabilidade dos mercados.

Outra limitação do modelo é não considerar variações do custo de set-up e não assumir que podem existir restrições de capacidade de produção, quando o lote de fabricação for muito grande.

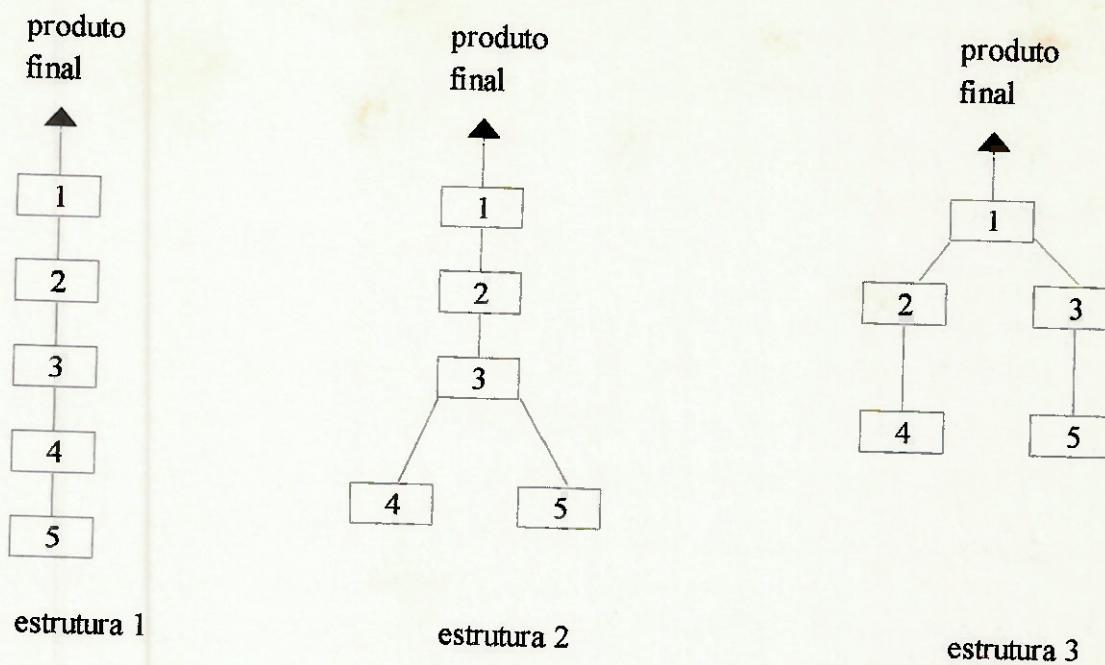
Assim, o campo de aplicabilidade deste modelo no sistema MRPII da empresa é pequeno, devido aos pressupostos de demanda e de fabricação que o modelo assume.

### **3.1.12 - Modelo Heurístico de Blackburn-Millen**

O Modelo Heurístico de Blackburn-Millen considera os vários estágios do processo produtivo, analisando, de uma só vez, todos os níveis da estrutura de um produto, com o intuito de minimizar os custos de estoque e de set-up.

Esta regra, que é utilizada para processos produtivos com múltiplos estágios, tem o objetivo central de encontrar o intervalo de tempo entre sucessivas ordens de fabricação, em cada estágio, de forma que os custos médios de estoque e de set-up por período sejam mínimos (Blackburn e Millen, 1982).

Para desenvolver o algoritmo ora apresentado, os autores, supra mencionados, não consideraram restrições de capacidade no sistema de produção, supuseram demanda constante e horizonte infinito. Além disso, eles estabeleceram que as ordens de fabricação em um estágio são múltiplos inteiros das ordens do estágio seguinte da estrutura do produto e que um item-pai somente requer uma unidade do item-filho. Para efeito de desenvolvimento do algoritmo foram consideradas as estruturas de produtos mostradas abaixo:

**Figura 3.1: Estruturas de produtos**

Adaptado de Blackburn e Millen (1982)

As hipóteses formuladas para o desenvolvimento do algoritmo comprometem a sua utilização em muitos casos concretos porque as demandas costumam ser muito instáveis e os sistemas produtivos possuem restrições de capacidade, simbolizadas, principalmente, pelos equipamentos que são gargalos de produção.

Outro fato é que as estruturas dos produtos apresentam complexidade maior do que as mostradas acima, tendo vários componentes em cada nível e, além disso, um item-pai pode demandar mais do que uma unidade de um item-filho.

Desse modo, o algoritmo, que não é otimizante, não atende às necessidades do sistema MRPII da empresa, em virtude das hipóteses particulares do modelo não refletirem as condições normais de operação do sistema produtivo considerado.

### 3.1.13 - Programação linear / Programação inteira

A Programação linear é um dos modelos que são utilizados para planejar e programar a produção, tendo muitas aplicações práticas.

No entanto, muitos autores, usuários e algoritmos de sistemas MRPII ou de planejamento da produção, os quais utilizam programação linear, não consideram o tempo de set-up ou consideram um custo constante para ele. Com isso, as soluções geradas pelo modelo são pouco apuradas e não refletem os custos associados à capacidade instalada, mesmo que o modelo de previsão de demanda seja bastante preciso.

A prática de não considerar a restrição de tempo de set-up encontra honrosas exceções (Santoro, 1994), que incluem este tempo dentro do conceito de disponibilidade do equipamento, num dado centro de trabalho, permitindo que o sistema MRPII considere esta informação na sua decisão de programação da produção.

Uma limitação do modelo, a qual já foi mencionada e que compensa destacar, é o fato do modelo de Programação linear não assumir um custo de set-up ou assumir um valor constante para ele. Desta forma, no momento de fazer a programação da produção, o sistema MRPII, por falta de informação, poderá tomar uma decisão que onere o processo produtivo, indicando a troca, sem necessidade, de um produto ou emitindo uma ordem de fabricação ou de compra com quantidades acima das requeridas para satisfazer a demanda.

Outro fato que merece atenção se refere à necessidade de termos um modelo de previsão de vendas apurado porque, caso contrário, precisaremos reprogramar várias vezes o sistema, incorrendo em custos e tempos de processamento de dados e podendo ter falta de produtos finais e de insumos para a produção.

Alterando um pouco o enfoque deste modelo, poderíamos utilizá-lo para um caso de Programação inteira, sujeitando as suas variáveis às restrições de não negatividade e de assumirem apenas valores inteiros.

Entretanto, a Programação inteira é uma ferramenta que deve ser usada preferencialmente para as decisões de curto prazo porque o volume muito grande de variáveis, a incerteza das demandas dos itens e as restrições impostas tornam o algoritmo muito oneroso, lento e impreciso para situações de médio prazo.

### 3.1.14 - Modelo de Aucamp

O Modelo de Aucamp utiliza idéias da Programação linear para elaborar um algoritmo de tamanho de lote agregado que ajusta dinamicamente a fórmula de tamanho de lote, sendo aplicável para produções do tipo multi-estágios.

Esta regra pressupõe a existência de uma política de tamanho de lote, a qual seja utilizada regularmente, e produção em quantidades “batch”, sendo que, a sua função objetivo procurará minimizar o valor presente dos fluxos de caixa dos produtos fabricados.

O Modelo de Aucamp foi elaborado para ser usado juntamente com sistemas MRPII porque trabalha com os conceitos de tamanho de lote e de estoques e tempos de segurança.

No entanto, o modelo requer que a fabricação seja feita em quantidades “batch” e que o replanejamento da produção seja mensal.

Além disso, ele considera os tempos médios envolvidos em set-up's, mas não está preparado para analisar a questão do custo de set-up, que é uma variável relevante na decisão de quanto produzir ou comprar e em que momento.

Continuando o raciocínio, verificamos que esta regra de tamanho de lote é um refinamento do sistema MRPII e assume que o MPS esteja estabilizado, visto que ele supõe que a empresa já conheça o comportamento da demanda, em virtude do tempo de operação com o sistema MRPII.

Assim, a aplicação do Modelo de Aucamp é mais apropriada para empresas com produção “batch”, e que estejam utilizando o sistema MRPII a algum tempo.

### 3.1.15 - Comentários finais

Os vários modelos de tamanho de lote, que foram apresentados acima, possuem algumas características gerais que direcionam o seu uso para alguns tipos de empresa, mas dificultam a sua aplicabilidade em outros casos.

Por meio da tabela que apresentaremos a seguir, pretendemos destacar algumas dessas características e permitir uma comparação entre os modelos.

Tabela comparativa dos modelos de tamanho de lote pesquisados

Modelo	Estágio	Abordagem	Tipo de demanda	Tamanho do período de replanejamento	Requer MPS estável ?
Lote por lote	Único	Otimizante para estágio único	Determinística	Qualquer	Sim
Wagner-Whitin	Único	Otimizante para estágio único	Determinística	Qualquer	Sim
Silver-Meal	Único	Heurística	Determinística	Qualquer	Sim
Economic Order Quantity	Único	Otimizante para estágio único	Maior eficiência se for constante	Qualquer	Sim
Periodic Order Quantity	Único	Sub-otimizante	Constante e conhecida no longo prazo	Qualquer	Sim
Part Period Algorithm	Único	Otimizante para estágio único	Previsível; principalmente no curto prazo	Qualquer	Sim
Least Unit Cost	Único	Otimizante para estágio único	Determinística	Qualquer	Sim
Part Period Balancing	Único	Sub-otimizante	Determinística	Qualquer	Sim
Least Total Cost	Único	Otimizante para estágio único	Determinística	Qualquer	Sim
McLaren's Order Moment	Único	Otimizante para estágio único	Determinística	Qualquer	Sim
Blackburn-Millen	Múltiplo	Heurística	Determinística	Qualquer	Sim
Programação linear/ Programação inteira	Múltiplo	Otimizante	Determinística	Qualquer	Sim
Aucamp	Múltiplo	Heurística	Determinística	Mensal	Sim

Figura 3.2: Tabela comparativa dos modelos de tamanho de lote pesquisados

Elaborada pelo autor

Os modelos de estágio único, sendo otimizantes ou heurísticos, não são muito aconselháveis para serem utilizados num sistema MRPII porque o cálculo do

tamanho de lote não considera a interdependência entre os níveis das estruturas dos produtos.

Dessa forma, o modelo pode calcular um tamanho de lote ótimo para um nível, mas, ao utilizarmos este valor em níveis inferiores da estrutura, podemos encontrar um custo de set-up maior, que não justifique a fabricação da quantidade calculada.

Por outro lado, a quantidade, que minimiza os custos em um nível da estrutura, pode gerar estoques maiores em níveis inferiores porque, se formos respeitar restrições ou custos de set-up, fabricaremos quantidades maiores nestes níveis e incorreremos em maiores custos de estoque ao longo da estrutura do produto.

Outro fator que precisamos ponderar é o que se refere à demanda porque muitos modelos partem do princípio que é possível conhecer a demanda e que ela tem características bastante estáveis ao longo do horizonte de planejamento considerado.

Ao requererem que a demanda seja conhecida e que tenha um comportamento estável, esses modelos exigem que a empresa trabalhe com um MPS estável, o que pode ser difícil de aplicar em alguns tipos de mercado.

Todos os modelos analisados, exceto o modelo de Aucamp, permitem a definição de períodos de planejamento que melhor convierem ao programador do sistema MRPII, o que possibilita à empresa escolher se fará o seu planejamento diariamente ou semanalmente, que é mais comum entre os usuários de sistema MRPII.

Além disso, como a maioria dos sistemas MRPII não possuem nenhum desses algoritmos inseridos nos “softwares”, as empresas precisam analisar o custo e o tempo de customização do sistema, o qual, muitas vezes, inviabiliza a utilização de um modelo de tamanho de lote.

Também é importante levar em consideração que calcular o tamanho de lote é um refinamento do sistema porque, sem ter um MPS estável, a empresa não conseguirá maximizar os benefícios que o cálculo do tamanho de lote pode trazer.

Dessa forma, para escolher qual modelo de tamanho de lote utilizar no caso concreto ou para decidir se vamos ou não empregar modelos de tamanho de lote, temos que observar, entre outros aspectos:

- ➔ se o MPS é estável;

- ➔ se o modelo de previsão de vendas consegue prever o comportamento da demanda;
- ➔ se a demanda é muito variável;
- ➔ se existem restrições tecnológicas que inviabilizam o uso de modelos de tamanho de lote;
- ➔ se compensa o custo de customização do sistema MRPII.

Retornando à questão dos custos e tempos de set-up, é importante frisar que não podemos tomar uma atitude passiva frente a eles, aceitando-os como uma restrição intransponível, mas, ao invés disso, devemos empregar a nova filosofia de qualidade e buscar melhorias, atacando as causas dos custos elevados de set-up ou dos grandes tempos envolvidos na operação.

### 3.2 - Estoques de segurança e tempos de segurança

#### 3.2.1 - Aspectos gerais

##### A - Considerações iniciais

Com o sistema MRPII, procuramos melhorar o planejamento e a programação da produção, atendendo com maior presteza aos pedidos dos clientes, maximizando a utilização dos recursos da empresa e minimizando investimentos, especialmente em estoques, porque, ao calcular o que, quanto e quando produzir ou comprar, o sistema MRPII trabalha com o intuito de não formar estoques.

Entretanto, esses objetivos estão cercados de incertezas, que podem ser classificadas em: incertezas de demanda e incertezas de fornecimento.

As incertezas de demanda derivam de várias fontes, dentre as quais, podemos mencionar:

- ✓ **demandas imprevisíveis**, devido aos diferentes comportamentos dos consumidores;
- ✓ **previsão de vendas pouco apurada**, em virtude do modelo utilizado e da grande instabilidade da demanda;
- ✓ **mudanças no plano de produção**;

✓ **falta de coordenação** entre os departamentos e os processos, o que decorre da pouca comunicação entre eles e da falta de uma logística de distribuição interna adequada, sendo que esses fatores são agravados pelo fato dos sistemas MRPII manipularem uma grande quantidade de informações.

As **incertezas de fornecimento** possuem as seguintes causas principais:

✓ **fornecedores não confiáveis**, que não enviam os produtos no prazo estipulado ou que os entregam com qualidade inferior à combinada;

✓ **problemas de qualidade**, tanto do processo quanto do produto, ocasionando perdas, que fazem com que a quantidade fabricada num nível da estrutura do produto não atenda às necessidades requeridas pelo nível acima;

✓ **quebras de máquina**, que geram atrasos na fabricação dos itens, ocasionando incertezas sobre os "lead times" do processo de manufatura;

✓ **falta de controle na produção**, o que favorece a lentidão do processo, as perdas por falta de qualidade, a manutenção de níveis de ociosidade e a existência de tempos de set-up elevados.

Para enfrentar essas incertezas e não causar prejuízos ao sistema MRPII, utilizamos estoques de segurança e tempos de segurança, sendo que o uso de ambos não é mutuamente excludente. Dessa forma, quanto maiores forem as incertezas e as imprecisões do sistema, maior será a necessidade de implantar estoques de segurança e/ou tempos de segurança.

Cabe salientar que, num sistema MRPII, os estoques para antecipar demanda, para balancear as etapas do processo produtivo e para antecipar sazonalidades do mercado, são resultado de decisões gerenciais pois o sistema admite apenas a existência de estoques e tempos de segurança, conforme comentamos acima.

A definição de estoques de segurança e/ou de tempos de segurança não é simples porque precisamos analisar vários aspectos relacionados ao tema, entre os quais, podemos destacar:

- o **nível de investimento** que se deseja fazer em estoques;
- o **nível de serviço** que a empresa pretende manter;

- a localização dos estoques ao longo da cadeia produtiva e da estrutura dos produtos;
- as quantidades que se planeja manter em estoque.

No entanto, a decisão de implantar estoques de segurança ou tempos de segurança apenas protege o sistema das incertezas de demanda e de fornecimento, mas não resolve todos os problemas da fábrica. Ao invés disso, se essa decisão for mal tomada ou mal gerenciada, poderá causar problemas para o sistema porque poderemos ter uma máquina ocupada por mais tempo, em virtude de estar cumprindo uma ordem de fabricação cuja quantidade vai suprir um estoque de segurança ou atender a um tempo de segurança, e, ao mesmo tempo, termos, na fila de espera desta máquina, uma ordem de fabricação para atender ao pedido de um cliente ou para produzir um outro componente que está sendo demandado por outra etapa do processo produtivo.

Diante destas situações, se não perdêssemos a venda ou não causássemos a paralisação da outra etapa do processo produtivo, poderíamos pensar em não manter estoques ou tempos de segurança, ao passo que, se houvesse o risco de perda da venda ou de parada do processo produtivo, seria importante mantermos estoques ou tempos de segurança e seria justificável dispensar recursos financeiros com eles.

Como a introdução de estoques de segurança ou de tempos de segurança alteram o conteúdo das ordens de fabricação, já que a quantidade produzida na ordem de fabricação não é a originalmente calculada pelo MRP ou o momento em que essa ordem é colocada em produção não reflete exatamente o tempo que é necessário para satisfazer aos pedidos, é muito importante que as pessoas compreendam os conceitos de estoque e de tempo de segurança, pois, caso contrário, o sistema MRPII poderá cair em descrédito porque as pessoas observarão que ele não está fornecendo corretamente as informações sobre o que, quanto e quando produzir ou comprar.

### B - Estoques de segurança

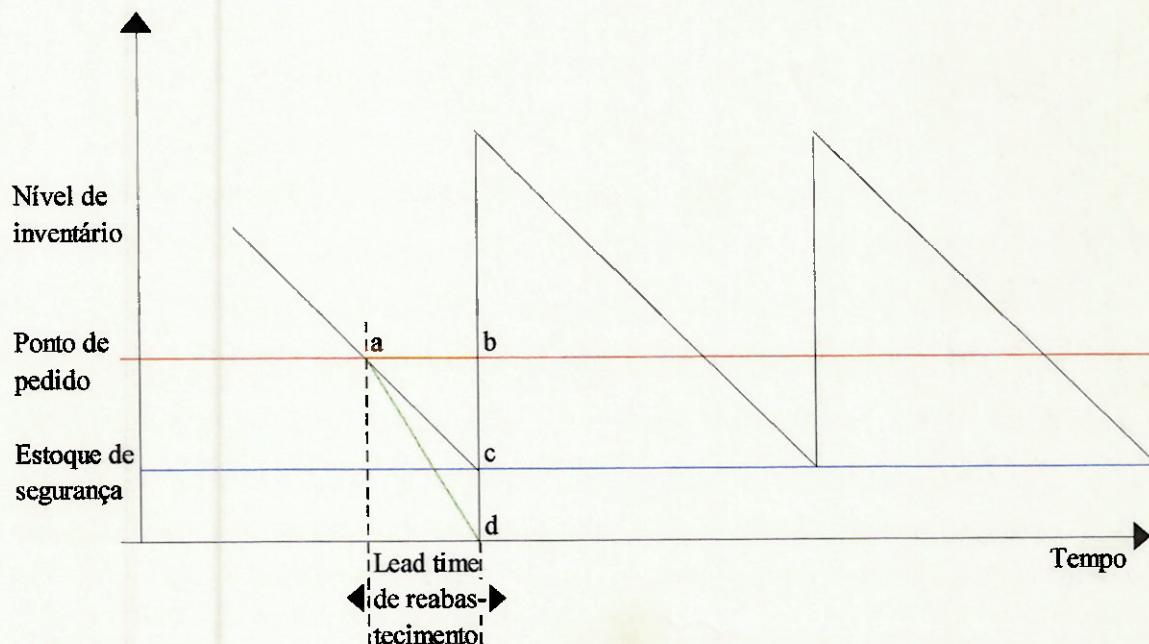
Os estoques de segurança representam uma quantidade extra de produtos (reserva de estoque) que excede a quantidade estritamente necessária que foi calculada pelo MRP, formando uma provisão que evitará, na maior parte dos casos, que um

pedido do cliente não seja atendido por falta de um produto ou que uma ordem de fabricação não possa ser completada por falta de algum componente.

Com a definição de um nível de estoque de segurança, o sistema MRPII emitirá ordens de fabricação nas quantidades suficientes para satisfazer as necessidades brutas requeridas pela demanda e para manter o nível do estoque de segurança, que é mais indicado para os casos em que temos incertezas relacionadas às quantidades de fornecimento e de demanda.

O conceito de estoque de segurança está baseado no ponto de pedido, no nível de segurança que se quer fornecer ao sistema e nas quantidades necessárias para satisfazer a demanda durante o “lead time” de reabastecimento, conforme pode ser visto no gráfico que apresentaremos a seguir.

Pelo gráfico, podemos observar que: se a demanda mantiver a sua média ou ficar menor do que esta, teremos, no momento do reabastecimento, um nível de estoque entre ‘b’ e ‘c’, não utilizando, portanto, o estoque de segurança; porém, se a demanda superar a sua média, estaremos na região delimitada pelos pontos ‘c’ e ‘d’ e, durante o “lead time” de reabastecimento, a demanda será atendida pelo estoque de segurança definido.



**Figura 3.3: Gráfico ilustrativo da função do estoque de segurança**

Adaptado de Vollmann (1992)

Sem recorrer ao uso de um gráfico, também é possível descrever o funcionamento de um estoque de segurança num sistema MRPII, conforme faremos em seguida.

Suponha que haja uma necessidade de 100 unidades de um dado produto e que o seu estoque de segurança seja de 50 unidades, sabendo que apenas 5 delas ainda não foram utilizadas para atender à demanda.

Neste cenário, o sistema MRPII vai emitir uma ordem de fabricação (OF) de 145 unidades, sendo 100 unidades para satisfazer a demanda e 45 para manter o estoque de segurança no nível planejado.

Exibiremos, a seguir, um quadro que mostra um registro do MPS sem considerar o estoque de segurança e, em seguida, outro que considera o estoque de segurança nos cálculos.

Cálculo sem estoque de segurança

Período		1	2	3	4	5
Necessidade bruta		20	40	20	0	30
Recebimentos planejados			50			
Estoque disponível planejado	40	20	30	10	10	30
Ordens de fabricação replanejadas				50		

Lead time = 2

Lote de fabricação = 50

**Figura 3.4: Registro do MPS sem considerar estoque de segurança**

Adaptado de Vollmann (1992)

Cálculo supondo 20 unidades de estoque de segurança

Período		1	2	3	4	5
Necessidade bruta		20	40	20	0	30
Recebimentos planejados			50			
Estoque disponível planejado	40	20	30	60	60	30
Ordens de fabricação replanejadas		50				

Lead time = 2

Lote de fabricação = 50

**Figura 3.5: Registro do MPS considerando estoque de segurança**

Adaptado de Vollmann (1992)

É importante observar que, na figura 3.5, para manter o estoque de segurança de 20 unidades, precisamos colocar uma ordem de fabricação no período 1, ao passo que, na figura 3.4, por não ter estoque de segurança definido, essa ordem de fabricação entrou em produção apenas no período 3.

Também cabe relatar que, no exemplo em que tínhamos estoque de segurança (figura 3.5), carregamos um estoque maior nos períodos 3 e 4, em comparação com a situação sem estoque de segurança (figura 3.4), incorrendo em custos maiores. Por esse motivo, no momento de decidir o nível de estoque de segurança que deve ser aplicado ao caso concreto, precisamos analisar os “trade-offs” entre os custos do estoque e a proteção que ele proporciona ao sistema.

### C - Tempos de segurança

Os tempos de segurança correspondem a um procedimento pelo qual as ordens de fabricação ou as ordens de compra são programadas para serem cumpridas ou para chegarem um determinado número de períodos antes do momento em que são realmente necessárias, o que confere uma proteção contra as incertezas relacionadas ao tempo de fornecimento interno ou externo.

Para ilustrar o funcionamento dos tempos de segurança, vamos apresentar, em seguida, um registro do MPS que não inclui o tempo de segurança nos cálculos e outro registro que leva esse tempo em consideração.

## Cálculo sem tempo de segurança

Período		1	2	3	4	5
Necessidade bruta		20	40	20	0	30
Recebimentos planejados			50			
Estoque disponível planejado	40	20	30	10	10	30
Ordens de fabricação replanejadas				50		

Lead time = 2

Lote de fabricação = 50

**Figura 3.6: Registro do MPS sem considerar tempo de segurança**

Adaptado de Vollmann (1992)

## Cálculo supondo tempo de segurança de 1 período

Período		1	2	3	4	5
Necessidade bruta		20	40	20	0	30
Recebimentos planejados			50			
Estoque disponível planejado	40	20	30	10	60	30
Ordens de fabricação replanejadas			50			



Lead time = 2

Lote de fabricação = 50

**Figura 3.7: Registro do MPS considerando tempo de segurança**

Adaptado de Vollmann (1992)

É oportuno destacar que, na figura 3.6, a ordem de fabricação é liberada no período 3 porque não definimos tempos de segurança, enquanto que, na figura 3.7, a ordem de fabricação é emitida no período 2 porque temos que antecipá-la para respeitar o tempo de segurança de 1 período.

Observando as figuras acima, também podemos perceber que, ao empregar tempos de segurança (figura 3.7), carregamos um estoque maior em um dos períodos (período 4), em comparação com o caso de não termos tempos de segurança (figura 3.6). Por isso, devemos tomar cuidado com a definição dos tempos de segurança, estudando a relação que existe entre os custos de estoque e a segurança gerada.

### 3.2.2 - Métodos quantitativos

Após as considerações de caráter geral que fizemos anteriormente, trataremos, neste tópico, dos métodos para quantificar os estoques de segurança.

Normalmente, o cálculo dos estoques de segurança é feito por técnicas estatísticas de controle de estoque, mas também podemos encontrar formulações mais complexas, baseadas, inclusive, na programação dinâmica.

Nestas formulações mais complexas, o algoritmo considera a demanda de um nível da estrutura do produto, as necessidades incidentes sobre os níveis acima deste, a posição inicial dos estoques nos diversos níveis da estrutura dos produtos e o tempo de ressuprimento do estoque analisado.

As técnicas estatísticas podem lidar com dados discretos ou com distribuições contínuas, sendo que, em ambos os casos, deveremos decidir se usaremos, como indicador para definir o estoque de segurança:

- a probabilidade de falta de um certo item, ou;
- o nível de serviço ao consumidor.

Apesar da expectativa de quantificar o estoque de segurança ser grande, muitas vezes não é possível fixar um valor exato para esse estoque porque existem situações nas quais:

- não conhecemos o comportamento da demanda;
- não conseguimos definir o tipo de distribuição que ela segue;
- não é possível identificar a média e o desvio padrão da distribuição.

#### A - Dados discretos

A probabilidade de falta de um item corresponde à porcentagem da demanda que aceitaremos não atender.

Com isso, ao definirmos que aceitaremos não atender ‘x%’ da demanda, significa que o nosso objetivo é, obviamente, atender ‘1-x%’ dos pedidos.

Dessa forma, se conhecermos a quantidade que garante o atendimento dos ‘1-x%’ dos pedidos, poderemos somar essa quantidade ao lote de compra ou de fabricação e o estoque de segurança estará suprido.

O nível de serviço fornecido pelo sistema auxilia no cálculo dos estoques de segurança da empresa.

Porém, a sua utilização é limitada porque, conforme podemos verificar na equação a seguir, o seu cálculo requer que a empresa conheça ou estime a demanda máxima e a probabilidade de ocorrer a demanda média no período de reabastecimento, o que é uma tarefa complicada porque, dependendo do caso, a demanda não é conhecida com este nível de detalhe.

$$NS = 100 - \left( \frac{100}{Q} \right) \cdot \sum_{D=R+1}^{D_{max}} (P(D) \cdot (D - R))$$

onde,

NS = nível de serviço desejado (em porcentagem);

Q = tamanho de lote;

D = demanda média durante o período de reabastecimento;

R = quantidade no ponto de pedido;

D<sub>max</sub> = demanda máxima durante o período de reabastecimento;

P(D) = probabilidade de ocorrer a demanda D durante o período de reabastecimento (em porcentagem).

Para encontrar o valor, em unidades, do estoque de segurança, precisaremos ainda multiplicar o valor NS pela demanda do período considerado, o que aumenta a dificuldade do cálculo, principalmente, se a demanda não é bem conhecida.

## B - Distribuição contínua

Para definir o total do estoque de segurança a partir da probabilidade de falta de um dado item, temos que apurar a média e o desvio padrão da distribuição da demanda durante o período de reabastecimento, dados estes que nem sempre estão disponíveis numa empresa.

A partir disso, utilizariam tabelas associadas ao tipo de distribuição da demanda e calcularíam as quantidades a serem mantidas nos estoques de segurança.

Quando pretendemos calcular o tamanho do estoque de segurança a partir do nível de serviço desejado para o sistema, as dificuldades envolvidas se assemelham às que foram apresentadas no caso dos dados discretos, o que limita a utilização destes cálculos em muitas empresas.

### 3.2.3 - Análises qualitativas

Neste tópico, pretendemos analisar os aspectos qualitativos relacionados ao estoque de segurança, comentando sobre o local mais adequado para posicioná-lo na estrutura do produto e sobre as variáveis que interferem nesta decisão, que é de grande importância para o bom funcionamento de um sistema MRPII.

A localização dos estoques de segurança é influenciada, basicamente, pelos seguintes fatores:

- o nível de serviço que a empresa deseja fornecer ao consumidor, seja ele interno ou externo;
- a variabilidade da demanda;
- o montante de recursos que se deseja investir em estoques.

No ambiente competitivo em que as empresas estão inseridas, a decisão de manter estoques de segurança em um ou mais níveis da estrutura dos produtos não deve ser vista apenas pelo enfoque dos custos, mas, ao invés disso, pode ser observada como fonte de vantagem competitiva porque, em virtude de não conhecermos a demanda com precisão e antecedência, a existência dos estoques de segurança pode auxiliar no atendimento mais rápido das oscilações da demanda.

Mesmo possuindo capacidade ociosa em todas as etapas do processo produtivo, é aconselhável que a empresa estabeleça estoque de segurança em algum nível da estrutura do produto pois, caso contrário, todas as oscilações do mercado serão transferidas para o interior da fábrica. Com isso, a empresa poderá enfrentar problemas de flexibilidade de mix e de volume de produção, variação muito grande da carga de trabalho nos centros produtivos, admissões e demissões freqüentes e dificuldades no planejamento e na programação da produção, pois aumentará o número de reprogramações no sistema MRPII.

O tamanho e o número de estoques de segurança depende, primeiramente, do nível de serviço que se deseja fornecer aos clientes e do nível de segurança que a empresa deseja prover para as etapas do processo produtivo. Dessa forma, se o cliente aguarda o tempo que for necessário para a fabricação de um produto, não há o que falarmos de estoque de segurança. Porém, esta situação é cada vez mais rara de encontrar, excetuando-se o caso dos fornecedores monopolistas, que, na maior parte das situações, podem atrasar entregas e não cumprir outros acordos.

Definido o nível de serviço pretendido, a nossa análise passará a considerar aspectos da demanda e do nível de investimento que a empresa pretende realizar, sendo que o nível de investimento, na maioria dos casos, é expresso em função do número de dias de estoque que a empresa mantém.

Caso a demanda apresente uma variação moderada e a empresa esteja disposta a investir bastante em estoques de segurança, ou seja, ter um estoque suficiente para atender a demanda de vários dias, ela pode manter uma grande quantidade de produtos acabados no armazém, conseguindo atender a todas as flutuações da demanda, sem trazer as oscilações do mercado para o interior da fábrica.

No entanto, se a empresa tem flexibilidade de volume e de mix e é capaz de fabricar o produto acabado com a rapidez requerida pelo cliente, pode ser melhor formar estoques de segurança nos níveis intermediários das estruturas dos produtos porque muitos produtos acabados podem utilizar componentes comuns e, com isso, as variações da demanda de um item final seriam absorvidas pelos componentes dos níveis intermediários. Além disso, estocar componentes gera custos menores para a empresa, o que constitui uma solução mais vantajosa para a empresa enfrentar essa demanda com variação moderada.

Se a demanda é muito instável, a decisão sobre a localização dos estoques de segurança fica mais difícil porque a empresa necessitará de maior agilidade para responder às solicitações do mercado.

No caso da demanda ser instável e a empresa desejar investir poucos recursos em estoques, isto é, desejar manter estoques suficientes para atender poucos dias de demanda, o mais recomendável será posicionar os estoques de segurança nos níveis intermediários da estrutura ou também no nível dos itens comprados porque, dessa forma, será possível atender a uma maior variedade de produtos finais.

Entretanto, essa decisão forçará a empresa a desenvolver habilidades, como flexibilidade de mix e de volume, que lhe permitam a fabricação dos itens solicitados, dentro do prazo necessário para satisfazer a demanda.

Porém, se ocorrer um crescimento da demanda de todos os produtos finais, a empresa terá que priorizar as ordens de fabricação porque os baixos investimentos em estoques poderão levar a faltas de componentes.

A outra hipótese que podemos aventar, neste cenário com demanda muito variável, é a decisão de investir grandes quantias em estoque de segurança. Com isso, poderíamos armazenar mais produtos acabados e maiores quantidades de itens intermediários, amortecendo as flutuações do mercado nos níveis mais altos da estrutura dos produtos, o que evitaria muitas reprogramações no sistema MRPII.

### 3.2.4 - Comentários finais

Os estoques e os tempos de segurança são parâmetros importantes para um sistema MRPII porque fornecem proteção contra as incertezas de demanda e de fornecimento.

Esses dois parâmetros são dados de entrada do sistema e, por isso, não requerem nenhum tipo de customização do “software”, o que elimina uma das barreiras para a sua utilização.

As decisões a respeito dos estoques e/ou tempos de segurança devem se nortear pelos fatores que comentamos anteriormente, ou seja:

- pelo nível de investimentos que a empresa pretende fazer, normalmente indicado em dias, embora possa ser definido em valores monetários;
- pelo nível de serviço que se deseja colocar à disposição do cliente e pelo nível de segurança que se pretende fornecer ao sistema produtivo;
- pelas quantidades que se pretende armazenar;
- pela localização dos estoques e/ou tempos de segurança na estrutura dos produtos.

Devido à dificuldade em conhecer o comportamento da demanda, a sua distribuição, a sua média e o seu desvio padrão, a quantificação dos estoques de segurança é uma tarefa que envolve uma certa complexidade.

Assim, as decisões relativas à quantidade e ao local dos estoques e/ou tempos de segurança dependem do caso concreto, não existindo uma solução pronta e única.

## Capítulo 4

---

Descrição da situação  
atual da empresa

#### 4.1 - Introdução

Após tratar de vários aspectos do sistema MRPII e depois de realizar a revisão bibliográfica dos principais parâmetros do sistema, é oportuno apresentar, neste tópico do Trabalho, a forma como ocorrem as principais decisões que afetam a administração, a programação e o controle da produção e quais as características atuais dos parâmetros mais relevantes da produção.

Apresentando as práticas atuais da empresa, é possível visualizar o “modus operandi” da organização e detectar as oportunidades de melhoria que a implantação do sistema MRPII pode proporcionar, tanto para a administração da produção quanto para o aumento da competitividade e da participação no mercado, a qual pode ser obtida com uma confiabilidade maior no prazo de entrega dos pedidos e com a redução de custos.

Visando cumprir o objetivo deste tópico, apresentaremos a forma como se processa, hoje, o planejamento e a programação da produção, as características da função de vendas e de compras e a situação do tamanho de lote, dos estoques e da produção horária, mostrando também o impacto que o quadro atual causa nas atividades da empresa.

#### 4.2 - Função planejamento e programação da produção

O planejamento da produção é bastante limitado pelos dados fornecidos ao departamento de PCP e confunde-se, praticamente, com a programação da produção, restringindo-se ao mês em curso.

Habitualmente, o departamento de PCP, que é o responsável por essa tarefa, trabalha com os dados de vendas dos últimos três meses e com as quantidades de pedidos existentes em carteira.

Com esses dados, ele programa, no final de um mês, as quantidades que devem ser produzidas dos artigos no mês seguinte, enviando esses valores para as malharias e indicando quantas máquinas serão necessárias para atender às quantidades programadas.

Para definir o número de máquinas que são necessárias para produzir uma certa quantidade de um produto, o departamento de PCP trabalha com os dados que as malharias fornecem a respeito da produção horária (Kg/h) de um determinado artigo, ou seja, quantos quilos de um dado artigo podem ser produzidos em uma hora.

No entanto, o departamento de PCP não faz a alocação das máquinas, deixando esta tarefa para o chefe de produção, que, em vista dos problemas que vão surgindo ao longo do mês, distribui a produção pelas máquinas.

O departamento de PCP também programa a produção do departamento de urdimento, que reúne as urdideiras, que são máquinas que transformam os fios recebidos em cones para a forma de carretéis, que serão utilizados nas máquinas da malharia plana. Nesta programação, ele define o número de carretéis que deverão ser urdidos no mês, em função do consumo de carretéis com fios urdidos, que são recebidos pela malharia, diretamente dos fornecedores. Essa programação é realizada desta maneira porque, preferencialmente, são consumidos os carretéis que já chegaram urdidos dos fornecedores, ou seja, a urdideira trabalha para repor o consumo de fios urdidos.

Após a programação das quantidades que devem ser fabricadas nas malharias e nas urdideiras, outro funcionário do departamento de PCP tem a responsabilidade de programar o tingimento dos artigos, tomando como base as informações referentes às vendas dos últimos três meses e os pedidos em carteira.

Diariamente, é gerado um plano de tingimento, que, não raro, é alterado devido a vários problemas que surgem na produção e no departamento de vendas.

Um desses problemas está relacionado a um acordo que a empresa tem com alguns clientes, para que estes tenham cores exclusivas. Desse modo, se um desses clientes fizer um grande pedido no decorrer do mês, toda a programação de tingimento tem que ser revista, para que o pedido seja atendido.

Essa revisão pode gerar o atraso de outros pedidos e pode tornar necessária a produção de novas peças de tecidos nas malharias porque, se um tecido já foi produzido e já passou pela operação de fixação, pode ser que ele não possa mais ser tingido em algumas cores, em virtude da temperatura na qual ele foi fixado.

Outro problema é a matéria-prima utilizada nos tecidos porque, dependendo do fio empregado na produção, o tecido pode ou não ter afinidade

química com o corante que deve ser usado para que se obtenha a cor solicitada pelo cliente.

Além desses problemas, existem aqueles associados à falta de qualidade no processo porque existe uma porcentagem da produção que apresenta defeitos de malharia (trama errada dos fios, gramatura fora dos padrões, entre outros) e defeitos de tingimento (manchas de tingimento, barramento). Como consequência desses problemas, muitas peças de tecido têm que ser reprocessadas ou refeitas, para atender ao pedido, o que cria dificuldades para alocar as máquinas.

Para aumentar o grau de dificuldade da atividade de programar a produção, a diretoria cobra a maximização da utilização dos equipamentos.

#### **4.3 - Função vendas**

O departamento de vendas possui um histórico, de muitos meses, referente às quantidades vendidas dos artigos, mas não pratica a previsão de vendas, sendo que o diagnóstico do comportamento da demanda para os próximos meses é feito com base nas vendas dos últimos três meses, na carteira de pedidos e na intuição dos responsáveis por esta área da empresa.

A consultoria especializada em MRPII elaborou um “software” de previsão de vendas e, atualmente, os primeiros testes estão sendo realizados.

Apesar dos representantes comerciais e a empresa estarem interligados via “modem”, aqueles não passam informações totalmente precisas com relação aos pedidos dos clientes e vendem produtos e quantidades que não estão disponíveis para entrega, além de prometerem prazos de entrega impraticáveis pela produção, sendo que já ocorreu o caso de um representante vender um produto e prometer a entrega para o mesmo dia, sem ponderar, contudo, que existia uma distância de quase 1000 quilômetros entre a empresa e o cliente.

Desse modo, muitos prazos de entrega não são obedecidos e a grande maioria dos pedidos são solicitados com urgência, para que não fiquem relegados a um segundo plano.

Assim, as práticas atuais da função vendas não conseguem prever as incertezas de demanda, complicando a programação da produção, e não conseguem

fornecer dados suficientes para prever o comportamento dessa demanda, que é instável e sujeita a sazonalidades.

#### 4.4 - Função compras

As compras de matérias-primas (fios, corantes e produtos químicos) para a produção da empresa são realizadas por dois departamentos diferentes, ficando o departamento de compras com a responsabilidade de adquirir os produtos químicos e os corantes, enquanto a diretoria industrial fica responsável pela aquisição dos fios utilizados na produção.

Apesar dos pedidos de compra efetuados pelo setor produtivo terem prioridade na aquisição, o departamento de compras requer a indicação de produtos similares, os quais são denominados de contra-tipos, porque a decisão de compra é tomada com base no preço cobrado pelos vários fornecedores consultados.

A compra de vários tipos de corantes provoca incertezas para o processo produtivo pois alguns fios apresentam afinidade química diferente entre o corante e o seu contra-tipo, o que gera consumos diferentes de corantes e cria a necessidade de termos receitas de tingimento diferenciadas para cada tipo de corante.

Além dessa incerteza de quantidade, a mudança constante de fornecedores ocasiona incertezas de fornecimento porque, adquirindo produtos de fornecedores menos pontuais, podem ocorrer atrasos nas entregas.

No tocante aos fios, alguns fornecedores entregam os pedidos no prazo e nas quantidades solicitadas, mas outros fornecedores, principalmente aqueles que são monopolistas, atrasam frequentemente as entregas e as fazem fora das especificações de quantidade e de qualidade solicitadas, gerando incertezas de fornecimento para o processo produtivo.

Além disso, existe um “lead time” interno de compra que varia de 15 a 20 dias porque a diretoria tem que cotar os preços e definir as quantidades a serem compradas.

Em virtude desses problemas, a diretoria, muitas vezes, decide receber as mercadorias, mesmo que estejam fora dos padrões especificados, para que as máquinas não parem, o que gera incertezas de quantidade para a produção.

Outro problema associado à compra de fios, tanto em carretéis como em cones, é a compra de quantidades maiores do que as necessárias, visando aproveitar o desconto concedido pelo fornecedor. Com isso, alguns fios ficam muito tempo em estoque e perdem a sua utilidade (por exemplo, o artigo saiu de produção) ou acabam deteriorando.

Também é relevante informar que a compra dos fios, na maior parte dos casos, é influenciada pelo fator preço, o que leva à aquisição de produtos de qualidade inferior, dificultando o trabalho das malharias e da tinturaria e provocando incertezas de quantidade para todo o processo.

#### 4.5 - Tamanho de lote

A empresa faz uma distinção entre lote de fabricação e peça de tecido, sendo que, a peça é aquela quantidade de tecido que é tirada da máquina da malharia e o lote é o conjunto de peças que é enviado para a operação de tingimento.

A produção das peças de tecido nas malharias apresenta restrições tecnológicas em função da capacidade de produção das máquinas, que possibilitam a fabricação de peças de, aproximadamente, 100 Kg, na malharia Kettenstuhl, e de 20Kg, na malharia circular. Além dessa restrição, existe o elevado tempo de set-up associado à troca de alguns artigos na malharia.

O tamanho do lote de fabricação é definido em função da capacidade das máquinas de tingimento e é composto por peças, que são submúltiplos dessa capacidade. Por esse motivo, existe uma maior flexibilidade para programar as atividades da tinturaria, cujas máquinas apresentam um limite mínimo e máximo de tingimento, ou seja, não podemos colocar uma quantidade de tecido que exceda a sua capacidade máxima e nem podemos colocar uma quantidade menor do que o limite mínimo, sob pena do tingimento não corresponder ao desejado.

Dependendo da máquina de tingimento que estiver programada para um determinado artigo, os funcionários da malharia agruparão uma ou mais peças num mesmo lote de fabricação.

As capacidades das máquinas de tingimento são apresentadas na tabela a seguir:

**Capacidade das máquinas de tingimento**

Tipo de máquina	Overs			Turbos			
	120	240	320	100	200	300	500
Capacidade (em Kg)							

**Figura 4.1: Tabela da capacidade das máquinas de tingimento**

Elaborada pelo autor

Dentre as cores programadas para tingimento pelo departamento de PCP, um funcionário da malharia reúne as peças que comporão o lote e atribui a cor a esse lote. No entanto, ele precisa ficar atento para observar os fios que foram utilizados em cada peça porque, dependendo do fio, as peças precisarão de corantes diferentes, não podendo compor o mesmo lote de fabricação. Essa dificuldade em reunir as peças, para formar um lote, decorre da grande variedade de fios e de fornecedores que a empresa possui.

Outro fato que gera incertezas para o processo produtivo é a pressão para não deixar nenhuma máquina parada. Por este motivo, os tecelões improvisam no conserto dos defeitos, reduzindo a qualidade dos artigos manufaturados, já que um lote de 100 quilos pode ter um número de defeitos que faça o departamento de controle de qualidade classificá-lo como artigo de 2a. ou 3a. qualidade.

Neste caso, apesar do lote ter sido fabricado no tempo adequado, a empresa não poderá contar com a quantidade fabricada, pois uma parte será rejeitada por problemas de qualidade, além do que, haverá os custos relacionados a essa perda, como, por exemplo, os corantes empregados desnecessariamente.

Como existem fios de qualidade inferior e o treinamento dos funcionários é precário, a produção atrasa bastante porque os fios quebram com uma freqüência elevada e os tecelões não possuem treinamento suficiente para solucionar rapidamente o problema. Devido a esses fatos, também encontramos várias filas ao longo do processo, o que dificulta a determinação de incertezas relacionadas ao tempo.

Em virtude dos fatores comentados, encontramos muitas incertezas referentes ao tamanho de lote porque o seu tempo de fabricação pode exceder o esperado e porque as quantidades que chegarão ao estoque de produto acabado podem

sofrer uma redução considerável, em consequência de problemas de qualidade, causados pelos fios utilizados e pelas operações de fabricação.

No caso das urdideiras, o lote de fabricação é programado para corresponder a 24 carretéis, o que equivale a uma carga de cones na máquina de urdimento.

Também é oportuno informar que o departamento de urdimento sofre com a qualidade inferior dos fios e com a falta de treinamento dos funcionários porque os fios quebram muitas vezes, atrasando a produção, e os funcionários não estão treinados o suficiente para resolver os problemas com a agilidade necessária.

#### **4.6 - Política de estoques e estoque mínimo**

##### **4.6.1 - Considerações gerais**

A empresa possui, para cada malharia: estoque de corantes e produtos químicos; estoque de fios; estoque de produtos semi-acabados, também denominados de pano cru, o qual é composto pelos tecidos que saíram da malharia, mas, ainda, não passaram pelos processos da tinturaria; e, estoque de produtos acabados; sendo que existe o almoxarifado geral, que reúne os produtos de uso geral da empresa.

Todos os estoques da empresa trabalham com o conceito de estoque mínimo, fazendo-se a solicitação de compra quando a quantidade em estoque atingir o ponto de pedido, que é definido a partir de dados históricos.

A quantidade comprada é estipulada com base em informações do passado e é influenciada por fatores externos, como o desconto oferecido pelo fornecedor, o qual, se for financeiramente vantajoso, no ato da compra, conduz à aquisição de uma quantidade maior do que a estipulada pelos dados históricos.

Esse tipo de política de compra gera maiores custos de estoque porque existe o custo financeiro e de oportunidade associados à manutenção de um certo nível de produtos estocados. Além disso, surge o desbalanceamento dos estoques porque podemos ter uma grande quantidade estocada de um certo item e termos falta de outro item, o que pode impossibilitar a fabricação de um determinado produto.

No caso de quantidades que devem ser fabricadas, como é o caso do estoque de produtos acabados, o nível de estoque também é definido com base em dados do passado, produzindo-se os artigos mais vendidos com a idéia de formar estoques.

Exceto o estoque de produtos acabados, que é controlado por um "software" interligado ao departamento de vendas, todos os outros estoques da empresa são controlados por meio de "Kardex", o que gera um grande trabalho nos dias de balanço, que ocorre mensalmente.

Esse trabalho tem a sua carga aumentada porque a empresa não emprega o conceito de curva ABC, controlando, com a mesma atenção, os itens de maior custo e maior movimentação e os itens de pequeno valor e de pouca movimentação.

#### **4.6.2 - Estoque de produtos acabados**

No caso do estoque de produtos acabados, procura-se manter um nível de produtos suficiente para suprir, no caso dos artigos de maior vendagem, uma demanda de 15 a 30 dias, ao passo que, para os artigos de menor vendagem, o nível de estoques é menor. Com isso, o estoque mínimo chega a 220000Kg.

Entretanto, o número de dias não é muito considerado para os artigos de maior vendagem, já que esses artigos são feitos diariamente, com o intuito de formar estoques, não importando se estes ultrapassam ou não os 15 a 30 dias mencionados.

#### **4.6.3 - Estoque de corantes e produtos químicos**

Com relação ao estoque de corantes e de produtos químicos, as quantidades adquiridas são muito elevadas em comparação com as incertezas de fornecimento porque os fornecedores costumam entregar os pedidos nas quantidades corretas, no padrão de qualidade desejado e num prazo de 10 a 15 dias e, habitualmente, são compradas quantidades suficientes para um período de 60 a 90 dias, o que resulta num estoque mínimo de, aproximadamente, 35 dias, que equivale a 3000Kg. Para justificar tal procedimento, os responsáveis pelo setor, argumentam

que não pode faltar nenhum produto para o tingimento da produção e que pode haver uma falta inesperada de um dado produto no mercado.

Da mesma forma, as quantidades existentes neste estoque também superam em muito o que seria necessário para fazer frente às incertezas de demanda, visto que ultrapassam a quantidade que poderia ser tingida, em um mês, de um só artigo.

#### 4.6.4 - Estoque de fios

O estoque mínimo de fios, em carretéis, da malharia plana, que apenas utiliza dois tipos de fios ( poliamida e elastano), costuma ser de 100000Kg e tem que fazer frente às incertezas de demanda relacionadas aos pedidos dos clientes. Além disso, o estoque deve proteger a empresa das incertezas de fornecimento, seja de quantidade quanto de tempo, porque alguns fornecedores não respeitam os prazos de entrega e os níveis de qualidade exigidos.

O departamento de urdimento, além de processar, armazena os fios que serão empregados na malharia plana e que são recebidos sob a forma de cones. O estoque mínimo registrado neste setor foi de 180000Kg e serve para enfrentar as incertezas de demanda que incidem sobre a malharia plana, visto que o departamento de urdimento repõe os carretéis de fios que são consumidos por ela. Além disso, esse estoque age contra as incertezas de fornecimento, que são semelhantes às que existem no estoque de fios da malharia plana.

No caso da malharia circular, a situação também é complexa porque alguns fornecedores não entregam os pedidos no prazo e/ou entregam fios de qualidade inferior, ou seja, compra-se fio de 1a. qualidade e recebe-se fio de 2a. qualidade, configurando uma incerteza de fornecimento, tanto de quantidade quanto de prazo.

Pude presenciar a ocorrência de um caso ilustrativo deste problema. O gerente da malharia circular estava preocupado com o atraso de 10 dias na remessa de fios de poliéster. Enquanto ele reclamava que não podia trocar de fornecedor porque este era o único fabricante de poliéster no Brasil, sua auxiliar de almoxarifado entrou na sala e comunicou a chegada do caminhão com os fios. No entanto, o que parecia uma boa notícia perdeu o seu brilho com a informação de que 3 das 20 caixas de fios

eram compostas por fios de 2a. qualidade, os quais, frequentemente, apresentam problemas de tingimento e que, por esse motivo, não podem ser utilizados em tecidos lisos (de uma só cor).

Outro problema da malharia circular é que alguns produtos utilizam fios de várias cores, sendo que a ausência de fios de uma só das cores já inviabiliza a produção do artigo. Como o mix de produtos demandados pelos clientes é muito instável, o estoque fica muito desbalanceado, o que obriga a empresa a comprar, às pressas, alguns tipos de fios, que estejam em falta no estoque, ou a obriga a receber fios fora do padrão de qualidade desejado.

Todos esses problemas fazem a malharia circular manter estoque mínimo de fios de, aproximadamente, 218000Kg. Entretanto, apesar do elevado nível do estoque mínimo, nem sempre as suas necessidades são supridas porque a demanda é instável, o estoque é desbalanceado e existem as incertezas de fornecimento.

#### 4.6.5 - Estoque de pano cru

Devido ao fato da empresa não conhecer o comportamento da sua demanda e em virtude desta ser instável, é mantido um estoque de produtos semi-acabados, composto pelo pano cru, ou seja, pelo pano que já foi tecido e fixado, mas que, ainda, não foi tingido.

O nível e a composição deste estoque são baseados nas informações das vendas dos três meses anteriores. Entretanto, o estoque de pano cru não é muito bem controlado, fazendo com que não se conheça, com precisão, o seu conteúdo. Para dificultar a situação, como o tecido já está fixado, muitas vezes ele não pode ser tinto numa certa cor, devido a problemas de afinidade química entre o tecido e o corante.

A união destes dois fatores possibilita que algumas peças fiquem muito tempo (às vezes mais de três meses) neste estoque e, quando são “descobertas”, elas não podem ser aproveitadas porque já perderam algumas das propriedades desejadas no produto final, como a elasticidade.

Realizando o levantamento dos dados deste estoque, o autor constatou que existem peças que estão paradas a mais de 60 dias, mas que o estoque mínimo de semi-acabados é de, aproximadamente, 90000Kg.

#### 4.6.6 - Almoxarifado geral

O almoxarifado geral, que armazena produtos para o consumo dos departamentos administrativos e peças de reposição para a manutenção preventiva das máquinas, também emprega os conceitos de estoque mínimo, de compras baseadas em informações dos meses anteriores, de uso do "Kardex" para controlar o nível de estoque dos diversos itens e não classifica os itens segundo uma curva ABC.

Como os produtos desse estoque são fáceis de serem adquiridos no mercado e apenas as peças de reposição são, indiretamente, usadas na produção, adquire-se os produtos quando a sua quantidade armazenada atinge o nível de 30 a 50% do consumo registrado nos três períodos (meses) anteriores, o que gera um nível de estoque mínimo correspondente a uma demanda de, no máximo, 30 dias.

#### 4.6.7 - Resumo

Na tabela “Panorama dos estoques”, que é exibida a seguir, apresentaremos um resumo das quantidades mencionadas neste tópico, indicando o estoque mínimo em quantidades.

Panorama dos estoques								
Tipo de estoque	Produtos acabados	Corantes	Malharia Kettenstuhl (fios)	Malharia Circular (fios)	Pano cru	Urdideira (fios)	Almoxarifado geral	
Estoque mínimo (Kg) (valores aproximados)	220000,0	3000,0	100000,0	218000,0	90000,0	180000	não é possível estimar	

**Figura 4.2: Tabela com o tamanho dos estoques mínimos em quilos**

Elaborada pelo autor

#### 4.7 - Tempo de fabricação

O tempo de fabricação de um tecido é calculado por meio de uma regra de três, que considera a produção horária de um produto e o seu tamanho de lote. Desse modo, encontra-se o número de horas necessárias para fabricar aquele tamanho de lote.

Levando em conta que já discutimos a questão do tamanho dos lotes, é recomendável discutirmos o assunto do tempo de fabricação a partir da produção horária, conforme faremos a seguir.

A produção horária na empresa é definida em Kg/h porque a unidade de compra de matérias-primas e de venda de artigos manufaturados é o peso em quilos (Kg) do item.

A definição do valor representativo desse parâmetro apresenta nuances diferentes nas malharias, na tinturaria e na revisão ou controle de qualidade.

Na malharia circular, a produção horária é definida com base na velocidade da máquina, na gramatura e na largura do tecido, sendo que a unidade de tempo é embutida na fórmula. Desse modo, o valor em Kg/h é estabelecido após o tecimento de um lote-piloto ou de experiência, visto que precisamos da gramatura e da largura do tecido.

Esse primeiro valor, que é calculado, corresponde a uma eficiência de 100% e, com o intuito de chegar a um número mais realista, o gerente da malharia circular multiplica-o por 80%, que é uma eficiência que ele, com base na sua experiência, julga adequada, embora não tenha feito nenhum levantamento mais detalhado sobre o assunto. Tanto o valor referente a 100% quanto o valor relacionado aos 80% de eficiência, constam da ficha técnica do artigo e são passados ao departamento de PCP, para a programação da produção.

Na malharia Kettenstuhl, o cálculo da produção horária é mais complexo, mas também apresenta imprecisões que precisam ser atacadas, para que o sistema MRP II trabalhe com uma base de dados acurada.

O valor da produção em Kg/h, existente na ficha técnica, é obtido a partir de uma fórmula que considera a velocidade da máquina, o número de pontos e a gramatura do tecido. Esse valor é estabelecido após a fabricação do primeiro lote do

tecido, o qual é denominado de lote-piloto ou lote de experiência. A esse primeiro valor, que corresponde a 100% de eficiência, aplica-se um coeficiente de 80%, que o chefe de produção e o gerente da malharia, com base nas suas vivências, acham representativo do processo.

Uma característica da ficha técnica que precisamos ressaltar é o fato dos seus dados não serem revistos após a elaboração da ficha. Dessa forma, todas as alterações realizadas num produto ficam registradas apenas na mente do chefe de produção e do gerente da malharia plana, o que dificulta a difusão das informações na fábrica.

Esse comportamento decorre da pouca importância que é dada aos valores presentes na ficha técnica, que serve apenas para montar o produto nas máquinas.

O valor da produção horária, que é transmitido ao departamento de PCP, para fins de programação da produção, é obtido através do cálculo da capacidade teórica das máquinas que são capazes de fabricar um determinado artigo, multiplicando-se este valor por 80%.

Do que foi exposto, é fácil depreender que os dados que representam a capacidade produtiva das malharias e que são fornecidos ao departamento de PCP, com o objetivo de programar a produção, são bastante imprecisos e, em virtude da eficiência considerada, possuem uma certa "folga", que possibilita ao pessoal das malharias enfrentar as dificuldades relacionadas ao processo e escapar das cobranças por aumento de produtividade, feitas pela diretoria.

Vale ressaltar que essas dificuldades são, muitas vezes, causadas pelos fios de qualidade inferior que a própria diretoria compra porque esses fios apresentam um maior número de quebras e obrigam os funcionários das malharias a reduzirem a velocidade e a produção das máquinas.

O departamento de engenharia industrial está desenvolvendo um trabalho de cronometragem das atividades das malharias e estima-se que a eficiência da malharia circular seja de 87%, ao invés de 80%, e que a eficiência da malharia plana seja de 92%, e não, de 80%, como utilizado atualmente.

Na tinturaria, a produção horária é definida a partir da relação entre peso e tempo de tingimento do lote-piloto, sendo que esse tempo varia conforme a cor.

No caso da revisão de tecidos, a capacidade e, por conseguinte, a produção horária é calculada por meio de uma estimativa da velocidade que os operadores precisam manter para revisar o tecido, detectando os defeitos e classificando-o, segundo os critérios previamente estabelecidos por este departamento.

Em virtude das informações que são transmitidas ao departamento de PCP, a programação da produção fica bastante prejudicada e o potencial produtivo da empresa fica subutilizado.

Também verificamos que não se pratica a coleta periódica de dados da produção, o que impossibilita uma análise do comportamento atual da produção, das máquinas e dos fios, além de dificultar a atualização dos dados referentes aos processos.

Assim, podemos verificar que os valores da produção horária não possuem a precisão que é desejada para o bom funcionamento do sistema MRPII, requerendo a implantação de melhorias.

## Capítulo 5

---

---

Parametrização do  
tamanho de lote e do  
tempo de fabricação

### 5.1 - Introdução

A implantação de um sistema MRPII reúne um grande número de atividades e requer esforços e disponibilidade de tempo das várias pessoas envolvidas com o projeto.

Todas as atividades devem ser cumpridas com a maior responsabilidade porque é muito importante manter a acuracidade da base de dados, pois, caso contrário, o sistema fornecerá informações erradas e cairá em descrédito.

No âmbito da empresa, todas as atividades relacionadas à implantação do sistema MRPII estiveram sob a coordenação da gerência do projeto, que fornecia as diretrizes gerais para a execução dos trabalhos, adequando as implantações aos objetivos estratégicos da empresa.

Neste capítulo, trataremos das várias atividades que estão sendo realizadas para a implantação do sistema MRPII, dando destaque à parametrização do tamanho de lote e do tempo de fabricação e às vantagens proporcionadas.

### 5.2 - Considerações gerais sobre a implantação

Neste tópico, com o intuito de fornecer uma visão global da implantação, trataremos de algumas atividades e algumas decisões que possibilitaram o cumprimento dos requisitos exigidos para o bom funcionamento do sistema MRPII.

Do ponto de vista **operacional**, várias atividades foram executadas, dentre as quais é importante destacar:

- ✓ o levantamento das estruturas dos produtos e dos roteiros de fabricação, atividade esta que foi efetuada pelo autor e que apresenta uma grande importância porque, após o cadastramento dos dados, permitirá ao sistema calcular as necessidades de materiais e os prazos de entrega dos produtos, entre outras funções;
- ✓ o levantamento dos “lead times” de produção, o qual requereu muita dedicação de todos os membros da equipe de projeto porque o volume de informações era grande e, muitas vezes, existiam resistências e dificuldades impostas pelos vários departamentos. Para cumprir esta atividade, a equipe

trabalhou em várias frentes, ficando o autor com a responsabilidade de levantar os dados referentes às malharias e os outros dois integrantes da equipe ficaram com o levantamento dos dados da tinturaria e do controle de qualidade;

- ✓ o tratamento dos dados foi realizado pelo autor e englobou os cálculos dos valores coletados e a definição de tamanhos de amostra para a atualização periódica do sistema (ver tópico 5.4), possibilitando o funcionamento da parte de cálculo do sistema e a manutenção da base de dados cadastrada;
- ✓ o cadastramento dos materiais, das estruturas dos produtos, dos roteiros de fabricação e do calendário de trabalho possui uma grande relevância porque o sistema somente trabalhará com os dados que efetivamente foram fornecidos a ele;
- ✓ a codificação dos produtos e dos materiais foi elaborada por toda a equipe do projeto e buscou estabelecer códigos que identificassem os itens de estoque e que fossem facilmente reconhecidos pelos usuários;
- ✓ a implantação de um modelo de previsão de vendas contou com o apoio da consultoria especializada em sistemas MRPII e visa municiar o módulo MPS do sistema;
- ✓ a definição do horizonte de planejamento foi uma decisão da gerência do projeto, que estudou a melhor forma de planejar a produção e de adequar o horizonte de planejamento aos “lead times” envolvidos no processo global da empresa;
- ✓ a escolha de um “software” compatível com o que é atualmente empregado na parte administrativa da empresa foi uma decisão muito importante da gerência do projeto porque, dessa forma, a empresa poderá aproveitar os dados existentes no sistema atual e integrar os dois “softwares”, reduzindo o custo da implantação do sistema MRPII.

Paralelamente a essas atividades, está sendo realizado um processo de educação dos funcionários a respeito do sistema MRPII, visando integrá-los ao sistema e dirimir as dúvidas e os receios que possam existir.

Esta atividade tem um papel importante na implantação porque os funcionários precisam conhecer o sistema, para operá-lo melhor e para lidar corretamente com as informações que ele vai fornecer.

### 5.3 - Parametrização do tamanho de lote

#### 5.3.1 - Considerações iniciais

Para definir o tamanho de lote da produção de uma empresa, precisamos equacionar, da forma mais eficiente e menos onerosa, os custos de set-up, os custos de estoque, o horizonte de planejamento, as características da demanda e as restrições tecnológicas do processo produtivo.

Os modelos de tamanho de lote, pesquisados na literatura e summarizados no capítulo 3, possuem várias características que os diferenciam entre si, mas, na maior parte dos casos, podemos encontrar aspectos comuns a todos eles.

Dentre os aspectos comuns mais interessantes, cabe destacar que os modelos de tamanho de lote:

- não consideram a possibilidade de variação do custo de set-up de um período para o outro, mantendo-o fixo ao longo dos cálculos;
- requerem que a demanda seja conhecida;
- pressupõem que o MPS seja estável, o que aumenta a eficiência do modelo e reduz o número de reprogramações;
- principalmente os de estágio único, não tratam com facilidade da questão de coordenar as decisões de tamanho de lote ao longo das estruturas dos produtos pois um tamanho de lote que fornece o ótimo para um nível da estrutura pode gerar mais estoques ou faltas em outros níveis, em virtude de não considerar as peculiaridades de cada nível da estrutura dos produtos da empresa;
- normalmente não estão inclusos nos “softwares” que suportam os sistemas MRPII, exigindo customizações por parte da empresa, o que onera a implantação e, muitas vezes, não surte os efeitos desejados porque o MPS não é estável.

Um fato importante é que, em muitos casos, as características exigidas pelos modelos de tamanho de lote não são encontradas na realidade cotidiana das empresas, como é o caso da empresa na qual o autor estagiou.

Na empresa, o modelo de previsão de vendas, que foi instalado a pouco tempo, não consegue determinar, com segurança, o comportamento da demanda porque ela é muito instável.

Essa instabilidade decorre da grande variação dos pedidos dos clientes de período a período. Embora, a demanda agregada assuma características de ciclicidade sazonal, aumentando o montante pedido nos períodos da primavera e do verão, a demanda de cada artigo é muito variável e instável, o que é agravado se trabalharmos com a demanda do par artigo-cor.

Dessa forma, não é possível para a empresa manter o MPS estável, o que dificulta a utilização dos modelos de tamanho de lote pesquisados, que consistiriam num refinamento do sistema MRPII que está sendo implantado.

Também existe o fato do “software” escolhido pela empresa não possuir nenhum modelo de cálculo de tamanho de lote, o que exigiria uma customização do “software”, ou seja, exigiria o desenvolvimento de uma rotina específica para a empresa, o que apresenta um custo bastante elevado. Além disso, teríamos que considerar o tempo de processamento que o modelo escolhido gastaria. Por isso, pode ser mais vantajoso lançar, inicialmente, no campo apropriado, o valor do lote de fabricação, sem efetuar nenhum cálculo mais elaborado.

Para complicar a situação, a empresa possui algumas restrições tecnológicas associadas ao processo produtivo, tanto nas malharias quanto na tinturaria.

Na malharia plana, os três tipos de máquinas existentes, que se diferenciam na velocidade de fabricação, apresentam uma restrição de capacidade que está relacionada à quantidade de metros que uma peça de tecido pode ter. A metragem máxima de uma peça é de 800 metros, o que, na maioria dos tecidos confeccionados, corresponde a 100 Kg, aproximadamente.

Além disso, para alguns artigos, existe o tempo de set-up, que varia de 15 a 18 horas porque envolve a troca dos carretéis com os fios, o passamento de todos os fios no pente da máquina e a montagem das agulhas para formar o desenho no tecido.

Na malharia circular, também encontramos o mesmo tipo de restrição de capacidade, mas a quantidade máxima que pode ser produzida corresponde a 20 Kg de tecido.

Nesta malharia, alguns artigos apresentam um tempo de set-up de, aproximadamente, 8 horas, o qual inclui a troca dos cones com os fios, o passamento destes nas agulhas da máquina e o posicionamento das agulhas para obter o desenho no tecido.

No entanto, as maiores restrições tecnológicas estão localizadas na tinturaria porque as máquinas de tingimento possuem limites mínimo e máximo para a capacidade de tingimento. Desse modo, temos uma quantidade máxima de quilos que podemos tingir numa partida de máquina, ou seja, a cada set-up, e temos um limite mínimo de quilos que podem ser tingidos, sendo que a máquina será melhor aproveitada se a sua capacidade máxima estiver completa.

Para complicar a situação, a tinturaria é o gargalo do processo produtivo porque as operações de tingimento demoram um tempo bastante grande para serem realizadas e, muitas vezes, os tecidos ficam esperando a liberação de uma máquina para serem beneficiados.

Conforme vimos no capítulo 4, os tecidos da malharia plana são tingidos nos turbos e os tecidos da malharia circular, nos overs, sendo que a capacidade das máquinas de tingimento é a seguinte:

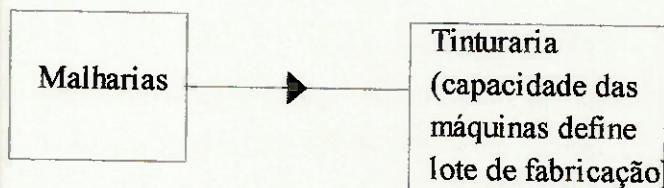
**Capacidade das máquinas de tingimento**

Tipo de máquina	Overs			Turbos			
	120	240	320	100	200	300	500
Capacidade (em Kg)							

**Figura 5.1: Tabela da capacidade das máquinas de tingimento**  
Elaborada pelo autor

Dessa forma, o pessoal das malharias, de acordo com o programa emitido pelo PCP, une várias peças de tecidos, formando lotes que permitam o melhor aproveitamento da capacidade das máquinas de tingimento.

Além disso, o custo unitário dos corantes utilizados no processo de tingimento é muito alto e o tempo de set-up e de processamento são muito elevados, o que induz à maximização do uso das máquinas.



**Figura 5.2: Local que condiciona o tamanho do lote de fabricação**

Elaborada pelo autor

Em resumo, a empresa possui as seguintes características importantes para a definição do tamanho de lote:

- ⇒ o modelo de previsão de vendas não consegue determinar o comportamento da demanda, em virtude da instabilidade desta;
- ⇒ o MPS não é estável;
- ⇒ o “software” requer customizações para a inserção de modelos de tamanho de lote;
- ⇒ o processo apresenta muitas restrições tecnológicas.

Em virtude dessas características, não empregaremos nenhum dos modelos de tamanho de lote que foram pesquisados e apresentados no capítulo 3 deste Trabalho.

### 5.3.2 - Modelo a ser utilizado para o lote de fabricação

Considerando as características da demanda, do “software” e, especialmente, das restrições do processo produtivo da empresa, vamos dividir os produtos em famílias e definir tamanhos de lote, visando maximizar a utilização dos equipamentos e respeitar as limitações que eles impõem.

Para tanto, separaremos os produtos com alto tempo de set-up dos demais produtos, cujo set-up se confunde com o tempo de ressuprimento.

Dessa forma, para os produtos com tempo de set-up reduzido, continuaremos a fabricar peças de 100 Kg na malharia plana e peças de 20 Kg na malharia circular.

Em seguida, as peças, que são do mesmo artigo e que receberão a mesma cor, serão unidas, formando lotes de acordo com a capacidade do turbo (tecido da malharia plana) ou do over (tecido da malharia circular) programado pelo departamento de PCP.

A composição do lote será efetuada diretamente no módulo de apontamento do sistema MRPII e será emitida a respectiva ordem de tingimento.

No caso dos produtos com elevado tempo de set-up, também fabricaremos peças de 100Kg, na malharia plana, e de 20 Kg, na malharia circular, compondo o lote de acordo com a capacidade das máquinas de tingimento.

Entretanto, haverá uma restrição de lote mínimo porque nenhum lote poderá ser inferior a uma carga das máquinas das malharias, com o objetivo de minimizar os custos associados ao set-up. Com isso, a malharia plana apresentará, para estes artigos, um lote mínimo de 600Kg, produzido em 6 peças de 100Kg cada uma e a malharia circular terá um lote mínimo de 80Kg, formado por 4 peças de 20Kg.

Assim, os lotes continuarão a ser montados de acordo com a capacidade das máquinas utilizadas para o tingimento, sendo **múltiplos dessa capacidade**, mas os artigos com elevado tempo de set-up possuirão um lote mínimo, correspondendo a uma carga de fios das máquinas.

No caso da urdideira, que transforma em carretéis os fios que a malharia plana recebe sob a forma de cones, não registramos tempo elevado de set-up, mas constatamos que uma carga de cones na urdideira produz 24 carretéis e que as máquinas da malharia plana utilizam três carretéis em cada uma das suas barras.

Dessa forma, os fios serão urditos em carretéis, sendo que os lotes de fabricação serão múltiplos de 24 carretéis, ou seja, o departamento de urdimento deverá urdir os carretéis de maneira que sejam formados, pelo menos, 8 conjuntos com 3 carretéis cada um.

Com o intuito de aperfeiçoar as características do modelo de tamanho de lote escolhido, algumas melhorias devem ser propostas no tocante à programação da produção.

Essas melhorias são elencadas em seguida:

- ✓ os produtos com maior demanda devem ser programados para as máquinas mais rápidas e devemos alocar o número de máquinas suficientes para atender à demanda do período planejado, deixando as máquinas dedicadas ao produto durante o período planejado ou até que a ordem de fabricação seja cumprida;
- ✓ os produtos com menor demanda devem ser priorizados, de acordo com a data de entrega dos pedidos, e fabricados na seqüência, ou seja, ao começarmos a produção de um artigo numa máquina, devemos fabricar a quantidade programada de uma só vez. Se não pudemos atingir esse objetivo, devemos programar, na seqüência, a fabricação de artigos que utilizam os mesmos tipos de fios;
- ✓ as trocas de produtos devem, preferencialmente, coincidir com a troca dos carretéis nas barras das máquinas, se o tecido for da malharia plana, ou com a troca dos cones de fios nas máquinas, se o tecido for proveniente da malharia circular.

Em seguida, apresentaremos um quadro ilustrando as escolhas efetuadas.

Departamento	Tempo de set-up do produto	Tipo de lote escolhido
Malharia	pequeno	múltiplo da capacidade das máquinas de tingimento e sem lote mínimo
Kettenstuhl	elevado	lote mínimo de 600Kg e múltiplo da capacidade das máquinas de tingimento
Malharia circular	pequeno	múltiplo da capacidade das máquinas de tingimento e sem lote mínimo
Urdideira	elevado	lote mínimo de 80Kg e múltiplo da capacidade das máquinas de tingimento
		múltiplo de 24 carretéis e sem lote mínimo

**Figura 5.3: Tabela com os lotes escolhidos para a fabricação**

Elaborada pelo autor

### 5.3.3 - Vantagens do modelo empregado

Implantando o modelo escolhido e as melhorias apresentadas, poderemos maximizar o desempenho do processo de fabricação, obtendo muitas vantagens, dentre as quais:

- ✓ economizaremos vários set-up's ao longo do período de planejamento, que é semanal, tornando produtivos os tempos de set-up e reduzindo o custo total associado a esta operação;
- ✓ evitaremos que os carretéis ou os cones fiquem com uma pequena quantidade de fios, o que dificulta as atividades da produção porque essas quantidades não podem ser desperdiçadas e, ao mesmo tempo, são suficientes para uma ou duas peças, obrigando as malharias a incorrerem em novos tempos e custos de set-up para cumprir a programação.

Outras propostas de melhoria serão apresentadas, no capítulo 7, quando tratarmos dos principais problemas que afetam o processo produtivo.

### 5.3.4 - Modelo a ser empregado para o lote de compra

Para definir o tamanho do lote de compra, o autor levantou as quantidades mínimas estipuladas pelos fornecedores, analisou os custos de compra e verificou o montante comprado pela empresa.

No caso dos fios comprados em cones, as quantidades mínimas de compra são de 300Kg e, para os fios adquiridos sob a forma de carretéis, o limite mínimo de compra são 3 carretéis.

No tocante aos corantes, os fabricantes também estabelecem pequenas quantidades para o lote mínimo porque possuem um sistema de entregas adaptado a esse tipo de pedido.

Como as quantidades estipuladas pelos fornecedores são muito inferiores ao que é solicitado pela empresa e cobrem os custos de compra, cadastraremos no sistema MRPII esses valores mínimos, mas poderemos seguir a indicação que o sistema realiza na sugestão de compra, em virtude das quantidades adquiridas pela empresa serem muito superiores ao mínimo estipulado, conforme foi afirmado.

Assim, os lotes de compra serão definidos pelas necessidades brutas de cada item e considerarão os estoques de segurança que devem ser mantidos.

Para minimizar os custos e reduzir o tamanho dos estoques, os responsáveis pela aquisição dos produtos deverão seguir a indicação do sistema MRPII, exceto nos casos em que a estratégia da empresa for estocar para enfrentar problemas de mercado, como, por exemplo, escassez de uma matéria-prima.

#### 5.4 - Parametrização do tempo de fabricação

Conforme pudemos observar no capítulo 4 deste Trabalho, os dados correspondentes ao tempo de fabricação e à produção horária são imprecisos e não contam com um procedimento sistemático de atualização dos seus valores.

Como o sistema MRPII necessita de dados precisos para efetuar os cálculos corretamente, toda a equipe de implantação foi a campo coletar os dados relativos à produção horária (Kg/h) dos diversos departamentos produtivos, ficando o autor com a responsabilidade de levantar os valores da malharia plana e da malharia circular.

Em virtude do sistema MRPII requer o tempo de fabricação para um determinado tamanho de lote, como, por exemplo, o tempo para fabricar 100Kg ou 240 Kg, e devido ao fato da ficha de produção indicar o tempo de fabricação e a quantidade produzida, coletamos os valores associados à produção horária (Kg/h), obtendo, posteriormente, o valor do tempo de fabricação (h).

Para esta atividade de coleta, foi considerada a produção de 3 meses e o autor definiu um método de amostragem para cada um dos setores, considerando as quantidades produzidas ou processadas, sendo que tal procedimento de coleta amostral foi seguido por todos os membros da equipe de implantação.

A partir da análise dos dados reais, o autor pôde observar que a quantidade de quilos produzidos e o tempo de fabricação dos artigos das malharias e dos processos da tinturaria e da revisão são variáveis estatisticamente independentes. Aliando esse dado às propriedades da média, foi somado o total de quilos de cada amostra e, em seguida, este valor foi dividido pelo total do tempo de fabricação de cada amostra, obtendo a média da produção horária.

Também foi calculado, separadamente, o desvio padrão das amostras da quantidade e do tempo de fabricação, sendo que para obter o desvio padrão da produção horária, utilizamos a seguinte fórmula:

$$\frac{S_v}{V} = \sqrt{\left(\frac{S_{kg}}{Kg_m}\right)^2 + \left(\frac{S_h}{h_m}\right)^2}$$

onde,

$S_v$  = desvio padrão da divisão Kg/h;

$V$  = valor apurado para a divisão Kg/h;

$S_{kg}$  = desvio padrão da amostra de quantidades (Kg);

$Kg_m$  = média da amostra de quantidades (Kg);

$S_h$  = desvio padrão da amostra de tempo (h);

$h_m$  = média da amostra de tempo (h).

Com isso, encontramos o valor da produção horária dos vários artigos das malharias e dos processos da tinturaria e da revisão de tecidos, tornando possível o cadastramento de dados mais realistas e mais precisos no sistema MRPII.

Como o sistema MRPII possui, no seu bojo, a idéia de melhoria contínua e requer a manutenção periódica dos dados cadastrados, o autor, complementando o tratamento estatístico até aqui descrito, desenvolveu cálculos para determinar o tamanho da amostra que deverá ser coletada quando formos atualizar a base de dados do sistema.

Verificou-se que os dados apresentavam uma distribuição normal ou uma distribuição que poderia ser aproximada pela normal. Considerando esta informação e sabendo que tínhamos apenas os valores referentes à estimativa do desvio padrão da amostra, utilizamos os valores da distribuição t de Student na seguinte equação:

$$n = \left( \frac{t_{n'-1, \frac{\alpha}{2}} \bullet s}{e_0} \right)^2$$

onde,

$n$  = tamanho da amostra que deveria ser coletada;

$n'$  = tamanho da amostra que foi efetivamente coletada;  
 $t$  = valor da tabela t de Student;  
 $\alpha$  = nível de confiança desejado;  
 $s$  = desvio padrão da amostra;  
 $e_0$  = precisão desejada.

Nos casos em que o tamanho “ $n'$ ” da amostra que deveria ser coletada foi menor do que o tamanho  $n'$  da amostra efetivamente coletada, completamos o tamanho da amostra para calcular novamente os valores.

Para trabalhar com todos esses valores, o autor também desenvolveu uma planilha de cálculo, que será apresentada no tópico a seguir, e estabeleceu procedimentos para a coleta e o tratamento dos dados, buscando definir diretrizes para que qualquer funcionário da empresa possa se encarregar desta função, quando o sistema MRPII estiver completamente implantado.

De posse da produção horária de um determinado artigo de malharia ou de um processo da tinturaria ou da revisão, foi possível estipular o tempo de fabricação associado a uma determinada quantidade básica cadastrada no “software”.

Assim, foram desenvolvidos mecanismos para conhecer o tempo de fabricação atual e para realizar atualizações do sistema MRPII, o que contribuirá para a manutenção da eficiência deste.

#### 5.4.1 - Planilha de cálculo

Neste tópico, vamos apresentar a planilha de cálculo que o autor desenvolveu para determinar a produção horária, o tempo de fabricação dos artigos e o tamanho da amostra que deve ser coletada quando esses valores tiverem que ser atualizados.

Esse desenvolvimento foi realizado porque o sistema MRPII necessita de uma base de dados acurada e atualizada e porque o “software” adquirido pela empresa não possui uma rotina de cálculo para determinar o valor da produção horária (Kg/h), o tempo de fabricação e o tamanho das amostras que devem ser coletadas no momento de atualizar estes dados.

Ao desenvolver esta planilha de cálculo, o autor utilizou o “software” Excel® e teve a intenção de criar um instrumento fácil de usar porque a maioria dos funcionários da empresa não está familiarizada com a informática e precisa ser treinada para operar com um microcomputador.

Com a planilha elaborada, que não tem a pretensão de ser estatisticamente complexa, qualquer funcionário, que tenha, pelo menos, o 1º. grau, após um pequeno treinamento, poderá lançar os dados e obter os valores necessários para o sistema MRPII.

Isso é possível porque o funcionário apenas deverá lançar: o número do artigo; o tipo de máquina que está sendo utilizada, ou seja, se é máquina de malharia ou de tingimento; o número da máquina; o peso da peça ou do lote processado; a data e a hora de início e término da operação; o número de defeitos da peça ou lote; e o número de paradas que ocorreram.

A partir desses lançamentos, cujos dados podem ser obtidos da ficha de produção, a planilha calculará o tempo de produção de cada peça ou lote e, num relatório, em anexo (figura 5.5), fornecerá a média e o desvio padrão do peso e do tempo de fabricação da peça ou lote. Além disso, a planilha também calculará a produção horária e o seu desvio padrão, bem como o tempo de fabricação para um dado lote.

Em seguida, o funcionário, que também será instruído para esta atividade, deverá digitar o valor da tabela t de Student, o qual corresponde ao tamanho da amostra que foi coletada. Com isso, a planilha mostrará o tamanho da amostra que deverá ser coletada, na próxima vez, para atualizar os dados do sistema MPPII.

Para ilustrar a exposição feita acima, apresentaremos, nas próximas duas páginas, a planilha e o relatório com o resumo dos cálculos que o autor desenvolveu.

**Artigo: AAA****Tipo de máquina:****Malharia**

Máquina (No.)	Peso peça (em Kg)	Tempo de produção			No. defeitos	No. paradas
		Data e hora normal de início	Data e hora normal término	Tempo de produção		
1	20,2	7/09/95 21:00	8/09/95 0:00	0/01/00 3:00	2	1
2	19,8	9/09/95 0:00	10/09/95 3:00	1/01/00 3:00	4	1
4	21,3	11/09/95 15:40	11/09/95 23:50	0/01/00 8:10	3	9
13	19,5	11/09/95 15:40	11/09/95 21:40	0/01/00 6:00	5	7
3	19,6	13/09/95 8:15	13/09/95 14:10	0/01/00 5:55	6	6
6	20,0	15/09/95 7:20	15/09/95 20:05	0/01/00 12:45	7	15
7	20,1	19/09/95 14:30	19/09/95 23:30	0/01/00 9:00	1	9
9	19,3	21/09/95 10:40	21/09/95 13:40	0/01/00 3:00	3	1
1	20,2	23/09/95 15:40	23/09/95 18:50	0/01/00 3:10	5	1
7	20,1	28/09/95 12:10	28/09/95 15:50	0/01/00 3:40	2	2
8	20,1	30/09/95 12:10	30/09/95 15:10	0/01/00 3:00	2	1

**Figura 5.4: Planilha de cálculo da produção horária**

Elaborada pelo autor

Resumo da análise	
<b>Peso (Kg):</b>	
média =	20,02
desvio padrão =	0,52
<b>Tempo (hora):</b>	
média hora=	7:41
desvio padrão =	0/01/00 7:08
kg/h =	2,60
desvio padrão =	2,41
tamanho do lote =	120,00 Kg
tempo fabricação =	46,14 h
tabela t de Student =	2,228
precisão =	0,260
tamanho amostra =	426,00
a ser coletada	

**Figura 5.5: Relatório emitido pela planilha  
Elaborada pelo autor**

## Capítulo 6

---

Parametrização dos  
estoques e tempos  
de segurança

## 6.1 - Introdução

Complementando a parametrização desenvolvida no capítulo 5, elaboraremos, neste capítulo, a parametrização dos estoques e tempos de segurança, apresentando também as vantagens decorrentes dessa atividade.

## 6.2 - Diagnóstico das incertezas associadas aos estoques e tempos de segurança

### 6.2.1 - Considerações iniciais

O sistema MRPII procura calcular as quantidades necessárias dos itens necessários e no momento adequado, para atender à demanda dos consumidores finais ou das outras etapas do processo produtivo.

Entretanto, essa atividade está permeada por incertezas de demanda e de fornecimento, o que gera a necessidade de instituirmos, para proteger o sistema como um todo, estoques de segurança e/ou tempos de segurança, conforme a incerteza for de quantidade e/ou de tempo, respectivamente.

Na determinação desses valores, precisamos observar os objetivos do sistema MRPII e procurar reduzir os custos de estoque, mantendo a eficiência do sistema.

De acordo com o que foi exposto no capítulo 3 deste Trabalho, as **incertezas de demanda** surgem, principalmente, em decorrência das seguintes causas:

- ✓ demanda imprevisível;
- ✓ previsão de vendas pouco apurada;
- ✓ alterações no plano de produção;
- ✓ falta de coordenação e comunicação entre os departamentos e os processos.

Por outro lado, as **incertezas de fornecimento** são ocasionadas, principalmente, pelos motivos abaixo enumerados:

- ✓ fornecedores não confiáveis;
- ✓ problemas de qualidade;
- ✓ quebras de máquinas;

✓ falta de controle na produção.

A descrição da situação atual da empresa, realizada no capítulo 4, mostra que, ao invés de trabalhar com a idéia de estoque de segurança, é empregado o conceito de estoque mínimo e que existem muitas incertezas associadas aos diversos estoques. Além disso, os estoques são muito desbalanceados, visto que, por exemplo, podemos ter uma grande quantidade de elastano no estoque e termos falta de poliamida, o que inviabiliza a fabricação de certos tecidos.

No quadro exibido a seguir, procuramos ilustrar, qualitativamente, as incertezas relacionadas aos estoques, dando uma visão geral da situação corrente:

Incertezas associadas aos estoques da empresa

Estoques	Incerteza de fornecimento		Incerteza de demanda	
	Tempo	Quantidade	Tempo	Quantidade
Fios (algodão e elastano)	X	X	ND	XX
Fios (poliamida e poliéster)	XXX	XXX	ND	XX
Corantes	X	XX	ND	XX
Pano cru	ND	XX	ND	XX
Produtos acabados	ND	XX	ND	XX

**Legenda:**

X - incerteza com pouca intensidade

XX - incerteza com média intensidade

XXX - incerteza com elevada intensidade

ND - dado não disponível

**Figura 6.1: Tabela das incertezas associadas a cada estoque**  
**Elaborada pelo autor**

As incertezas de fornecimento dizem respeito à incerteza que a etapa anterior do ciclo produtivo causa na etapa considerada. Dessa forma, por exemplo, os fornecedores causam uma incerteza de fornecimento no estoque de fios (poliamida e poliéster).

Seguindo o mesmo raciocínio, a incerteza de demanda de uma dada etapa do ciclo produtivo é gerada pela sua etapa subsequente. Neste caso se enquadra a incerteza de demanda que o mercado consumidor causa no estoque de produtos acabados ou a incerteza que este mercado gera sobre o estoque de corantes.

Também classificamos, na figura 6.1, as incertezas de acordo com a sua intensidade. Com isso, buscamos diferenciar as incertezas entre si porque existem, por exemplo, itens com grande incerteza de fornecimento e outros itens com pequena incerteza.

Na figura 6.1, os estoques de produtos acabados, de pano cru, de corantes e de fios estão englobando os produtos da malharia plana e da malharia circular porque as incertezas relacionadas aos artigos das duas malharias apresentam características que, para fins de ilustração, são semelhantes.

A incerteza de demanda com relação ao tempo se refere às variações associadas às datas de entrega de um certo pedido. Em virtude da ausência de um relatório que forneça a data prometida e a data efetiva de entrega de um pedido, não foi possível disponibilizar os dados relacionados a essa incerteza. Entretanto, por meio de consultas ao departamento de vendas, ficamos sabendo que as datas prometidas frequentemente não são cumpridas e que o atraso não é desprezível, o que nos levará a estudar esta incerteza num etapa posterior do projeto.

No entanto, a impossibilidade de levantar esses dados não prejudica o nosso estudo atual porque a empresa, inicialmente, deverá alcançar a pontualidade nas entregas dos pedidos para, em seguida, ponderar sobre esta incerteza.

Neste tópico do Trabalho, também não analisaremos as questões relativas ao estoque de produtos químicos, que são utilizados para o acabamento dos tecidos, porque esta atividade não consta das atribuições do autor ou da equipe de implantação até o momento.

Ao término destas considerações iniciais, trataremos das incertezas associadas aos estoques de cada etapa do processo produtivo porque é relevante

analisar, primeiramente, cada etapa isolada do processo, para, depois, estipular uma política de estoques e tempos de segurança para a cadeia como um todo.

É importante ressaltar que, em cada uma das etapas, analisaremos, separadamente, os itens relativos às duas malharias porque elas apresentam aspectos muito particulares, tais como:

- fornecedores diferentes de fios;
- fios são entregues de formas diferentes, visto que, todos os fios da circular chegam em cones e os da plana chegam metade em carreéis e metade em cones;
- os fios apresentam características de utilização diferentes nas máquinas, ou seja, um fio destinado à malharia plana não pode ser utilizado numa máquina da malharia circular;
- custos e preços de venda diferentes;
- variações no processo produtivo porque, na malharia plana, todos os tecidos são tingidos na empresa, ao passo que, na malharia circular, os produtos listrados não passam pelo processo de tingimento;
- os produtos da malharia circular que passam pela etapa de tingimento utilizam corantes diferentes daqueles que tingem os produtos da malharia plana.

Para realizar a análise das incertezas, utilizaremos os dados de 4 meses (julho a outubro) porque são representativos do ciclo de sazonalidade em que estamos. No entanto, para quantificar as incertezas, consideraremos os dados equivalentes a um mês porque a empresa compra as suas matérias-primas e avalia as suas vendas mensalmente.

Também dividiremos os produtos com características semelhantes em famílias e observaremos a curva ABC dos custos, dos preços de venda e/ou das quantidades consumidas, conforme for o caso.

Em seguida, será elaborado um procedimento para a análise, o dimensionamento e o posicionamento dos estoques e tempos de segurança.

No “software” da empresa, os estoques de segurança serão lançados sob a forma de quantidades, num campo próprio, e os tempos de segurança serão adicionados aos “lead times” de cada atividade.

Também proporemos, para o caso concreto da empresa, um dimensionamento e um posicionamento para os estoques e tempos de segurança.

### **6.2.2 - Incertezas quanto ao estoque de fios**

#### **A - Malharia plana**

Todos os artigos desta malharia utilizam o elastano (Lycra®) e a poliamida (Nylon®), que chegam sob a forma de carretéis, sendo que 50% das quantidades são recebidas diretamente dos fornecedores e os 50% restantes provém da urdideira, que recebe os fios em cones. A composição dos artigos oscila numa faixa de 80 a 85% de poliamida e 20 a 15% de elastano.

Por esse motivo, vamos considerar duas famílias de fios na malharia plana, ou seja, a família da poliamida e a família do elastano.

Com relação à poliamida, o levantamento realizado indicou que as entregas costumam atrasar de 8 a 12 dias e que o fornecedor, quando existe muita demanda por poliamida no mercado, deixa de entregar, no período considerado (mês), a quantidade correspondente a 19400Kg.

No tocante ao elastano, o atraso máximo na entrega é de 2 dias e, muitas vezes, o fornecedor não entrega, no período associado ao pedido, a quantidade correspondente a 3400Kg.

Ao analisar as incertezas de demanda, temos que observar a demanda agregada dos produtos porque os fios servem para fabricar todos os itens desta malharia. No entanto, também precisamos saber que 50% da incerteza de demanda do produto final é amortecida pelo estoque de pano cru e 50% recai sobre o estoque de fios da malharia porque, dependendo da cor solicitada pelo cliente, a fixação pode ser incompatível com o corante a ser utilizado e, por isso, é necessário fabricar um novo tecido.

Comparando as quantidades previstas com as quantidades efetivamente vendidas e sabendo da distribuição da incerteza de demanda do produto final entre o estoque de pano cru e o estoque de fios da malharia, verificamos que houve uma variação agregada de 7,7%, o que corresponde a 2,3 dias de produção. No entanto,

considerando a porcentagem de cada matéria-prima no produto final, verificamos que a incerteza de demanda correspondia a 4200Kg, para o elastano, e 21000Kg, para a poliamida.

Conforme mencionamos anteriormente, não existe um relatório que permita a comparação entre as datas prometidas e as datas efetivas de entrega, mas sabemos, através de consultas ao departamento de vendas, que as datas de entrega frequentemente não são cumpridas. Devido à ausência do relatório, não foi possível averiguar as incertezas de demanda com relação ao tempo.

Os dados acima apresentados estão resumidos na tabela a seguir:

Famílias	Incertezas			
	de fornecimento		de demanda	
	quantidade (Kg)	tempo (dias)	quantidade (Kg)	tempo (dias)
Poliamida	19400,0	8 a 12	21000,0	ND
Elastano	3400,0	2,0	4200,0	ND

Legenda:

ND = não disponível

**Figura 6.2: Tabela com as incertezas relacionadas ao estoque de fios da malharia plana**

Elaborada pelo autor

## B - Urdideira

O departamento de urdimento ou urdideira é responsável pela colocação dos fios, que são recebidos em cones, na forma de carretéis, que serão enviados para a malharia plana.

A urdideira trabalha com os fios de poliamida e de elastano, o que nos leva a considerar cada tipo de fio como uma família porque eles possuem características distintas de incertezas.

O levantamento de dados indicou que o fornecedor de poliamida, que é o mesmo da malharia plana, chega a atrasar o fornecimento entre 8 a 12 dias e que ele não entrega, principalmente em momentos de aumento da demanda no mercado, quantidades equivalentes a 16000Kg.

Essa incerteza de quantidade é menor do que a incidente sobre os carretéis que chegam à malharia plana porque, segundo o argumento do fornecedor, os fios entregues em cones apresentam uma operação a menos no seu processo produtivo.

Quanto ao elastano, os atrasos nas entregas podem chegar a 2 dias e a incerteza de fornecimento relacionada à quantidade é de 2400Kg.

A malharia plana utiliza, preferencialmente, os fios urdidos que chegam diretamente dos fornecedores, requisitando fios urdidos, para a urdideira, à medida que os carretéis comprados vão sendo consumidos.

Dessa forma, as incertezas de demanda, relativas às quantidades, as quais recaem sobre o estoque de fios, são amortecidas pelo estoque de fios da malharia plana, gerando variações não significativas no estoque da urdideira.

Pelos fatores que já foram expostos, os dados a respeito das incertezas de demanda quanto ao tempo não estavam disponíveis também para esse estoque.

Em seguida, apresentaremos uma tabela que ilustra as incertezas descritas:

Famílias	Incertezas			
	de fornecimento		de demanda	
	quantidade (Kg)	tempo (dias)	quantidade (Kg)	tempo (dias)
Poliamida	16000,0	8 a 12	NS	ND
Elastano	2400,0	2,0	NS	ND

Legenda:

NS = não significativo

ND = não disponível

**Figura 6.3: Tabela com as incertezas relacionadas ao estoque de fios da urdideira**

**Elaborada pelo autor**

### C - Malharia circular

Os artigos desta malharia são fabricados a partir do algodão, do elastano e do poliéster, sendo que os fios são fornecidos em cones.

Na linha de produtos algodão-elastano, o algodão corresponde a 80 a 90% do tecido e o elastano, aos 20 a 10% restantes, ao passo que, na linha de produtos que utiliza poliéster e elastano, o poliéster representa 90% do artigo e o elastano, 10%.

A partir dessas colocações, reconhecemos a existência de 3 famílias de fios, ou seja: o algodão, o elastano e o poliéster.

A entrega do poliéster, cujo fornecedor não prima pela pontualidade, costuma atrasar de 10 a 16 dias e, na maior parte dos casos, uma quantidade de 5400Kg chega com defeitos, que impedem o seu uso.

O elastano chega com, no máximo, 1 dia de atraso e as quantidades não entregues ou entregues com defeito são desprezíveis.

Com relação ao algodão, encontramos também um fornecimento pontual, com, no máximo, 1 dia de atraso, sendo que as quantidades que não são entregues no período considerado ou que são entregues com defeito atingem 1600Kg.

Para estudar as incertezas de demanda relacionadas às quantidades, consideramos as variações agregadas de cada uma das duas linhas de produtos desta malharia, observando também a composição dos artigos e o fato de que, na linha algodão-elastano, metade da incerteza de demanda do produto final incide sobre o estoque de pano cru e metade, sobre o estoque de fios porque a cor solicitada pelo cliente pode ser incompatível com a fixação realizada para o pano cru estocado, o que gera a necessidade de fabricar um novo tecido.

Dessa forma, verificamos que a linha algodão-elastano teve uma variação de 15%, o que corresponde a 5600Kg, ao passo que, a linha poliéster-elastano apresentou uma variação agregada de 13,3%, o que equivale a 13600Kg.

Entretanto, essas variações agregadas resultam numa incerteza de demanda de: 2000Kg para o elastano; 5000Kg para o algodão e 12200Kg para o poliéster.

No tocante à incerteza relacionada ao tempo da demanda, não foi possível levantar dados porque a empresa, segundo constatações do departamento de vendas, não cumpre as datas de entrega, além do que, não existe um relatório que permita a quantificação dos atrasos.

Para facilitar a visualização do que foi descrito acima, apresentaremos, a seguir, um quadro com os valores obtidos:

Famílias	Incertezas			
	de fornecimento		de demanda	
	quantidade (Kg)	tempo (dias)	quantidade (Kg)	tempo (dias)
Algodão	1600,0	1,0	5000,0	ND
Elastano	NS	1,0	2000,0	ND
Poliéster	5400,0	10 a 16	12200,0	ND

Legenda:

NS = não significativo

ND = não disponível

**Figura 6.4: Tabela com as incertezas relacionadas ao estoque de fios da malharia circular**

Elaborada pelo autor

### 6.2.3 - Incertezas quanto ao estoque de corantes

#### A - Corantes para os tecidos da Malharia plana

Os tecidos da malharia plana podem ser tingidos em, aproximadamente, 86 cores distintas, mas é possível agrupá-las em 40 famílias, com tonalidades e composições próximas.

Observando a curva ABC de quantidades movimentadas e de custo médio total, verificou-se que os itens se encontravam na mesma categoria, independente da classificação utilizada.

Com isso, constatou-se a distribuição apresentada na figura abaixo:

Curva ABC dos corantes				
Malharia plana				
Itens	No. de famílias	% do total de família	% movimentação/custo	% acumulada
A	7	18,0	65,0	65,0
B	12	30,0	24,0	89,0
C	21	52,0	11,0	100,0

**Figura 6.5: Curva ABC dos corantes para tecidos da malharia plana**

Elaborada pelo autor

Para efetuar o estudo das incertezas associadas aos corantes, principalmente das incertezas de demanda, é interessante agrupá-los em 3 famílias, que coincidem com as 3 classes da curva ABC, apresentada na figura 6.5 acima.

A partir dos levantamentos realizados no almoxarifado químico, verificou-se que as incertezas de fornecimento são reduzidas porque o atraso na entrega chega, no máximo, a 1 dia e as quantidades totais que são reprovadas no teste de qualidade também não ultrapassaram 122Kg no período, o que corresponde a 4,0% das quantidades que foram compradas no mês. Dessa forma, a incerteza de fornecimento com relação às quantidades chega a 78,0Kg para a família A, 30,0Kg para a família B e 14,0Kg para a família C.

É importante colocar que a empresa, aguardando um grande aumento nas vendas, decidiu comprar maiores quantidades de corantes, o que resultou em níveis de estoques mais altos no período analisado.

Com relação às incertezas de demanda, as variações encontradas apresentaram comportamentos diferentes para cada uma das famílias e são decorrentes das incertezas dos produtos finais e da demanda registrada para cada família de cor. Enquanto os corantes da famílias A apresentaram uma variação máxima de 14,1% nas quantidades demandadas, o que representa 150Kg, os integrantes da família B sofreram uma oscilação de 14,2%, o que corresponde a 56Kg. No caso dos corantes

da família C, a variação nas quantidades solicitadas pelos clientes chegou a 13,3%, simbolizando 24Kg.

Esse comportamento é justificado pelas características da demanda dos diversos corantes porque, na família A, estão reunidas as cores que possuem demanda maior, ou seja, são aquelas cores (branco, preto, vermelho, marinho, por exemplo) que possuem maior volume de vendas. Ao passo que, na família C, encontram-se as cores com menor demanda, para as quais, um pedido de um cliente, envolvendo uma quantidade muito grande, causa uma flutuação significativa nas quantidades demandadas. O caso da família B representa uma situação intermediária, visto que as cores reunidas nesta família apresentam uma demanda que não chega a ser grande, como na família A, e nem reduzida, como na C.

No tocante à incerteza de demanda associada ao tempo, os dados não estavam disponíveis, em virtude dos motivos já relacionados neste Trabalho.

Os valores resultantes do levantamento de dados efetuado são apresentados na tabela a seguir:

Famílias	Incertezas			
	de fornecimento		de demanda	
	quantidade (Kg)	tempo (dias)	quantidade (Kg)	tempo (dias)
A	78,0	1,0	150,0	ND
B	30,0	1,0	56,0	ND
C	14,0	1,0	24,0	ND

Legenda:

ND = não disponível

**Figura 6.6: Tabela com as incertezas relacionadas ao estoque de corantes da malharia plana**

Elaborada pelo autor

## B - Corantes para os tecidos da Malharia circular

A malharia circular fabrica tecidos que serão tingidos na empresa e tecidos listrados, cujos fios são tingidos pelos próprios fornecedores.

No caso dos tecidos listrados, que representam 57% da produção da malharia circular, não há incertezas relacionadas aos corantes, em virtude do motivo acima descrito.

Dessa forma, a análise a ser realizada se concentrará na produção de tecidos que serão tingidos na própria empresa, o que representa 43% da produção da malharia circular.

Neste caso, também analisamos a curva ABC de quantidades movimentadas de corantes e a curva ABC dos seus custos médios totais, constatando que, independente da classificação adotada, os corantes pertenciam à mesma classe.

A partir dos dados coletados, montamos a tabela a seguir:

Curva ABC dos corantes				
Malharia Circular				
Itens	No. de famílias	% do total de família	% movimentação/custo	% acumulada
A	6	18,1	60,0	60,0
B	10	30,3	30,0	90,0
C	17	51,5	10,0	100,0

**Figura 6.7: Curva ABC dos corantes para tecidos da malharia circular**

Elaborada pelo autor

Para facilitar o estudo das incertezas, principalmente de demanda, associadas aos corantes empregados nos tecidos da malharia circular e aproveitando o fato das cores presentes em cada uma das categorias da figura 6.7 possuírem comportamento semelhante frente às incertezas, vamos dividir os corantes em 3 famílias, que serão representadas pelos itens A, B e C.

Com relação às incertezas de fornecimento, verificamos que todos os fornecedores apresentam uma boa confiabilidade porque os atrasos máximos chegam a 1 dia e as quantidades fornecidas fora das especificações atingiram, no máximo,

196Kg, o que representa 9,8% das quantidades compradas no mês. Seguindo a mesma estratégia que foi adotada para os corantes da malharia plana, a empresa também adquiriu um volume maior de corantes para a malharia circular, implicando em maiores níveis de estoque.

Em consequência deste fato, a família A conviveu com uma incerteza de fornecimento de 120Kg, ao passo que, a família B registrou incertezas de fornecimento de quantidades de 54Kg e a família C teve incertezas de 22Kg.

Quanto às incertezas de demanda, que foram influenciadas pelas incertezas de demanda dos produtos finais e de suas cores, as famílias de corantes exibiram comportamentos diferentes porque, em relação às quantidades demandadas, a família A registrou oscilações de, no máximo, 13,5%, o que equivale a 62Kg, enquanto que, a família B teve variações de até 17,5% nas quantidades requeridas pelos clientes, o que representa 40Kg, e a família C apresentou oscilações que chegaram, no mês, a 13,1% da sua demanda ou 10Kg.

Essas incertezas nas quantidades demandadas ocorrem por causa do tipo de cor que está presente em cada família e das características da demanda do período analisado.

Como a família A engloba as cores mais pedidas (branco, preto, vermelho, marfin, por exemplo), as quantidades demandadas apresentaram uma variação grande de quilos. Ao contrário do que acontece com as cores da família C (cores cítricas e “da moda”, por exemplo), cuja demanda oscila bastante, porque qualquer quantidade maior que for pedida por um cliente vai superar a demanda habitual de uma cor desta família, mas, em relação às quantidades, a variação pode ser considerada pequena. Além disso, a família C engloba 17 cores diferentes, que, no total, movimentam apenas 10% dos corantes.

A família B, reunindo 10 cores distintas, registrou uma variação intermediária de quilos, mas sofreu uma oscilação porcentual elevada devido às características da sua demanda no período.

Quanto às incertezas de tempo relacionadas à demanda, não obtivemos dados que possibilitessem essa análise.

Com o intuito de facilitar a visualização, exibimos, a seguir, uma tabela com os dados que foram levantados na empresa:

Famílias	Incertezas			
	de fornecimento		de demanda	
	quantidade (Kg)	tempo (dias)	quantidade (Kg)	tempo (dias)
A	120,0	1,0	62,0	ND
B	54,0	1,0	40,0	ND
C	22,0	1,0	10,0	ND

Legenda:

ND = não disponível

**Figura 6.8: Tabela com as incertezas relacionadas ao estoque de corantes da malharia circular**

Elaborada pelo autor

#### 6.2.4 - Incertezas quanto ao estoque de pano cru

##### A - Malharia plana

O estoque de pano cru armazena os tecidos que foram fixados, mas que, ainda, não receberam cor, constituindo uma reserva para atender às oscilações da demanda.

Normalmente, o estoque de pano cru amortece 50% da incerteza de demanda dos produtos finais, sendo que a outra metade incide sobre o estoque de fios.

Dessa forma, para estudar as incertezas relacionadas a esse estoque, devemos observar as incertezas provenientes das malharias e da demanda agregada dos artigos, o que nos conduziu ao levantamento de dados a respeito das variações nos defeitos que a malharia gera nos tecidos, dos atrasos na fabricação, da curva ABC de quantidades agregadas vendidas, da curva ABC de custos, da previsão de vendas e das variações nesta previsão.

Analizando os dados coletados, verificamos que os produtos podem ser agrupados em 3 famílias, cujos integrantes possuem características semelhantes com relação a: quantidades vendidas, custos, defeitos, previsão de vendas e variações nas vendas.

As famílias formadas estão representadas na figura a seguir:

### Famílias de tecidos da malharia plana

No. da família	No. de itens	%quantida-de vendida	% acumula-dada
1	2	59,2	59,2
2	4	28,7	87,9
3	24	12,1	100,0

**Figura 6.9: Tabela com as famílias de tecidos da malharia plana**

**Elaborada pelo autor**

Com relação às incertezas de fornecimento, os defeitos de malharia dos itens que formam a família 1 tiveram 4,5% de variação, o que representa 8800Kg, ao passo que, a família 2, enfrentou variações de 2,2%, resultando numa quantidade de 2000Kg de tecidos defeituosos. Por outro lado, a família 3 teve uma flutuação de 3,6% no nível dos defeitos, ou seja, 1400Kg.

A porcentagem de defeitos de cada uma dessas famílias está muito associada ao tipo de malha e de trama que é desenvolvida para o tecido.

Como o tempo de fila existente no processo produtivo é muito elevado, não foi possível constatar valores significativos para a incerteza de fornecimento quanto ao tempo.

Quanto às incertezas de demanda relativas às quantidades, a família 1 apresentou uma variação de 6,5%, o que representa 12600Kg, enquanto que, a família 2 teve variações de 10,0% nas quantidades demandadas, ou seja, 9200Kg, porque a família 2 engloba tecidos com menor vendagem e, dessa forma, um pedido maior de algum cliente pode gerar essa diferença entre a previsão de vendas e as vendas reais.

Através dos dados coletados, também constatamos variações de 7,5% na demanda da família 3, correspondendo a 3000Kg.

No tocante às incertezas de tempo associadas à demanda, os dados não estavam disponíveis.

O quadro a seguir resume os dados apresentados:

Famílias	Incertezas			
	de fornecimento		de demanda	
	quantidade (Kg)	tempo (dias)	quantidade (Kg)	tempo (dias)
1	8800,0	NS	12600,0	ND
2	2000,0	NS	9200,0	ND
3	1400,0	NS	3000,0	ND

Legenda:

NS = não significativo

ND = não disponível

**Figura 6.10: Tabela com as incertezas relacionadas ao estoque de pano cru da malharia plana**

Elaborada pelo autor

## B - Malharia circular

Devido ao fato do estoque de pano cru armazenar apenas tecidos que serão tingidos, a linha de produtos poliéster-elastano, que são fabricados a partir de fios tintos pelos fornecedores, não será considerada neste tópico do Trabalho.

Dessa forma, o nosso estudo abrangerá os produtos da linha algodão-elastano, que podem ser agrupados em 2 famílias, cujos integrantes possuem características semelhantes no que diz respeito às variações nos defeitos gerados pela malharia, aos atrasos na fabricação, à curva ABC de quantidades agregadas vendidas, à curva ABC de custos, à previsão de vendas e às variações nesta previsão.

O estoque de pano cru é responsável por absorver metade das incertezas de demanda dos produtos finais da linha algodão-elastano, sendo que a outra metade fica por conta do estoque de fios.

A família 1 é composta pelos tecidos algodão-elastano usados na moda “outwear” e a família 2 é formada pela linha algodão-elastano usada na moda lingerie.

A figura a seguir ilustra a relação entre as 2 famílias:

Famílias de tecidos da malharia circular

No. da família	No. de itens	%quantidade vendida	% acumulada
1	6	78,8	78,8
2	9	21,2	100,0

**Figura 6.11: Tabela com as famílias de tecidos da malharia circular**

**Elaborada pelo autor**

As incertezas de malharia atingiram 7,0% das quantidades da família 1, o que corresponde a 4200Kg, enquanto que, a família 2 apresentou uma incerteza de 14,0% nas quantidades fornecidas pela malharia, o que representa 2200Kg. Tais valores são decorrentes da estrutura do tecido, do tipo de malha e do número de pontos utilizados na sua confecção, sendo que os tecidos da linha algodão-elastano destinados a artigos de lingerie são mais sensíveis a essas dificuldades do processo de fabricação.

Com relação às incertezas de fornecimento com relação ao tempo, o levantamento de dados não trouxe dados significativos porque o tempo de fila no processo é elevado, o que mascara possíveis atrasos.

No tocante às incertezas de demanda com relação às quantidades, a família 1 sofreu oscilações de 7,0% e a família 2 teve variações de 9,0%. Esses valores representam 4200Kg e 1400Kg, respectivamente, e podem ser explicados pela maior estabilidade da demanda dos itens que integram a família 1, destinada à moda “outwear”.

Quanto à incerteza de demanda associada ao tempo, a ausência de dados e relatórios impossibilitaram o diagnóstico de dados relativos a esta incerteza.

Para proporcionar uma observação mais fácil, condensamos os dados na tabela a seguir:

Famílias	Incertezas			
	de fornecimento		de demanda	
	quantidade (Kg)	tempo (dias)	quantidade (Kg)	tempo (dias)
1	4200,0	NS	4200,0	ND
2	2200,0	NS	1400,0	ND

Legenda:

NS = não significativo

ND = não disponível

**Figura 6.12: Tabela com as incertezas relacionadas ao estoque de pano cru da malharia circular**

Elaborada pelo autor

#### 6.2.5 - Incertezas quanto ao estoque de produtos acabados

##### A - Malharia plana

A análise das incertezas associadas ao estoque de produtos acabados é mais trabalhosa porque precisamos considerar as incertezas que incidem sobre os pares artigo-cor.

Para efetuar as nossas análises, vamos agrupar os produtos segundo as 3 famílias definidas para o estoque de pano cru e, para cada uma destas famílias, classificaremos as cores em duas categorias, ou seja, em cores com demanda mais estável e cores com demanda menos estável.

As cores com demanda mais estável fazem parte da família A do estoque de corantes e as cores com demanda menos estável são representadas pelas famílias B e C do estoque mencionado.

A relação entre as famílias artigo-cor é ilustrada pela figura a seguir e, posteriormente, utilizaremos a coluna “Referência” para designar cada uma das famílias:

**Famílias de produtos acabados da malharia plana**

No. da família	No. de itens	Demandada cor	Referência	% na família	%quant artigo vendida	% acumulada artigo
1	2	+ estável	1A	70,0	59,2	59,2
		- estável	1B	30,0		
2	4	+ estável	2A	75,0	28,7	87,9
		- estável	2B	25,0		
3	24	+ estável	3A	55,0	12,1	100,0
		- estável	3B	45,0		

**Figura 6.13: Tabela com as famílias de produtos acabados da malharia plana**

Elaborada pelo autor

A porcentagem de cada tipo de cor em cada uma das famílias e as incertezas de demanda foram obtidas através da consulta ao departamento de vendas porque a empresa ainda não dispõe de um relatório que forneça esses dados.

A partir dos dados coletados, foi possível verificar que a família 1A apresentou 1,4% de incerteza de fornecimento relacionada à quantidade, o que representa 2600Kg, enquanto que a família 1B registrou 1,1% de incertezas de fornecimento ou 2200Kg, totalizando 4800Kg para o conjunto da família 1. Tais incertezas foram causadas por problemas com os corantes e com o manuseio dos tecidos, sendo que tais problemas são evidenciados com maior freqüência pelas cores de demanda menos estável.

A família 2A também apresentou uma variação de 0,6% nas quantidades fornecidas ou 520Kg de produtos, ao passo que, a família 2B atingiu variações de 0,4% ou 380Kg, contabilizando o montante de 900Kg de variação que a família 2 registrou.

Da mesma forma, a família 3A assinalou uma incerteza de 1,2% ou 500Kg e a 3B chegou ao valor de 1,4% de flutuação ou 540Kg de incerteza. Tais valores também são explicados pela maior afinidade que as cores de maior demanda, como o branco, o preto e o marinho, possuem com os fios e pelo fato dessas cores ajudarem a “esconder” pequenas imperfeições do tingimento.

Quanto à incerteza de fornecimento relacionada ao tempo, o levantamento de dados não indicou nenhum valor representativo porque as filas existentes nas várias etapas do processo produtivo encobrem este tipo de incerteza, que somente aparecerá com a redução dos tempos de fila.

No tocante às incertezas de demanda relativas às quantidades, a família 1A teve variações de 7,6% ou 15000Kg e a família 1B registrou oscilações de 5,4% ou 10400Kg porque a família 1B agrupa as cores especiais de clientes e porque qualquer pedido maior de algum cliente altera as quantidades vendidas, já que essa família engloba as cores com menores quantidades pedidas. Dessa forma, constatamos que a família 1 enfrentou incertezas de 13% ou 25400Kg.

Enquanto isso, a demanda da família 2A variou 13,5% ou 12600Kg e a família 2B teve uma demanda que oscilou 6,5%, o que corresponde a 6000Kg, devido às características da demanda desta família e dos corantes utilizados. Com isso, a família 2 atingiu incertezas de 20% ou 18600Kg.

Continuando a análise dos dados, observamos que as quantidades demandadas da família 3A chegaram a variar até 6,5% e as quantidades da família 3B atingiram uma variação máxima de 8,5%, ou seja, tivemos variações que atingiram o máximo de 2600Kg e 3400Kg, respectivamente, sendo que o motivo dessas diferenças esteve ligado à maior ou menor demanda dos itens e ao tamanho dos pedidos dos clientes.

Neste caso, também não pudemos constatar incertezas de demanda com relação ao tempo.

O quadro a seguir resume os valores associados a cada uma das incertezas:

Famílias	Incertezas			
	de fornecimento		de demanda	
	quantidade (Kg)	tempo (dias)	quantidade (Kg)	tempo (dias)
1A	2600,0	NS	15000,0	ND
1B	2200,0	NS	10400,0	ND
2A	520,0	NS	12600,0	ND
2B	380,0	NS	6000,0	ND
3A	500,0	NS	2600,0	ND
3B	540,0	NS	3400,0	ND

Legenda:

NS = não significativo

ND = não disponível

**Figura 6.14: Tabela com as incertezas relacionadas ao estoque de produtos acabados da malharia plana**

Elaborada pelo autor

### B - Malharia circular

No caso da malharia circular, a análise das incertezas incidentes sobre o produto acabado engloba o estudo dos produtos listrados e dos produtos tingidos.

Para realizar tal análise, vamos considerar 2 famílias de tecidos tingidos e 2 categorias de cores: as com demanda mais estável e as com demanda menos estável. Enquanto que, os tecidos listrados serão divididos em 2 famílias, a partir da curva ABC de quantidades vendidas e de custos.

A relação existente entre as famílias e a referência que as designará, nos comentários a serem feitos, aparecem na figura a seguir:

### Famílias de produtos acabados da malharia circular

No. da família	No. de itens	Demandada cor	Referência	% na família	%quant artigo vendida
1 (tingido)	6	+ estável	1A	67,0	34,0
		- estável	1B	33,0	
2 (tingido)	9	+ estável	2A	71,0	9,0
		- estável	2B	29,0	
3 (listrado)	5		3		36,0
4 (listrado)	26		4		21,0
<b>total</b>				<b>100,0</b>	

**Figura 6.15:** Tabela com as famílias de produtos acabados da malharia circular

Elaborada pelo autor

Mais uma vez o autor buscou informações junto ao departamento de vendas para definir as incertezas de demanda e a porcentagem de cada tipo de cor em cada uma das famílias porque a empresa não dispõe de relatórios que o municiassem com estas informações.

Quanto à incerteza de fornecimento relacionada às quantidades, a família 1A sofreu variações de 4,7% ou 2800Kg e a família 1B assinalou flutuações da ordem de 4,3% ou 2600Kg, em virtude do tingimento que é realizado.

Enquanto isso, a família 2A registrou 4,0% ou 360Kg de incerteza de fornecimento e a família 2B contabilizou variações de 2,7% ou 440Kg, devido a problemas de tingimento e de acabamento.

No caso dos tecidos listrados, a família 3 apresentou muitos problemas com os fios e as quantidades fornecidas foram cercadas por 9% ou 5800Kg de incertezas e a família 4 registrou oscilações de 7% ou 2600Kg, o que é uma perda muito menor do que a ocorrida na família 3 porque os tecidos da família 4 utilizam uma variedade maior de fios, possibilitando um maior aproveitamento dos mesmos.

Quanto às incertezas de fornecimento associadas ao tempo, não foi possível observar uma variação significativa entre o tempo programado e o tempo real porque os grandes tempos de fila dificultaram esta análise.

No tocante às incertezas de demanda relacionadas às quantidades, a família 1A registrou variações da ordem de 7,3%, o que resulta em 4400Kg, ao passo que, a família 1B teve variações de 6,7%, equivalendo a 4000Kg, sendo que esse comportamento foi explicado, segundo o departamento de vendas, pela instabilidade da demanda e pela existência de estoques ao longo da cadeia de comercialização.

Com relação à família 2A, encontramos variações de 12,0% ou 1800Kg e, para a família 2B, as variações da demanda foram de 9,0% ou 1000Kg. O comportamento dos clientes, associado à época do ano, definiram essas incertezas, de acordo com a informação e a experiência dos funcionários do departamento de vendas.

Em virtude das características do produto e da demanda, encontramos diferenças entre a previsão de vendas e as vendas reais da família 3, que agrupa os tecidos listrados de maior procura, e da família 4, que reúne os tecidos com menor demanda. Para a família 3, a variação nas quantidades demandadas foi de 12% ou 7600Kg e, para a família 4, tivemos oscilações de 16% ou 6000Kg.

As incertezas de demanda devido ao tempo não estavam disponíveis.

Um resumo dos valores comentados é mostrado na tabela a seguir:

Famílias	Incertezas			
	de fornecimento		de demanda	
	quantidade (Kg)	tempo (dias)	quantidade (Kg)	tempo (dias)
1A	2800,0	NS	4400,0	ND
1B	2600,0	NS	4000,0	ND
2A	360,0	NS	1800,0	ND
2B	440,0	NS	1000,0	ND
3	5800,0	NS	7600,0	ND
4	2600,0	NS	6000,0	ND

Legenda:

NS = não significativo

ND = não disponível

**Figura 6.16: Tabela com as incertezas relacionadas ao estoque de produtos acabados da malharia circular**

Elaborada pelo autor

### 6.3 - Periodicidade de revisão dos estoques e tempos de segurança

A parametrização dos estoques e tempos de segurança garante um funcionamento eficiente do sistema MRPII, mas, em virtude das características da demanda, das incertezas e de outros fatores, seus valores não podem ser considerados imutáveis.

Dessa forma, surge a necessidade de realizar revisões nos valores cadastrados no sistema, ajustando-os aos novos cenários pelos quais a empresa passa.

No caso da empresa na qual o autor trabalhou, essa atividade envolve a definição dos dias de estoque ou de produção ou de compra, associados às incertezas de tempo, e das quantidades relacionadas às incertezas de quantidade.

Para nortear o processo de revisão e a decisão do momento em que ela deve ocorrer, existem algumas diretrizes gerais que o administrador do sistema MRPII deve observar.

Entre essas diretrizes cabe destacar:

⇒ a entrada num novo ciclo de sazonalidade porque, dependendo do período do ano, as quantidades demandadas variam e as incertezas assumem nuances diferentes, como, por exemplo, a mudança de umidade do ar, que afeta a produção das malharias, ou a maior ou menor

pontualidade dos fornecedores, que está associada a um aumento da demanda agregada de um certo fio;

⇒ **uma mudança significativa do volume de produção**, que pode ser originada pelo aumento ou pela redução da demanda de um dado produto final ou pela variação do volume total demandado, em decorrência de um aquecimento da economia nacional;

⇒ **uma alteração nas incertezas ou nas suas fontes** porque os estoques e os tempos de segurança existem para proteger o sistema MRPII dessas incertezas. Dessa forma, uma melhoria dos processos produtivos, uma maior pontualidade dos fornecedores, um comportamento mais estável da demanda, entre outras causas, podem disparar um processo de revisão dos valores cadastrados;

⇒ **uma maior precisão do modelo de previsão de vendas** porque permitiria um conhecimento maior a respeito do comportamento da demanda, reduzindo as incertezas a ela associadas;

⇒ **uma alteração na composição das famílias de produtos ou a introdução de um novo produto** porque cada família depende de recursos e matérias-primas diferentes e possuem incertezas específicas;

⇒ **mudanças no processo produtivo** porque cada etapa do processo de fabricação apresenta incertezas particulares e os estoques e tempos de segurança estão relacionadas a cada etapa do processo.

Todas essas diretrizes são importantes para orientar o processo de revisão dos estoques e tempos de segurança e para auxiliar na definição da periodicidade dessa revisão porque as quantidades demandadas ou produzidas variam, causando alterações que influenciam os parâmetros cadastrados no sistema MRPII.

#### **6.4 - Metodologia para análise, dimensionamento e posicionamento dos estoques e tempos de segurança**

A partir das atividades desenvolvidas nos vários itens do tópico 6.2, podemos elaborar uma metodologia geral para a análise, o dimensionamento e o posicionamento dos estoques e tempos de segurança no sistema MRPII da empresa.

Para analisar esses parâmetros, é importante realizar as seguintes atividades:

- ✓ determinar as etapas do processo produtivo porque as incertezas se apresentam de forma diferente em cada uma das etapas;
- ✓ definir os estoques associados a cada uma das etapas do processo;
- ✓ identificar as incertezas de fornecimento e de demanda, com relação ao tempo e às quantidades, em cada etapa do processo de fabricação, o que possibilitará a quantificação dos parâmetros;
- ✓ separar os itens relacionados a cada malharia porque eles utilizam matérias-primas e recursos diferentes e possuem características de demanda e de incertezas diferentes;
- ✓ construir a curva ABC dos itens que compõem um certo estoque, considerando as quantidades movimentadas, os custos e/ou os preços de venda, conforme for a necessidade do caso concreto, porque os itens apresentam importâncias diferentes para a empresa;
- ✓ separar, para cada malharia, os itens de estoque em famílias, cujos integrantes tenham características semelhantes de demanda, de custos e/ou de preços, dependendo do nível da estrutura dos produtos que estivermos analisando, porque em cada nível existe um ou mais aspectos que são mais importantes para determinar os estoques e tempos de segurança;
- ✓ obter relatórios, de período a período, dos níveis dos estoques considerados, o que permitirá analisar o comportamento da demanda de cada item e o nível de estoque praticado;
- ✓ observar os ciclos de sazonalidade que afetam os itens dos estoques porque as quantidades e as incertezas variam conforme o ciclo;
- ✓ considerar melhorias no processo de fabricação e no modelo de previsão de vendas porque elas reduzem as incertezas.

Com o intuito de dimensionar os estoques e tempos de segurança, precisamos observar os seguintes passos:

- ✓ quantificar as incertezas de demanda e de fornecimento, escolhendo a unidade que melhor reflete as características das incertezas que incidem sobre a empresa. Com relação aos tempos de segurança, não paira dúvida

de que a unidade é temporal, como, por exemplo, dias, semanas ou horas. Da mesma forma, com relação aos estoques de segurança, é mais recomendável utilizar quantidades, para expressar os valores cadastrados no sistema MRPII;

- ✓ monitorar os níveis dos estoques em cada período, para observar se os estoques de segurança estão sendo muito ou pouco utilizados;
- ✓ analisar a pontualidade e a confiabilidade dos fornecedores e dos processos internos e as melhorias que estão sendo realizadas no processo produtivo pois esses fatores são os responsáveis por várias incertezas que afetam o sistema e que geram a necessidade de mantermos estoques e/ou tempos de segurança;
- ✓ estudar os resultados do modelo de previsão de vendas, para verificar o volume de produção previsto e os possíveis desvios com relação às vendas reais;
- ✓ definir o montante que a empresa deseja investir em estoques e a estratégia comercial que ela pretende seguir;
- ✓ considerar os ciclos de sazonalidade que influenciam os produtos estocados porque as quantidades e as incertezas variam de acordo com o ciclo;
- ✓ verificar a importância do item na classificação ABC dos estoques porque os itens mais importantes merecem um controle mais eficiente;
- ✓ estudar a importância estratégica do item para a empresa;
- ✓ definir o posicionamento dos estoques e tempos de segurança porque a existência de estoques e tempos de segurança nos níveis mais altos da estrutura dos produtos minimiza a necessidade dos mesmos nos níveis mais baixos.

A questão do **posicionamento** dos estoques e tempos de segurança também envolve algumas decisões por parte da empresa, tais como:

- ✓ considerar a flexibilidade necessária para atender às exigências do mercado porque, se o mercado demanda uma variedade muito grande de produtos, que podem ser obtidos de um mesmo item semi-acabado, pode ser vantajoso manter estoques do semi-acabado, evitando que as incertezas

da demanda se propaguem dentro da fábrica e diminuindo o risco de certos tipos de produtos acabados “encalharem”;

- ✓ estudar a existência ou não de restrições tecnológicas que reduzam a velocidade de entrega ou a flexibilidade de mix dos produtos ou que imponham quantidades mínimas de fabricação ou de compras;
- ✓ verificar a intensidade e a localização das principais incertezas porque pode ser vantajoso proteger o sistema MRPII em cada etapa do processo produtivo;
- ✓ analisar se o modelo de previsão de vendas consegue prever o comportamento da demanda porque, ocorrendo isso, as incertezas sofrerão uma grande redução;
- ✓ acompanhar as características de fornecimento e de demanda porque as melhorias realizadas diminuem as incertezas sobre o processo.

Seguindo essas diretrizes, a empresa poderá parametrizar com maior eficiência os seus estoques e tempos de segurança.

#### **6.5 - Dimensionamento dos estoques e tempos de segurança para o caso concreto (parametrização)**

Após o levantamento e a quantificação das várias incertezas de fornecimento e de demanda que incidem sobre as etapas do processo produtivo da empresa, cabe realizar o posicionamento e o dimensionamento dos estoques associados a essas etapas e às famílias de produtos existentes.

Para posicionar e dimensionar os estoques e tempos de segurança da empresa, precisamos lembrar que:

- a demanda é, em geral, bastante instável, mas alguns produtos finais apresentam uma demanda menos instável, principalmente os pares artigo-cor nos quais as cores são as mais aceitas pelo mercado;
- as incertezas de fornecimento de matérias-primas são elevadas;
- as incertezas variam conforme o ciclo de sazonalidade que a empresa atravessa;

- as duas malharias apresentam características peculiares de incertezas de fornecimento e de demanda;
- os diversos itens de estoque possuem importâncias diferentes na classificação ABC;
- os pares artigo-cor são obtidos a partir do tingimento do respectivo artigo-base em cru;
- a existência de estoques e tempos de segurança nos níveis mais altos da estrutura dos produtos minimiza a necessidade deles nos níveis mais baixos.

Para auxiliar também no dimensionamento desses parâmetros, poderíamos observar os relatórios de estoque e de recebimentos e verificar se os estoques e tempos de segurança estavam sendo muito ou pouco utilizados porque, dependendo do caso, deveríamos aumentar ou diminuir os valores destes parâmetros do sistema MRPII. Porém, a parametrização realizada neste Trabalho não poderá contar com estes relatórios propostos pelo autor (ver tópico 6.6) porque o departamento de informática ainda não teve tempo para desenvolvê-los.

Em face das diversas informações contidas neste capítulo, definiremos, separadamente, os estoques e tempos de segurança para cada uma das malharias, coordenando a relação que existe entre as incertezas de cada etapa do processo produtivo.

#### **6.5.1 - Malharia plana**

No caso da malharia plana, é recomendável manter estoques e tempos de segurança para proteger o sistema contra as incertezas de fornecimento relacionadas às quantidades e ao tempo.

Os estoques de segurança de fios devem conter as quantidades que os fornecedores deixam de entregar ou que entregam com defeito, enquanto que, os tempos de segurança devem corresponder aos atrasos registrados no fornecimento dessas matérias-primas.

Para a urdideira, devemos estabelecer estoques e tempos de segurança que cubram as incertezas de fornecimento relativas às quantidades e ao tempo,

respectivamente. Neste estoque, não será necessária a proteção contra as incertezas de demanda porque elas serão amortecidas pelos estoques de pano cru e de fios da malharia plana.

Em virtude da demanda ser muito instável, principalmente com relação ao produto final (par artigo-cor), e como vários pares artigo-cor podem ser tingidos a partir de um mesmo artigo-base em cru, é interessante amortecer as incertezas de demanda através da manutenção de estoques de segurança ao nível do estoque de pano cru.

Dessa forma, todas as famílias de produtos terão estoques de segurança no estoque de pano cru, sendo que o montante armazenado deverá proteger o sistema contra as incertezas de demanda e contra as incertezas de fornecimento provenientes da malharia.

Não estamos definindo tempos de segurança no estoque de pano cru porque os elevados tempos de fila no processo não permitem o diagnóstico de incertezas referentes ao tempo neste estoque.

Para o estoque de corantes, estabelecemos estoques e tempos de segurança porque encontramos incertezas de quantidade e de tempo, para o fornecimento, e incertezas de quantidades, para a demanda.

Os estoques de segurança farão frente às quantidades que são reprovadas nos testes de qualidade e às variações nas quantidades demandadas, ao passo que, os tempos de segurança atuarão sobre a incerteza do tempo de fornecimento.

Em virtude da proteção contra as incertezas de demanda ser proporcionada pelos estoques de segurança no pano cru, os estoques de segurança ao nível dos produtos acabados protegerão o sistema MRPII contra as incertezas de quantidades fornecidas pela tinturaria. Além disso, se as incertezas forem menores em algum período, por qualquer motivo, teremos produtos finais para pronta entrega, o que agilizará a absorção das variações da demanda, constituindo uma vantagem competitiva para a empresa porque esta poderá atender aos clientes com maior velocidade.

Como não foi possível levantar as incertezas do tempo de fornecimento da tinturaria, em virtude das filas que existem no processo produtivo, não estipulamos tempos de segurança para o estoque de produtos acabados.

Dessa forma, procuramos maximizar o nível de serviço ao cliente e proteger o sistema produtivo contra as incertezas que incidem sobre ele, evitando faltas de produtos ao longo do processo de fabricação.

Na próxima página, exibiremos uma tabela com os valores definidos para a parametrização da malharia plana. Esses números são valores-meta que a empresa vai atingir paulatinamente, o que facilitará a quebra das resistências ao sistema MRPII.

Parametrização da malharia plana
----------------------------------

Estoque de fios		
Famílias	Estoque de segurança	Tempo de segurança
Poliamida	19400,0	12,0
Elastano	3400,0	2,0
Estoque da urdideira		
Famílias	Estoque de segurança	Tempo de segurança
Poliamida	16000,0	8,0
Elastano	2400,0	2,0
Estoque de pano cru		
Famílias	Estoque de segurança	Tempo de segurança
1	34200,0	ND
2	20600,0	ND
3	7400,0	ND
Estoque de corantes		
Famílias	Estoque de segurança	Tempo de segurança
A	228,0	1,0
B	86,0	1,0
C	38,0	1,0
Estoque de produtos acabados		
Famílias	Estoque de segurança	Tempo de segurança
1A	2600,0	ND
1B	2200,0	ND
2A	520,0	ND
2B	380,0	ND
3A	500,0	ND
3B	540,0	ND

Legenda:
----------

ND = não definido
-------------------

**Figura 6.17: Parametrização dos estoques e tempos de segurança da malharia plana**

Elaborada pelo autor

### 6.5.2 - Malharia circular

No caso da malharia circular, também manteremos estoques e tempos de segurança, com o intuito de proteger o sistema produtivo contra as incertezas de fornecimento e de demanda associadas às quantidades e ao tempo.

É aconselhável termos tempos de segurança, que protejam contra os atrasos no fornecimento dos fios, e termos estoques de segurança equivalentes às quantidades que são fornecidas com defeitos, que impedem o seu uso, ou que não são entregues.

Como os tecidos da linha poliéster-elastano não são armazenados no estoque de pano cru, em virtude do fato de serem fabricados com fios tintos, deveremos manter um estoque de segurança de poliéster que, além de proteger contra as incertezas das quantidades fornecidas, deve suportar 50% das incertezas de quantidades demandadas da família 3 e deve cobrir toda a incerteza de demanda relacionada às quantidades da família 4.

Os outros 50% das incertezas de quantidades demandadas da família 3 serão cobertas pelo estoque de produtos acabados porque a procura pelos produtos dessa família é elevada e a demanda não é tão instável, o que diminui as probabilidades de um produto ficar muito tempo parado no estoque.

No caso do pano cru, manteremos estoques de segurança para as famílias 1 e 2, cujos produtos passam pela etapa de tingimento, sendo que a quantidade estocada deve suportar as incertezas de demanda e as incertezas de fornecimento da malharia. Por outro lado, não estipularemos tempos de segurança porque não foi possível detectar as incertezas de fornecimento e de demanda quanto ao tempo.

O estoque de corantes terá estoques e tempos de segurança, sendo que os estoques de segurança protegerão o sistema contra as incertezas de fornecimento e de demanda relacionadas às quantidades e o tempo de segurança protegerá contra as incertezas de fornecimento associadas ao tempo de entrega dos fornecedores.

Para as famílias 1 e 2, que passam pelo processo de tingimento, e para a família 4, que apresenta uma demanda instável, os estoques de segurança localizados ao nível dos produtos acabados servirão como proteção contra as incertezas de fornecimento provenientes da tinturaria, podendo até constituir uma vantagem

competitiva para a empresa porque, se os defeitos de tinturaria, por algum motivo, diminuirem num certo período, a empresa teria produtos para pronta entrega aos clientes, absorvendo mais rapidamente as variações da demanda e atendendo mais rapidamente aos clientes.

No caso da família 3, cuja demanda é menos instável e cujo montante de vendas é elevado, os estoques de segurança ao nível do produto acabado cobrirão 50% das incertezas das quantidades demandadas e protegerão contra as incertezas de fornecimento da tinturaria.

Como não foi possível encontrar dados sobre as incertezas com relação ao tempo, tanto da demanda quanto do fornecimento, não definiremos tempos de segurança para este nível da estrutura dos produtos.

Assim, ao definir os estoques e tempos de segurança, temos a intenção de proteger o sistema produtivo contra as incertezas, evitando faltas de itens.

Na próxima página, mostraremos uma tabela com os valores estipulados para os parâmetros acima analisados. Esses números são metas que a empresa atingirá gradativamente, o que proporcionará a quebra de resistências e uma maior confiança no sistema MRPII.

Parametrização da malharia circular		
Estoque de fios		
Famílias	Estoque de segurança	Tempo de segurança
Algodão	1600,0	1,0
Elastano	1000,0	1,0
Poliéster	14100,0	16,0
Estoque de pano cru		
Famílias	Estoque de segurança	Tempo de segurança
1	12600,0	ND
2	5000,0	ND
Estoque de corantes		
Famílias	Estoque de segurança	Tempo de segurança
A	182,0	1,0
B	94,0	1,0
C	32,0	1,0
Estoque de produtos acabados		
Famílias	Estoque de segurança	Tempo de segurança
1A	2800,0	ND
1B	2600,0	ND
2A	360,0	ND
2B	440,0	ND
3	9600,0	ND
4	2600,0	ND

Legenda:

ND = não definido

**Figura 6.18: Parametrização dos estoques e tempos de segurança da malharia circular**

Elaborada pelo autor

### 6.5.3 - Vantagens do modelo escolhido

A proposta de posicionamento e de dimensionamento dos estoques e tempos de segurança, que o autor formulou, proporcionará, para a empresa, as seguintes vantagens:

- ☒ redução do tamanho dos estoques porque os estoques de segurança armazenam apenas as quantidades suficientes para proteger o sistema contra as incertezas de fornecimento e de demanda que incidem sobre a fábrica;
- ☒ maior rotatividade dos estoques porque os produtos semi-acabados poderão ser tingidos conforme as cores solicitadas pelos clientes, o que evitará que um tecido seja tingido numa cor “da moda” e fique parado muito tempo no estoque;
- ☒ menores custos de estoques porque o montante estocado será pequeno;
- ☒ proteção contra as incertezas que incidem sobre o processo produtivo.

Assim, a parametrização dos estoques e tempos de segurança possibilitará um funcionamento mais eficiente do sistema MRPII e trará vantagens importantes para a empresa, facilitando a sua competitividade no mercado.

### 6.6 - Monitoramento dos estoques e tempos de segurança

O monitoramento dos estoques e tempos de segurança é uma atividade importante para a análise e o dimensionamento desses parâmetros do sistema MRPII porque os seus valores são definidos a partir de uma dada situação presente.

Em virtude das características dos dados coletados, o nível determinado para os parâmetros pode estar superestimado, gerando custos maiores do que o necessário, ou pode estar subestimado, aumentando a probabilidade de falta de componentes ou produtos finais.

Dessa forma, é importante acompanhar o comportamento dos estoques e tempos de segurança, verificando se eles estão sendo muito ou pouco utilizados.

O monitoramento dos estoques de segurança pode ser realizado através das mensagens de exceção emitidas pelo sistema ou por meio de relatórios que

indiquem o número de vezes que o estoque de segurança foi utilizado para atender à demanda, as quantidades que foram utilizadas em cada uma das vezes e o montante de produtos que permaneceram nos estoques após as retiradas.

Se os estoques de segurança foram usados muitas vezes e o montante estocado de cada item se aproximou do zero, significa que o valor do estoque de segurança está subestimado e precisa ser majorado.

No entanto, se o estoque de segurança de um item foi poucas vezes “invadido” e poucas unidades foram retiradas, o nível desse estoque pode ser revisto porque está além da necessidade.

Para o caso concreto da empresa, o autor propôs ao departamento de informática o desenvolvimento do relatório que indique o número de vezes que os estoques de segurança foram utilizados, as quantidades retiradas e o montante de itens armazenados após as retiradas.

Para os tempos de segurança, o monitoramento também pode ser efetuado por meio de mensagens do sistema ou através de relatórios que mostrem os atrasos dos fornecedores internos e externos, o que possibilitará ao administrador do sistema perceber se os tempos de segurança estão super ou subestimados.

Dessa forma, se as incertezas de fornecimento quanto ao tempo estiverem diminuindo, poderemos reduzir o valor cadastrado para o tempo de segurança de um certo item, ao passo que, se as incertezas estiverem aumentando, teremos que aumentar o valor do parâmetro de tempo.

O autor também solicitou ao departamento de informática a confecção de um relatório que mostre o tempo de atraso dos fornecedores externos, deixando os fornecedores internos para uma próxima oportunidade porque os tempos de fila entre os processos não permitem a determinação das incertezas de tempo.

Os tempos de segurança para proteger contra as incertezas de tempo da demanda também ficarão para uma próxima etapa porque a empresa, primeiramente, deverá cumprir as datas de entrega prometidas.

## **Capítulo 7**

---

---

## **Conclusões**

### 7.1 - Considerações iniciais

A implantação do sistema MRPII está se mostrando bastante adequada para a empresa porque está auxiliando na organização dos dados e das informações e, quando terminar a implantação, melhorará a programação e o controle da produção, possibilitará um melhor atendimento dos pedidos dos clientes, melhorará a utilização dos recursos produtivos da empresa e auxiliará na redução dos estoques.

Dessa forma, a empresa terá mais um mecanismo para aumentar a sua participação no mercado e poderá atingir os objetivos fixados para a implantação, os quais são:

- ✓ redução dos estoques;
- ✓ maior eficiência do planejamento, da programação e do controle da produção;
- ✓ maior controle sobre os itens estocados;
- ✓ maior troca de informações entre os departamentos, agilizando a busca de soluções;
- ✓ melhor conhecimento da situação dos recursos produtivos da empresa;
- ✓ possibilidade de prometer datas de entrega mais realistas, diminuindo o número de entregas feitas com atraso;
- ✓ melhor planejamento das atividades do departamento de compras.

### 7.2 - Principais problemas encontrados e propostas de melhoria

Durante o desenvolvimento deste Trabalho e ao longo da implantação do sistema MRPII, foi possível observar vários problemas que afetam as diversas etapas do processo produtivo e que interferem negativamente no desempenho competitivo da empresa, além de reduzir a eficiência do sistema MRPII que está sendo implantado.

Para esses problemas, o autor formulou propostas de solução, que foram encaminhadas aos responsáveis de cada setor ou área porque, dentro dos conceitos de qualidade, devemos buscar a solução para os problemas, ao invés de convivermos com eles.

Os principais problemas, juntamente com as propostas de solução, serão apresentados a seguir:

**- Compra de fios:**

Essa atividade é problemática porque as compras, muitas vezes, são adiadas, gerando falta de fios e impossibilitando a produção de determinados artigos, ao passo que, em outras ocasiões, são comprados fios de 2a. qualidade, o que provoca o aumento do número de defeitos nas peças de tecidos e a redução na velocidade das máquinas, em virtude das sucessivas quebras de fios que ocorrem. Além disso, os fios são comprados de muitos fornecedores diferentes, o que gera problemas de tingimento dos tecidos porque alguns fios não são compatíveis com alguns corantes.

Para solucionar esses problemas, que causam muitas incertezas para o processo, propusemos que sejam comprados apenas fios de 1a. qualidade e de fornecedores confiáveis. Esta proposta está sendo paulatinamente implantada porque os produtos enviados pelos fornecedores contactados precisam ser testados e precisa haver uma análise dos custos associados à troca do fornecedor e do produto, sendo que, em alguns casos, não existem outros fornecedores no país, o que requer importações de produtos, elevando mais o custo e aumentando o tempo de implantação da proposta.

Além disso, o departamento responsável pela compra dos fios está sendo treinado e convencido de que deverá seguir as sugestões de compra, emitidas pelo sistema MRPII, adquirindo os fios nos prazos estipulados pelo sistema.

**- Problemas técnicos nas malharias:**

Os principais problemas que ocorrem nas malharias são: quebras de fios, tecidos com gramatura abaixo das especificações, paradas de máquinas por problemas mecânicos, erros de malha e preenchimento errado das fichas de produção.

As quebras de fios e os tecidos com gramatura fora das especificações são resultantes da qualidade inferior dos fios que são comprados e utilizados, enquanto que, as paradas de máquinas são provocadas por uma

manutenção precária dos equipamentos. Por sua vez, os erros de malha e o preenchimento errado das fichas de produção são oriundos de falhas dos funcionários.

Para solucionar o problema da quebra de fios e dos tecidos fora de especificações, precisamos modificar a forma como é realizada a compra dos fios, adquirindo fios de 1a. qualidade e de procedência confiável, visto que os problemas mencionados decorrem das características de qualidade dos fios. Esta proposta de melhoria é contemplada no tópico acima e está sendo implantada aos poucos.

No caso das paradas de máquinas, precisamos treinar os funcionários da manutenção e fornecer peças de reposição para que o conserto dos equipamentos seja correto e duradouro, o que aumentará o tempo de produção das máquinas e reduzirá os custos associados à fabricação.

A solução para os erros de malha também passa pelo treinamento dos funcionários, para que eles aprendam a realizar corretamente as tarefas de passamento dos fios na máquina e de montagem das agulhas, evitando que certas quantidades de tecido seja fabricadas em desacordo com o padrão.

No tocante ao preenchimento das fichas de produção, os funcionários precisam ser educados para completar a ficha com dados precisos e para conhecer a importância desses dados para o bom desempenho do sistema MRPII.

Com relação ao treinamento dos funcionários para evitar paradas de máquina e erros de malha, a empresa ainda não iniciou um trabalho no sentido de atender a essa proposta do autor, mas, no tocante ao preenchimento das fichas de produção, já foram realizadas palestras para grupos de funcionários, mostrando o modo correto de executar a tarefa e a sua importância, sendo que os resultados já começam a aparecer.

#### - Problemas técnicos na tinturaria:

Na tinturaria, encontramos problemas de: manchas de tingimento, sujeira, barramentos no tecido, erros nos processos de fixação e acabamento e preenchimento errado das fichas de produção.

Na maior parte dos casos, esses problemas se originam de falhas dos operadores das máquinas, que não são treinados para a operação e que não recebem instruções, por escrito, para realizar as suas funções corretamente. Para melhorar essa situação, é preciso fornecer treinamento aos funcionários, elaborar procedimentos descritivos das diversas operações que o funcionário deve realizar e mostrar a eles a importância da sua atividade para a empresa. Para concretizar esta solução, o autor preparou os procedimentos descritivos, mas um treinamento formal para os funcionários ainda não foi executado.

**- Comunicação e troca de informações entre os departamentos:**

A falta de comunicação e de troca de informações entre os departamentos dificulta o levantamento e o tratamento dos dados que devem ser cadastrados no sistema MRPII e atrapalha a detecção de problemas e a busca de soluções porque os departamentos consideram todas as informações como confidenciais e não querem dividí-las com nenhum outro setor.

A solução ou minimização do problema passa por uma nova postura da diretoria da empresa, que deve estimular a comunicação entre os departamentos e a procura conjunta de soluções para os problemas. Com isso, o sistema MRPII, que é um agente catalisador para esta solução, também será beneficiado porque será mais fácil atualizar os seus dados e manter a acuracidade da sua base de informações.

Gradativamente, os departamentos estão começando a se comunicar e os benefícios desta prática estão sendo percebidos por meio da redução do tempo para solucionar os contratemplos do dia-a-dia.

**- Estoques:**

Os estoques da empresa armazenam grandes quantidades de mercadorias e são desbalanceados, o que provoca elevados custos e não protege a empresa contra a falta de componentes para os seus produtos.

A implantação do sistema MRPII terá um papel importante na solução deste problema porque, ao definir as quantidades necessárias no momento exato para atender aos clientes e considerando as parametrizações

realizadas, será possível manter estoques reduzidos e ajustados às características da demanda, diminuindo os custos associados à estocagem de produtos.

- **Falta de treinamento:**

A falta de treinamento é um problema que afeta todos os setores da empresa, gerando a difusão de informações incorretas, como no caso das fichas de produção, e erros nas operações de fabricação, o que gera perdas de produtos e aumenta os custos do processo.

Para solucionar esse problema, a empresa precisa implantar um programa de treinamento para todos os funcionários, para que eles aprendam o modo correto de realizar as tarefas e para que conheçam a importância da transmissão de dados precisos aos outros colegas. Ao lado disso, precisam ser elaborados procedimentos e instruções de trabalho que formalizem a educação e o treinamento dos recursos humanos da empresa.

- **Ausência de dados e relatórios:**

A ausência de dados e relatórios, que tragam informações importantes para o sistema MRP II, foi constatada ao longo de todo o projeto de implantação e teve um maior impacto quando o autor foi levantar as incertezas de demanda relacionadas ao tempo.

Para solucionar essa dificuldade, o autor propôs, ao departamento de informática, a criação de relatórios contendo os dados mais importantes para atualizar e definir os parâmetros do sistema MRP II.

### 7.3 - Conclusões a respeito da parametrização

A parametrização do sistema MRP II é uma atividade muito importante para a implantação realizada porque permitirá uma atuação mais eficiente do sistema, contribuindo para que os seus objetivos sejam atingidos e a empresa aufera vantagens com a nova forma de organização e tenha o retorno do investimento realizado.

A pesquisa bibliográfica empreendida pelo autor mostrou que existem vários modelos de tamanho de lote e várias regras para estabelecer os estoques e

tempos de segurança, sendo que muitos desses modelos e dessas regras são desenvolvidos a partir de situações bem delimitadas pelos seus autores.

A parametrização que o autor realizou para o tamanho de lote da empresa foi influenciada:

- ⇒ pelo fato do modelo de previsão de vendas não conseguir prever o comportamento da demanda, em virtude desta possuir uma grande instabilidade;
- ⇒ pelas restrições tecnológicas do processo produtivo, representadas pelos limites de capacidade das máquinas de tingimento e de malharia;
- ⇒ pela ausência de modelos de tamanho de lote inseridos nas rotinas do “software”, o que demanda uma customização do sistema e, dessa forma, maiores investimentos, que a empresa não deseja realizar no momento, em virtude dos outros projetos que estão ocorrendo simultaneamente ao MRPII.

Considerando estes fatores, o autor analisou as características das etapas do processo produtivo, verificou qual delas era gargalo e dividiu, em famílias, os produtos com características semelhantes, principalmente com relação ao tempo de set-up.

Dessa forma, foi possível definir o tamanho dos lotes de fabricação que maximizam a utilização dos recursos produtivos e minimizam os custos. Além disso, o autor propôs melhorias na forma de programar a produção, beneficiando a atividade de programação e controle da produção.

A não utilização de modelos mais complexos de tamanho de lote não invalida a parametrização efetuada porque, em face da situação atual da empresa e das restrições encontradas, o uso desses modelos constituiria um refinamento do sistema MRPII.

A parametrização do tempo de fabricação foi desenvolvida com o intuito de organizar e tratar os dados relacionados à produção, visando a transmissão de informações corretas e precisas ao sistema MRPII, pois, caso contrário, ele não terá condições de auxiliar na tomada de decisões a respeito da produção, perdendo grande parte da sua função.

Também foi elaborada uma planilha de cálculo que permite a determinação do tamanho das amostras que devem ser coletadas para atualizar os dados do sistema, fornecendo parâmetros para esta importante atividade de revisão da base de dados cadastrada.

A parametrização dos estoques e tempos de segurança tem grande relevância para a implantação realizada porque esses parâmetros são responsáveis por proteger o sistema contra as incertezas de demanda e de fornecimento e vão gerar uma redução do tamanho e dos custos dos estoques, criando condições para um melhor desempenho financeiro da empresa.

Para chegar aos valores dos parâmetros, o autor agrupou os produtos em famílias com características semelhantes quanto às quantidades movimentadas, à demanda, aos custos e aos preços de venda, entre outros quesitos, e engendrou esforços para levantar as incertezas associadas a cada estoque e cada etapa do processo produtivo.

Na fase de levantamento das incertezas, o autor enfrentou dificuldades causadas pela ausência de dados e de relatórios que conduzissem às incertezas de demanda e de fornecimento. Essas dificuldades foram mais evidenciadas com relação às incertezas de tempo porque a ausência de relatórios e os grandes tempos de fila nos processos de fabricação impossibilitaram o diagnóstico das incertezas de tempo de fornecimento entre os processos. Além disso, não foi possível definir as incertezas quanto ao tempo da demanda, em virtude da ausência dessas informações na empresa.

Mesmo com essas limitações, o autor conseguiu reunir elementos suficientes para encontrar números válidos e representativos para os estoques e tempos de segurança, contribuindo para o sistema atingir seus objetivos e ser eficiente.

A partir da parametrização realizada, o autor também elaborou metodologias para analisar, dimensionar, posicionar e monitorar os estoques e tempos de segurança, além de estabelecer diretrizes para nortear as decisões a respeito da periodicidade de revisão destes parâmetros porque as constantes mudanças do mercado e dos produtos requerem estas atividades de revisão e de monitoramento.

### **Validade das parametrizações**

As parametrizações realizadas pelo autor se mostraram válidas e adequadas para o caso concreto e são capazes de gerar os benefícios esperados para o funcionamento do sistema MRPII e para o desempenho competitivo da empresa.

As metodologias desenvolvidas ao longo da parametrização do tamanho de lote, do tempo de fabricação e dos estoques e tempos de segurança fornecem diretrizes gerais que podem ser empregadas para qualquer empresa que opere com um sistema MRPII.

No entanto, antes de utilizar essas metodologias, a empresa deverá observar as restrições e peculiaridades do seu processo produtivo e terá que desenvolver esforços no sentido de reunir os dados necessários para as análises.

#### **7.4 - Contribuições do Trabalho de Formatura**

O estudo da bibliografia consultada, a experiência adquirida durante o projeto e a vivência dos problemas da empresa foram de grande utilidade para aumentar o conhecimento do autor a respeito do sistema MRPII, da sua parametrização e de outros temas relacionados com a Engenharia de Produção, possibilitando, além disso, a aplicação prática de vários dos conceitos ensinados na Escola Politécnica, o que tornou o estágio proveitoso tanto para o autor quanto para a empresa.

O levantamento das incertezas associadas a cada etapa do processo permitiu o dimensionamento dos estoques e tempos de segurança, mas não possibilitou a obtenção dos índices de precisão desejados pelo autor porque a empresa não possuia as informações necessárias para a execução desta atividade, visto que a organização da sua base de dados foi estimulada, exatamente, pela implantação do sistema MRPII.

No entanto, a parametrização dos estoques e tempos de segurança será capaz de reduzir os estoques da empresa porque o nível atual de produtos estocados é muito elevado e o resultado do trabalho desenvolvido será rapidamente sentido pela empresa, com uma redução significativa dos estoques.

A parametrização do tamanho de lote considerou as restrições destacadas no tópico acima (7.3) e não possibilitou o uso dos modelos pesquisados, mas se mostrou adequada para o quadro atual da empresa, enquanto que, a parametrização do tempo de fabricação teve uma função relevante no esforço de implantação do sistema, procurando organizar os dados e permitir a sua atualização de um modo mais racional e eficiente.

A observação das operações e das atividades da empresa levaram o autor a propor melhorias e soluções para os problemas detectados, sendo que as propostas foram encaminhadas aos responsáveis pelas áreas.

A efetiva implementação dessas propostas dependerá da decisão desses responsáveis, mas, desde já, o autor está procurando divulgar e convencer estas pessoas pois confia no potencial dos benefícios que elas podem trazer para a empresa.

No tocante às metodologias desenvolvidas, é possível afirmar que elas já estão surtindo efeito porque toda a parametrização está baseada nelas.

Uma observação importante que deve ser feita diz respeito às características da implantação porque, devido ao fato da empresa não possuir uma base de dados organizada, a etapa de parametrização do sistema demorou um certo tempo para começar, o que dificultou, inclusive, a percepção de que alguns dados, que seriam necessários, não estavam disponíveis, sendo que esse atraso impossibilitou o desenvolvimento e a reunião das informações desejadas.

Uma possível solução para este tipo de problema seria montar uma equipe de implantação com um maior número de integrantes, o que permitiria uma maior divisão do trabalho, agilizando o processo.

Assim, podemos verificar que, considerando as limitações impostas por fatores alheios à vontade do autor, os objetivos do Trabalho de Formatura foram atingidos satisfatoriamente, proporcionando os resultados esperados para o autor e para a empresa.

## Bibliografia

---

---

- AUCAMP, Donald; in: A lot-sizing policy for production planning with applications in MRP; International Journal of Production Research; vol. 25 (8); 1099-1108; 1987.
- AXSÄTER, Sven; in: Evaluation of lot-sizing techniques; International Journal of Production Research; vol. 8; 51-57; 1986.
- BLACKBURN, Joseph e MILLEN, Robert; in: Improved heuristic for multi-stage requirements planning systems; Management Science; vol. 28(1); 44-56; 1982.
- BRONSON, Richard; in: Pesquisa Operacional; 2a. edição; São Paulo; Edit. McGraw Hill; 1985.
- BUENO NETO, Pedro Rodrigues; in: Notas de aula de Aplicações de Pesquisa Operacional - PRO169; Escola Politécnica - USP; São Paulo; 1994.
- COLLIER, David; in: The interaction of single-stage lot size models in a material requirements planning system; Production & Inventory Management; 4th quarter; 11-20; 1980.
- CORRÊA, Henrique L. e GIANESI, Irineu G. N.; in: Just in time, MRPII e OPT; 2a. edição; São Paulo; Edit. Atlas; 1994.
- CORRÊA, Henrique L.; in: Notas de aula de Estratégias de Manufatura - PRO194; Escola Politécnica - USP; 1995.
- COSTA NETO, Pedro Luiz de O.; in: Estatística; São Paulo; Edit. Edgard Blücher; 1991.
- DeMATTEIS, J.J.; in: An economic lot-sizing technique: the part-period algorithm; IBM Systems Journal; vol. 7 (1); 30-39; 1968.
- FERREIRA, José Joaquim do A.; in: Notas de aula de Estatística - PRO152; Escola Politécnica - USP; 1993.
- HO, Chrwan-jyh; in: Evaluating lot-sizing performance in multi-level MRP systems; International Journal of Operations Management; vol. 13; 52-79; 1993.
- HUBBELL, J. Paul et al.; in: Managing an independent demand inventory; Production & Inventory Management; 2nd quarter; 15-32; 1973.
- INDERFURTH, Karl; in: Safety stocks in multistage divergent inventory systems: a survey; International Journal of Production Economics; vol. 35; 312-329; 1994.
- JACOB NETO, Adib; in: Definição de uma metodologia de implantação para sistemas MRPII; Trabalho de formatura - EPUSP; 1993.

- LAGODIMOS, A.G. e ANDERSON, E.J.; in: Optimal positioning of safety stocks in MRP; International Journal of Production Research; vol.08; 1797-1815; 1993.
- McCLELLAND, Marilyn e WAGNER, Harvey; in: Location of inventories in an MRP environment; Decision Science; vol. 19; 535-553.
- MENDOZA, A.G.; in: An economic lot-sizing technique; IBM Systems Journal; vol. 7 (1); 39-47; 1968.
- ORLICKY, Joseph; in: Material Requirements Planning; 1a. edição; USA; Edit. McGraw Hill; 1975.
- SANTORO; Miguel Cézar; in: Notas de aula de Planejamento, Programação e Controle da Produção e Estoques - PRO177; Escola Politécnica - USP; São Paulo; 1994.
- SILVER, E. e MEAL, H.; in: A heuristic for selecting lot size quantities for the case of a deterministic time-varying demand rate and discrete opportunities for replenishment; Production & Inventory Management; 2nd quarter; 64-74; 1973.
- STEINBERG, Earle e NAPIER, H.; in: Optimal multi-level lot sizing for requirements planning systems; Management Science; vol. 26 (12); 1258-1271; 1980.
- VOLLMANN, Thomas et al.; in: Manufacturing Planning and Control Systems; 2a. ed; Illinois; Edit. Irwin; 1988.
- WAGNER, H. e WHITIN, T.; in: Dynamic version of the economic lot size model; Management Science; vol. 5; 89-96; 1958.
- ZOLLER, Klaus; in: Efficient heuristic for dynamic lot sizing; International Journal of Operations Management; vol. 02; 249-265; 1988.