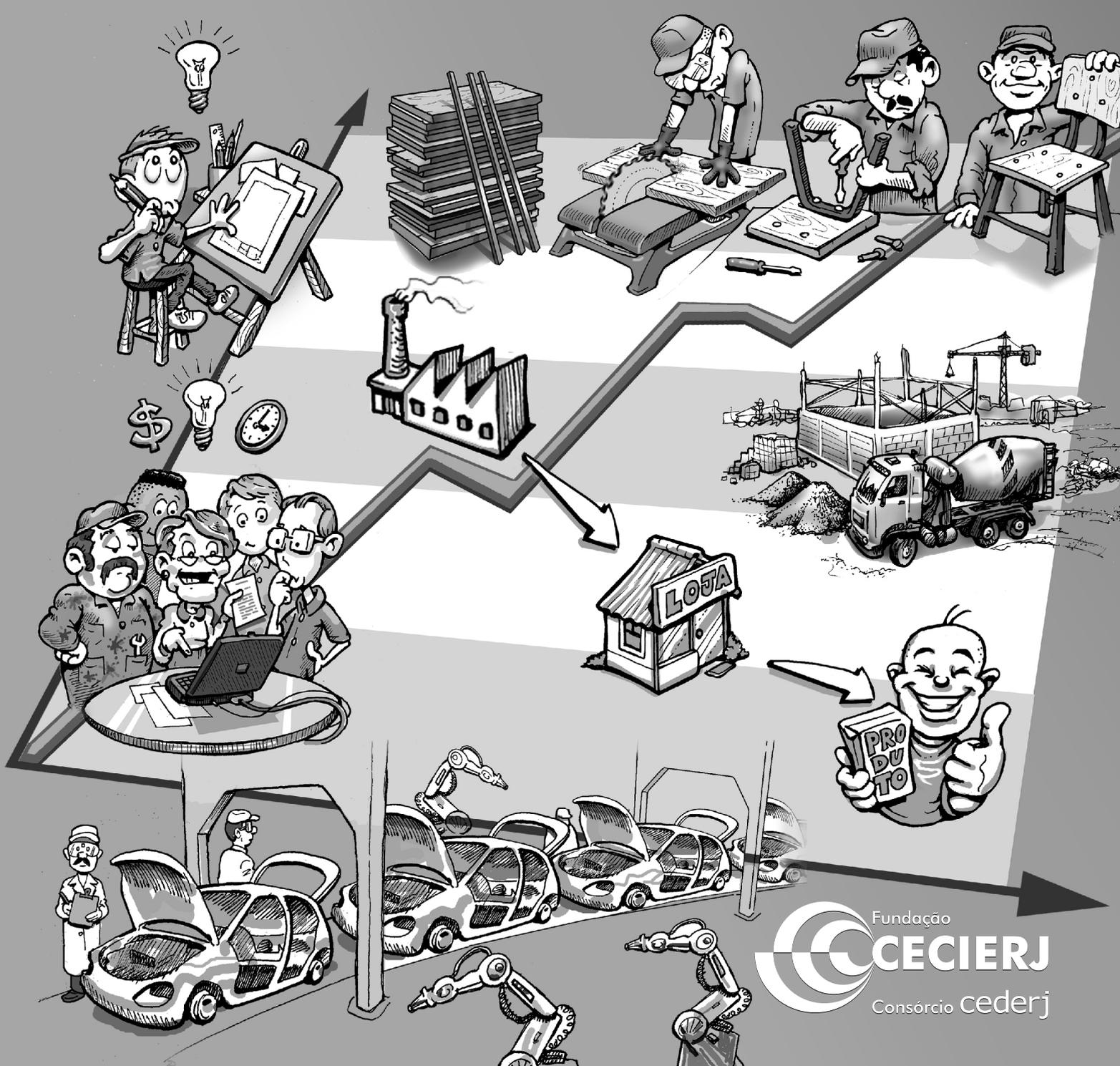


Gustavo Olivares
Marcelo Sales

Volume 2

2ª edição

Gestão da Produção





Fundação

CECIERJ

Consórcio **cederj**

Centro de Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro

Gestão da Produção

Volume 2

Gustavo Olivares

2ª edição Marcelo Sales



SECRETARIA DE
CIÊNCIA E TECNOLOGIA



Ministério
da Educação



Apoio:



Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo
à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro

Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

Rua Visconde de Niterói, 1364 – Mangueira – Rio de Janeiro, RJ – CEP 20943-001

Tel.: (21) 2334-1569 Fax: (21) 2568-0725

Presidente

Masako Oya Masuda

Vice-presidente

Mirian Crapez

Coordenação do Curso de Administração

UFRRJ - Silvestre Prado

Material Didático

ELABORAÇÃO DE CONTEÚDO

Gustavo Olivares

Marcelo Sales

COORDENAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO

INSTRUCIONAL

Cristine Costa Barreto

DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL

E REVISÃO

Alexandre Rodrigues Alves

Gustavo Tarcsay

Maria Angélica Alves

Solange Nascimento da Silva

COORDENAÇÃO DE AVALIAÇÃO DO

MATERIAL DIDÁTICO

Débora Barreiros

AVALIAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO

Letícia Calhau

Departamento de Produção

EDITORA

Tereza Queiroz

REVISÃO TIPOGRÁFICA

Cristina Freixinho

Diana Castellani

Elaine Bayma

Patrícia Paula

COORDENAÇÃO DE

PRODUÇÃO

Jorge Moura

PROGRAMAÇÃO VISUAL

Katy Araujo

ILUSTRAÇÃO

Fernando Romeiro

CAPA

Fernando Romeiro

PRODUÇÃO GRÁFICA

Oséias Ferraz

Patricia Seabra

Copyright © 2005, Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

Nenhuma parte deste material poderá ser reproduzida, transmitida e gravada, por qualquer meio eletrônico, mecânico, por fotocópia e outros, sem a prévia autorização, por escrito, da Fundação.

O48g

Olivares, Gustavo.

Gestão da produção. v. 2 – 2ª ed. / Gustavo Olivares;
Marcelo Sales. -- Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2010.
226p.; 19 x 26,5 cm.

ISBN: 978-85-7648-660-2

1. Planejamento. 2. Controle de estoque. 3. Previsão de
demanda. 4. Análise de estoque. I. Sales, Marcelo. II. Título.

CDD: 658.5

2010/1

Referências Bibliográficas e catalogação na fonte, de acordo com as normas da ABNT.

Governo do Estado do Rio de Janeiro

Governador
Sérgio Cabral Filho

Secretário de Estado de Ciência e Tecnologia
Alexandre Cardoso

Universidades Consorciadas

**UENF - UNIVERSIDADE ESTADUAL DO
NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO**
Reitor: Almy Junior Cordeiro de Carvalho

**UFRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL DO
RIO DE JANEIRO**
Reitor: Aloísio Teixeira

**UERJ - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO
RIO DE JANEIRO**
Reitor: Ricardo Vieiralves

**UFRRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL
DO RIO DE JANEIRO**
Reitor: Ricardo Motta Miranda

UFF - UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
Reitor: Roberto de Souza Salles

**UNIRIO - UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO
DO RIO DE JANEIRO**
Reitora: Malvina Tania Tuttman

SUMÁRIO

Aula 11 – Projeto detalhado de arranjo físico por processo e por produto	7
<i>Marcelo Sales</i>	
Aula 12 – Tecnologia de processo.....	27
<i>Marcelo Sales</i>	
Aula 13 – Planejamento e controle de projetos.....	49
<i>Marcelo Sales</i>	
Aula 14 – Introdução ao planejamento e ao controle de estoques.....	69
<i>Gustavo Olivares</i>	
Aula 15 – Custos dos estoques – quanto pedir	85
<i>Gustavo Olivares</i>	
Aula 16 – Análise dos estoques – quando pedir	113
<i>Gustavo Olivares</i>	
Aula 17 – Modelos de previsão de demanda.....	133
<i>Gustavo Olivares</i>	
Aula 18 – Planejamento agregado	155
<i>Gustavo Olivares</i>	
Aula 19 – Planejamento mestre da produção	179
<i>Gustavo Olivares</i>	
Aula 20 – Planejamento das necessidades de materiais (MRP)	197
<i>Gustavo Olivares</i>	
Referências	223

Todos os dados apresentados nas atividades desta disciplina são fictícios, assim como os nomes de empresas que não sejam explicitamente mencionados como factuais.

Sendo assim, qualquer tipo de análise feita a partir desses dados não tem vínculo com a realidade, objetivando apenas explicar os conteúdos das aulas e permitir que os alunos exercitem aquilo que aprenderam.

Projeto detalhado de arranjo físico por processo e por produto

AULA 11

Metas da aula

Mostrar o detalhamento do arranjo físico por processo pelo método da minimização das distâncias e dos custos de movimentação; apresentar o detalhamento do arranjo físico por produto com ênfase no balanceamento da carga de trabalho entre os estágios.

objetivos

Ao final do estudo desta aula, você deverá ser capaz de:



1 analisar o melhor posicionamento para cada departamento dentro de um arranjo físico por processo;



2 determinar a melhor distribuição de atividades entre estágios dentro de um arranjo físico por produto.

Pré-requisito

Para melhor compreensão do conteúdo desta aula, você deverá recordar a Aula 10 (Tipos de arranjo físico).

INTRODUÇÃO

Na aula anterior, você estudou os quatro tipos básicos de arranjo físico: por projeto, por processo, celular e por produto. Porém, as decisões de arranjo físico vão além da distinção entre os tipos apresentados. Cada tipo exigirá que o gestor de produção tome outras decisões, mais detalhadas, para que o máximo de vantagens possa ser obtido dentro da operação.

No arranjo físico por processo, em que diferentes produtos efetuam diferentes roteiros, decisões mais detalhadas estão relacionadas a uma questão principal: onde posicionar cada centro de trabalho?

Quando se tem um fluxo padronizado, como no arranjo físico por produto, a posição seqüencial dos recursos transformadores é praticamente óbvia. Por exemplo, a máquina e os equipamentos responsáveis pela colocação dos pneus devem estar depois dos recursos responsáveis pela montagem das rodas.

Porém, como um dos objetivos das decisões de arranjo físico é a otimização dos fluxos, contribuindo para os objetivos de desempenho da produção, não basta posicionar os recursos transformadores nos locais corretos. O fluxo será melhor quando a divisão das atividades entre os estágios for equânime. No exemplo de uma torrefação de café, quando a máquina de torrar terminar o seu trabalho, a máquina de moer já estará disponível para receber o produto.

Esta aula será um complemento da Aula 10, já que você vai estudar com mais detalhes as decisões importantes em alguns tipos de arranjo físico.

PROJETO DETALHADO DE ARRANJO FÍSICO POR PROCESSO

Segundo Slack et al. (2002, p. 217), existem informações essenciais para o projeto detalhado de arranjos físicos por processo:

- A área requerida e o seu formato para cada centro de trabalho.
- O nível e a direção do fluxo entre cada par de centros de trabalho.
- O quão desejável é manter centros de trabalho próximos entre si ou próximos de algum ponto fixo do arranjo físico.

Para você entender melhor este tópico, veja um exemplo:

Uma fábrica de brinquedos precisa posicionar seis departamentos numa área retangular de 600m². Cada departamento ocupará 100m², conforme a **Figura 11.1.a**. Os departamentos estabelecem trocas de

materiais entre si. A Tabela 11.1 mostra a quantidade (em unidades) de materiais movimentados diariamente entre cada par de departamentos, independentemente do sentido de cada fluxo. Por exemplo, a tabela indica que 50 unidades de produtos são movimentadas entre os departamentos A e C.

Considerando que as ligações entre os departamentos são feitas a partir dos seus respectivos centros e que os fluxos de materiais ocorrem somente nas direções vertical e horizontal, seria possível representar o fluxo de materiais dentro da fábrica através da Figura 11.1.b. Nela, os movimentos de materiais não ocorrem diretamente entre setores dispostos na diagonal. Para o deslocamento de 95 unidades entre os departamentos B e C, é necessário formar um “L”, que passe pelo departamento A ou D.

Tabela 11.1: Volume movimentado entre os departamentos

	A	B	C	D	E	F
A	X	0	50	0	120	0
B		X	95	0	0	40
C			X	0	10	0
D				X	60	35
E					X	0
F						X

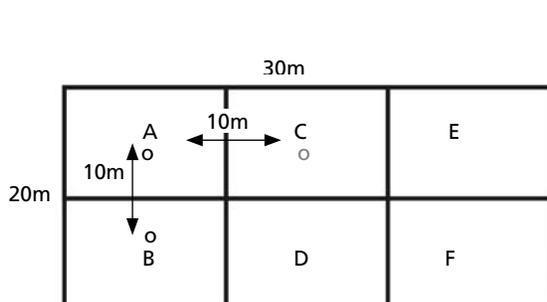


Figura 11.1.a: Departamentos da fábrica.

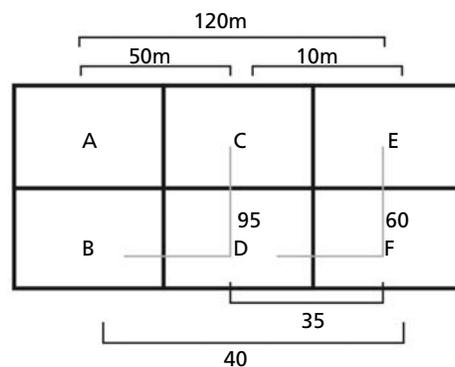


Figura 11.1.b: Detalhamento dos fluxos.

O detalhamento do arranjo físico por processo consiste em buscar o melhor posicionamento para os departamentos. No exemplo da fábrica de brinquedos, a melhor alternativa de arranjo físico será aquela que minimiza as distâncias percorridas pelos materiais e, conseqüentemente, os custos de movimentação.

De acordo com as Figuras 11.1.a e 11.1.b, sabe-se a distância entre os departamentos e a quantidade diária de materiais movimentados entre cada um deles. Por exemplo, são movimentadas 120 unidades diárias de produto em processo entre o departamento A e o departamento E. A distância entre o centro desses dois departamentos é igual a 20 metros.

Se cada unidade desloca-se por 20 metros entre os dois departamentos e temos 120 unidades movimentando-se entre eles diariamente, no total são percorridos 2.400 metros por dia entre os departamentos A e E (120 unidades x 20 metros). Esse valor deverá ser somado à distância percorrida entre os outros departamentos da empresa a fim de obtermos a distância total percorrida pelos produtos em processo. Assim, temos: (quantidade movimentada entre departamentos A e C x distância entre departamentos A e C) + (quantidade movimentada entre departamentos A e E x distância entre departamentos A e E) + (quantidade movimentada entre departamentos B e C x distância entre departamentos B e C) + (quantidade movimentada entre departamentos B e F x distância entre departamentos B e F) + (quantidade movimentada entre departamentos C e E x distância entre departamentos C e E) + (quantidade movimentada entre departamentos D e E x distância entre departamentos D e E) + (quantidade movimentada entre departamentos D e F x distância entre departamentos D e F) = (substituindo os valores das Figuras 11.1.a e 11.1.b na fórmula apresentada):

$$(50 \times 10) + (120 \times 20) + (95 \times 20) + (40 \times 20) + (10 \times 10) + (60 \times 20) + (35 \times 10) = 500 + 2.400 + 1.900 + 800 + 100 + 1.200 + 350 = 7.250 \text{ metros}$$

A totalidade dos produtos, ao serem movimentados entre os departamentos nesse arranjo físico por processo, percorreria uma distância de 7.250 metros. Você pode estar se perguntando:

Será que o posicionamento dos departamentos é o melhor para a empresa?

Por que os departamentos A e E, que trocam o maior volume de materiais, ficam tão afastados?

Como poderíamos propor uma alternativa em que o deslocamento total diminuísse?

Você vai perceber que com algumas mudanças será possível obter distâncias totais inferiores para movimentar a mesma quantidade de produtos em processo. Quanto menor a distância percorrida pelos produtos em processo dentro da fábrica, menores serão os custos de movimentação dos mesmos.

A próxima etapa é uma pesquisa por mudanças departamentais que reduzam custos. Com base nas figuras e nos cálculos apresentados, parece desejável colocar os departamentos A e E mais próximos entre si para reduzir os custos de movimentação de materiais entre eles. Aproximar os departamentos B e C (95 trocas diárias) e D e E (60 trocas diárias) também seria uma mudança positiva. Mas como fazer?

A Figura 11.2 mostra o arranjo físico revisado, resultante da simples troca de posição entre os departamentos B e E. Adotamos uma técnica de tentativa e erro porque para uma fábrica com seis departamentos, o número de arranjos possíveis seria igual a 6! (ou 720).

Fatorial (!)

O cálculo fatorial é muito usado na Álgebra, principalmente no cálculo de arranjos e combinações. Seu símbolo é um ponto de exclamação. Assim, 6! é lido como seis fatorial, ou fatorial de seis. Se tivéssemos 5!, o resultado seria:

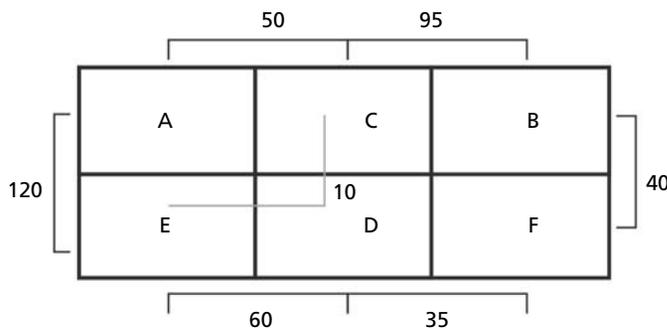
$$5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1 = 120.$$


Figura 11.2: Arranjo físico revisado.

$$(50 \times 10) + (120 \times 10) + (95 \times 10) + (40 \times 10) + (10 \times 20) + (60 \times 10) + (35 \times 10) = 500 + 1.200 + 950 + 400 + 200 + 600 + 350 = 4.200 \text{ metros}$$

A distância total percorrida no arranjo físico revisado foi bastante inferior à primeira, mostrando que esse arranjo físico é mais econômico para a empresa.

Outros fatores podem ser levados em consideração no detalhamento do arranjo físico por processo. Continuando com nosso exemplo da fábrica de brinquedos, colocar o departamento de costura ao lado do departamento de pintura poderia resultar em produtos defeituosos, com fiapos e partículas de tecido e linha depositando-se sobre os itens pintados. Questões como essa também devem ser incorporadas na decisão final sobre o arranjo físico.

Atividade 1

Uma empresa de armazenagem e transporte de encomendas dispõe de uma área retangular com 180m² (18m x 10m) e deseja estabelecer o melhor arranjo físico para seu processo. O gerente da empresa deseja que a área de separação de encomendas não fique próxima do recebimento. Os departamentos foram numerados de 1 a 5 para facilitar a visualização. A tabela mostra a área necessária para cada departamento e a quantidade de volume deslocada entre eles diariamente. As áreas informadas já incluem espaço para corredores, e o sentido do fluxo não altera as decisões de arranjo físico.

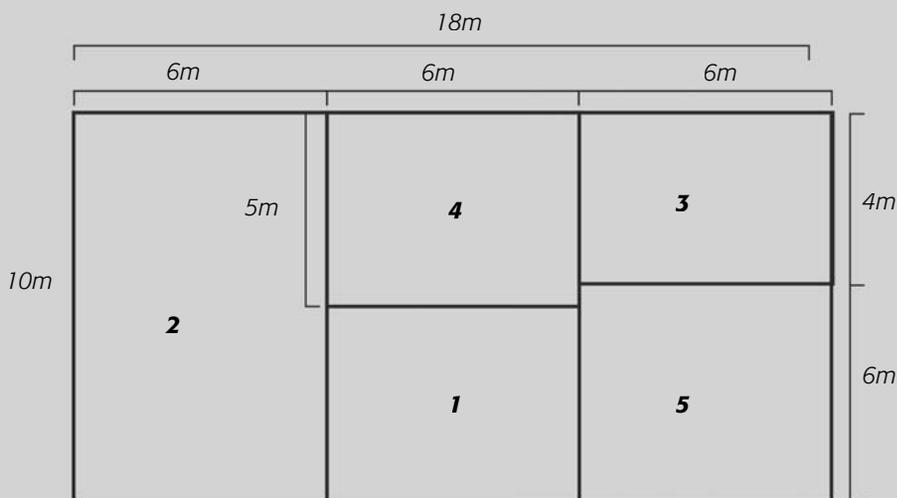
Tabela 11.2: Área necessária e movimentação entre departamentos

	Área (m ²)	1	2	3	4	5
1. Formação de kits	30 (6 x 5)	X	1.200	0	420	1.350
2. Separação de encomendas	60 (6 x 10)		X	0	800	0
3. Recebimento de encomendas	24 (6 x 4)			X	1.400	950
4. Tratamento de anomalias	30 (6 x 5)				X	100
5. Programação de materiais	36 (6 x 6)					X

Acomode os departamentos da melhor forma possível, respeitando suas áreas e as prioridades de proximidade.

Resposta Comentada

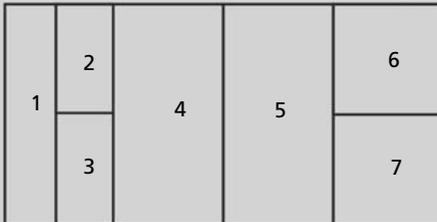
É importante observar as dimensões de cada departamento e da área total da empresa. Não se esqueça de que o departamento 2 não deve ficar próximo do departamento 3. Por fim, os departamentos que devem ficar mais próximos entre si são aqueles que trocam maior quantidade de materiais: 3 e 4, 1 e 5, 1 e 2. Pelo método de tentativa e erro, chegamos ao seguinte modelo de arranjo físico para a empresa de armazenagem:



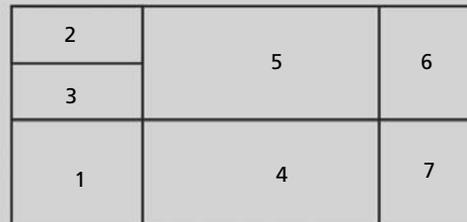
Observe, por exemplo, que o departamento 3 ficou junto ao departamento 4, e o departamento 1 ficou junto ao departamento 5. Isso não ocorreu por acaso. Segundo os dados da atividade, o fluxo de materiais entre esses pares de departamentos é respectivamente igual a 1.400 e 1.350.

Atividade 2

Um fabricante de circuitos eletrônicos para calculadoras planeja montar uma nova instalação produtiva. A equipe responsável pelo novo projeto deverá escolher entre dois projetos de arranjo físico alternativos (A e B), que estão ilustrados a seguir. Os departamentos são representados por números.



Modelo de arranjo físico A.



Modelo de arranjo físico B.

A equipe de projeto fez um levantamento das distâncias entre os centros de alguns pares de departamentos em modelo de arranjo físico:

Pares de departamentos	Distância entre os departamentos (metros)	
	Arranjo físico A	Arranjo físico B
1-2	7	15
1-3	7	9
1-4	12	14
2-3	13	6
2-4	9	22
3-4	13	16
4-5	15	12
5-6	15	13
5-7	15	18
6-7	12	12

Então, a equipe de projeto solicitou ao gerente de produção informações sobre os volumes de materiais movimentados entre os departamentos. Ele informou que a empresa produz quatro modelos de circuitos: P40, P60, P100 e S50. O fluxo de cada um e as quantidades produzidas diariamente estão na tabela a seguir.

Modelo do produto	Fluxo do produto	Quantidade produzida
P40	1-2-3-4-5-6-7	100
P60	1-2-4-5-6-7	40
P100	1-3-4-5-7	60
S50	1-4-5-6-7	70

Escolha o melhor modelo de arranjo físico (A ou B), com base nas distâncias para movimentação.

Resposta Comentada

Arranjo físico A:

Produto P40: $(7 + 13 + 13 + 15 + 15 + 12) \times 100$ unidades = 7.500m

Produto P60: $(7 + 9 + 15 + 15 + 12) \times 40$ unidades = 2.320m

Produto P100: $(7 + 13 + 15 + 15) \times 60$ unidades = 3.000m

Produto S50: $(12 + 15 + 15 + 12) \times 70$ unidades = 3.780m

*Distância total percorrida no arranjo físico A = $7.500 + 2.320 + 3.000 + 3.780$
= 16.600m*

Arranjo físico B:

Produto P40: $(15 + 6 + 16 + 12 + 13 + 12) \times 100$ unidades = 7.400m

Produto P60: $(15 + 22 + 12 + 13 + 12) \times 40$ unidades = 2.960m

Produto P100: $(9 + 16 + 12 + 18) \times 60$ unidades = 3.300m

Produto S50: $(14 + 12 + 13 + 12) \times 70$ unidades = 3.570m

*Distância total percorrida no arranjo físico B = $7.400 + 2.960 + 3.300 + 3.570$
= 17.230m*

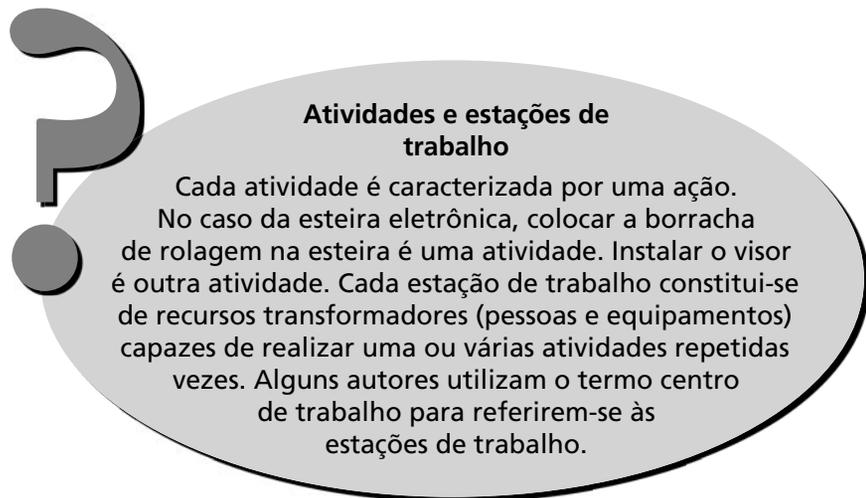
O melhor arranjo físico é o A, pois a distância total percorrida pelos produtos em processo será menor.

DETALHAMENTO DE ARRANJO FÍSICO POR PRODUTO

O projeto detalhado de arranjo físico por produto não necessita de análises tão elaboradas para posicionar cada departamento, porque os fluxos são padronizados. Nesse tipo de arranjo físico, o caminho dos produtos em processo já está definido e o principal desafio do gestor da produção será com a distribuição de tarefas.

Por exemplo, pode ter sido decidido que quatro estações de trabalho serão necessárias para produzir esteiras eletrônicas numa linha de montagem. A decisão então é sobre quais tarefas necessárias à montagem da esteira serão alocadas a cada estação de trabalho. Quando as tarefas são mal distribuídas, algumas estações de trabalho ficam sobrecarregadas, com excesso de atividades, enquanto outras podem estar ociosas.

Denomina-se balanceamento de linha a alocação equânime de trabalho para cada estágio da linha.



A melhor distribuição possível das atividades entre as estações de trabalho é o objetivo principal do projeto detalhado de arranjo físico por produto. Para isso, os gestores se envolvem na resolução de algumas questões, entre elas:

- Que tempo de ciclo é necessário?
- Quantos estágios são necessários?
- Como balancear a distribuição de tarefas pela linha de produção?



Tempo de ciclo

Tempo de ciclo é o intervalo entre a saída de um item da linha de produção e a saída de outra unidade do mesmo item.

Se uma fábrica de automóveis que funciona 480 minutos por dia deseja produzir 120 unidades de um determinado modelo, qual deve ser o tempo de ciclo? Ou seja, de quanto em quanto tempo uma unidade do produto deve ser terminada?

O tempo de ciclo será encontrado dividindo-se o tempo total disponível pela quantidade a ser produzida. Assim, o tempo de ciclo do referido modelo na fábrica de automóveis será igual a $480/120 = 4$ minutos.

Esse conceito não deve ser confundido com o de *lead-time* de produção, que corresponde ao intervalo de tempo que vai da entrada de um item na linha de produção até sua saída como item acabado.

Você poderá perceber a resposta de cada pergunta acompanhando o exemplo da fábrica de esteiras eletrônicas:

Numa fábrica que funciona 7 horas por dia, são montadas 280 unidades de um modelo de esteiras eletrônicas. A Tabela 11.3 mostra as tarefas envolvidas e o tempo, enquanto a Figura 11.3 mostra o que chamamos de diagrama de precedências, identificando a seqüência para realização das tarefas.

Tabela 11.3: Relação de atividades

Tarefa	Tempo (min.)	Depende
a	0,6 minuto	
b	0,8 minuto	a
c	0,9 minuto	b
d	0,4 minuto	c
e	0,5 minuto	c
f	1,1 minuto	d, e
g	1,1 minuto	f

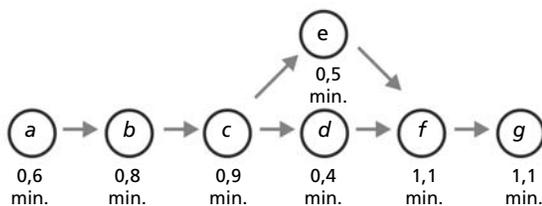


Figura 11.3: Diagrama de precedência.

1º passo: Calcular o tempo de ciclo.

Tempo disponível total em minutos: $7 \times 60 = 420$ minutos.

$$\text{Tempo de ciclo} = \frac{\text{tempo disponível total}}{\text{número de produtos produzidos}}$$

$$\text{Tempo de ciclo} = \frac{(7 \text{ horas} \times 60 \text{ minutos})}{280 \text{ unidades}} = 1,5 \text{ minuto / unidade}$$

Isso significa que a cada 1,5 minuto, um produto deve sair da linha de produção.

2º passo: Calcular o número mínimo de estações de trabalho.

$$\text{Número mínimo de estações de trabalho} = \frac{\text{somatório do tempo das atividades}}{\text{tempo de ciclo}}$$

Número mínimo de estações de trabalho = $5,4 / 1,5 = 3,6$
– aproximadamente 4 estações (sempre arredonde para mais ou o trabalho não poderá ser completo).

Você deve perceber a importância da utilização da mesma unidade de tempo no numerador e no denominador do cálculo anterior. No exemplo utilizamos minutos. Perceba também que o numerador é obtido somando-se a segunda coluna da **Tabela 11.3**.

3º passo: Alocar as tarefas.

As tarefas devem ser alocadas a cada um dos quatro estágios de trabalho, obedecendo à ordem dada pelo diagrama de precedências e garantindo que os tempos totais das tarefas dentro de cada estágio não supere 1,5 minuto (tempo de ciclo).

Assim, começando da esquerda para a direita, o estágio 1 deve englobar as atividades *a* e *b*, totalizando 1,4 minuto. A atividade *c*, que não cabe no estágio 1, pois ultrapassaria o tempo de ciclo, vai integrar o estágio 2. Agora reveja a **Figura 11.3**. O estágio 2 terá a atividade *c* e mais uma outra atividade. Qual seria?

Segundo Slack et al. (2002, p. 230), duas regras são particularmente úteis nessa decisão:

- Escolha a maior atividade que caiba no tempo remanescente do estágio.

- Escolha a atividade com maior número de dependentes.
No exemplo analisado, *d* e *e* possuem o mesmo número de atividades seguintes dependentes. Tanto a atividade *f*, quanto a atividade *g*, dependem que *d* e *e* sejam realizadas.

Selecionamos a atividade *e* ao invés da *d* porque ela possui o maior tempo que pode ser alocado no estágio 2. Repare que o tempo da atividade *e* é igual a 0,5 minuto, enquanto o tempo da atividade *d* é apenas 0,4 minuto.

As tarefas *d* e *f* devem ser alocadas no estágio 3. Alocar a tarefa *g* nesse estágio faria com que o tempo de ciclo fosse excedido. Por isso, a tarefa *g* será alocada sozinha no estágio 4. A Tabela 11.4 e a Figura 11.4 mostram a alocação final.

Tabela 11.4: Divisão de tarefas

Estágio	Tarefas
1	a, b
2	c, e
3	d, f
4	g

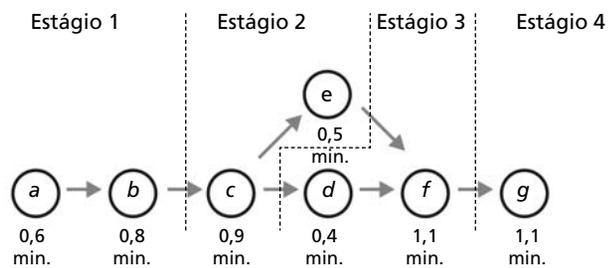


Figura 11.4: Diagrama com os estágios.

Quando você participa de algum trabalho em grupo com atividades seqüenciais, pode-se supor que a divisão das tarefas entre estágios seja uma alternativa para alocação da carga de trabalho. Uma divisão igual faz com que os estágios trabalhem de forma sincronizada. Cada um dos componentes do grupo vai assumir um estágio. Se a distribuição do trabalho for desigual, alguns colegas ficarão ociosos, enquanto outros estarão sobrecarregados.

Voltando ao exemplo das esteiras eletrônicas, lembre-se de que o tempo total das atividades necessárias para sua fabricação é igual a 5,4 minutos e o número mínimo de estágios é 4. O equilíbrio seria encontrado se fosse possível uma alocação de atividades de modo a distribuir o trabalho igualmente entre os estágios.

Se fosse possível obter o tempo de ciclo ideal, ele seria calculado dividindo-se o tempo total das atividades e o número de estágios. Dessa forma, cada estágio forneceria para o seguinte no exato momento em que este estivesse disponível. Porém, como vimos no exemplo, pode acontecer de as perdas por balanceamento serem inevitáveis.

A distribuição de carga de trabalho ideal está demonstrada na **Figura 11.5.a**. A distribuição do trabalho possível de ser feita com os tempos das atividades está demonstrada na **Figura 11.5.b**, na qual o trabalho não pôde ser alocado igualmente, isto é, com o mesmo tempo de ciclo para cada estágio. O tempo de ciclo real será maior e perdas por balanceamento ocorrerão, apesar dos nossos esforços em busca da melhor distribuição de tarefas.

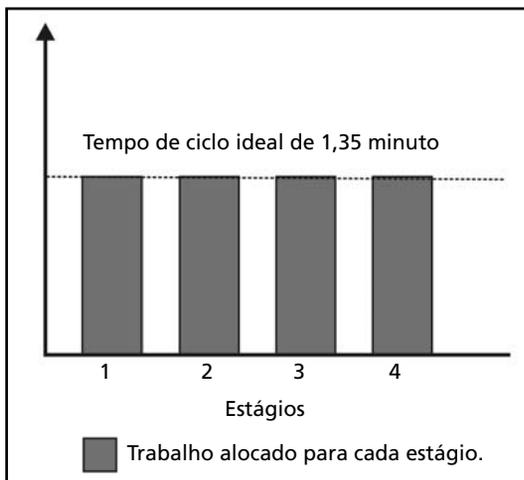


Figura 11.5.a: Distribuição igual de trabalho.

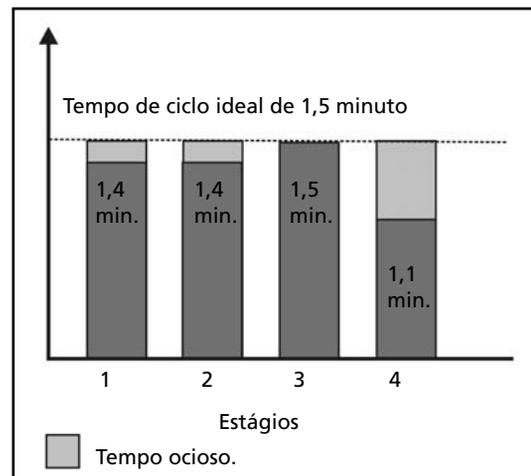


Figura 11.5.b: Diferenças na distribuição de trabalho.

A eficácia da atividade de balanceamento de linha é medida pelo que se chama de perda de balanceamento, que se refere ao tempo desperdiçado por meio da alocação desigual de trabalho com uma porcentagem do tempo total investido no processamento de um produto ou serviço.

4º passo: Calcular a perda por balanceamento.

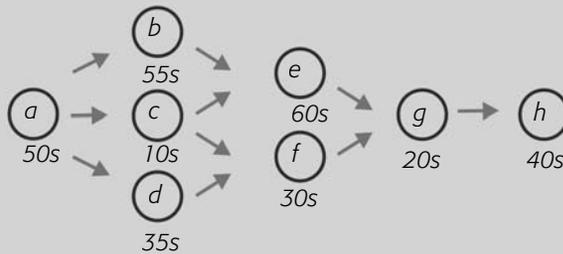
Tempo ocioso total = tempo ocioso no estágio 1 + tempo ocioso no estágio 2 + tempo ocioso no estágio 3 + tempo ocioso no estágio 4.

Tempo ocioso total = 0,1min. + 0,1min. + 0 + 0,4min. = 0,6 minuto

$$\text{Perda por balanceamento} = \frac{\text{tempo ocioso total}}{\text{tempo de ciclo} \times \text{número de estágios}} = \frac{0,6}{1,5 \times 4} = \text{Perda por balanceamento} = 0,1 = 10\%.$$

Respostas Comentadas

a.



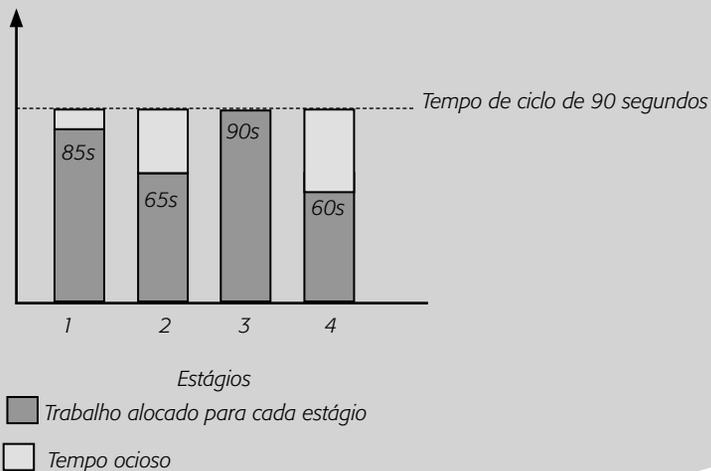
b. Tempo de ciclo = $\frac{\text{tempo disponível}}{\text{quantidade}} = \frac{480}{320} = 1,5 \text{ minuto ou } 90 \text{ segundos.}$

c. Número de estágios = $\frac{\text{somatório do tempo das atividades}}{\text{tempo de ciclo}} = \frac{300 \text{ segundos}}{90 \text{ segundos}} = 3,33.$

Arredondando para mais: 4 estágios

Estágio	Tarefas	Duração
1	a, d	85s
2	b, c	65s
3	e, f	90s
4	g, h	60s

d.



A parte clara da figura anterior representa o tempo ocioso em cada estágio.

$$\text{Perda por balanceamento} = \frac{\text{tempo ocioso total}}{\text{tempo de ciclo} \times \text{número de estágios}} =$$

$$\frac{5s + 25s + 0 + 30s}{90s \times 4} = \frac{60}{360} = 16,66\%$$

CONCLUSÃO

O arranjo físico por processo e o arranjo físico por produto podem ser planejados detalhadamente para garantir mais eficiência ao processo produtivo. O primeiro lida com maior variedade de itens e, conseqüentemente, com maior diversidade de fluxos.

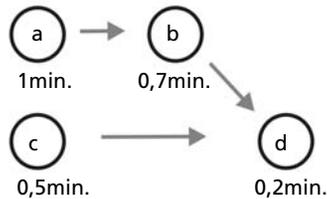
Você percebeu que é possível definir a melhor localização para cada departamento de acordo com a quantidade de materiais que são movimentados entre eles. Essa técnica reduz custos de movimentação porque, se grande quantidade de materiais flui entre departamentos x e y, logo eles deverão ser arranjados fisicamente próximos entre si.

Já no arranjo físico por produto, em que o fluxo é padronizado, cada estágio deve receber uma carga de trabalho até o limite do tempo de ciclo estabelecido para o sistema. Assim, o detalhamento do arranjo físico por produto é importante para que os estágios seqüenciais possam operar da forma mais sincronizada possível.

Atividade Final

A empresa x produz 280 unidades de um produto em sete horas de trabalho diário.

A figura a seguir ilustra as atividades necessárias.



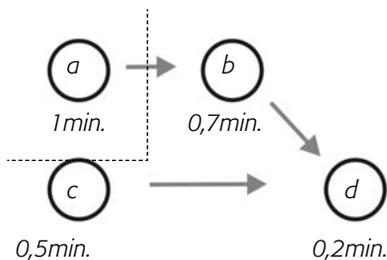
- Qual o tempo de ciclo?
- Qual o número mínimo de estágios?
- Considerando o tempo de ciclo encontrado na letra a, calcule o percentual das perdas pelo desbalanceamento.

Respostas Comentadas

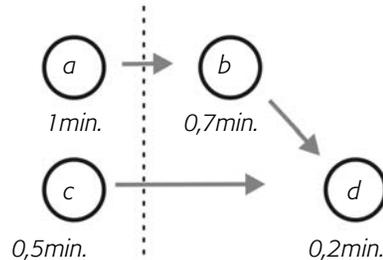
a. Tempo de ciclo = $\frac{\text{tempo disponível}}{\text{quantidade}} = \frac{420}{280} = 1,5 \text{ minuto ou } 90 \text{ segundos.}$

b. Número mínimo de estágios = $\frac{\text{tempo das atividades}}{\text{tempo de ciclo}} = \frac{1 + 0,7 + 0,5 + 0,2}{1,5}$
 $= \frac{2,4}{1,5} = 1,6. \text{ Aproximadamente } 2 \text{ estágios.}$

c. Alternativa 1



Alternativa 2



Estágio	Tarefas	Duração
1	a, c	1,5min.
2	b, d	0,9min.

$$\text{Perda por desbalanceamento} = \frac{\text{tempo ocioso total}}{\text{tempo de ciclo} \times \text{número de estágios}} =$$

$$\frac{0 + 0,6\text{min.}}{1,5\text{min.} \times 2} = \frac{0,6}{3} = 0,2 \text{ ou } 20\%$$

A perda pelo desbalanceamento, considerando um tempo de ciclo de 1,5 minuto, é igual a 20%.

RESUMO

Mais do que reconhecer os tipos básicos de arranjo físico, o gestor de produção se depara com algumas decisões mais detalhadas. O projeto detalhado de arranjo físico possui duas abordagens, uma para arranjo físico por processo e outra para arranjo físico por produto.

No arranjo físico por processo, o objetivo se constituirá basicamente na busca pela minimização das distâncias percorridas pelos diferentes produtos dentro do processo. Devem ser considerados os trajetos de cada produto, a área necessária para cada departamento e a distância entre eles. A escolha do melhor arranjo físico nesse caso pode se dar por tentativa e erro ou pela comparação de um número limitado de opções de arranjo.

Como a disposição dos departamentos é predeterminada no arranjo físico por produto, o detalhamento vai se dar através da distribuição das tarefas entre os estágios. A observação do tempo de ciclo é importante para a empresa planejar os recursos de modo a conseguir produzir a quantidade necessária.

Metas da aula

Apresentar as tecnologias de processamento de materiais, informações e clientes; demonstrar as dimensões da tecnologia: grau de automação, escala e grau de integração; apresentar os fatores do mercado e da organização que influenciam a escolha da tecnologia.

Ao final do estudo desta aula, você deverá ser capaz de:

- 1 identificar as vantagens potenciais do uso da tecnologia de processamento de materiais;
- 2 avaliar a influência da escolha da tecnologia para os objetivos de desempenho de uma empresa;
- 3 mostrar como os diferentes tipos de tecnologias de processo podem influenciar nos objetivos das empresas.

Pré-requisitos

Para melhor compreensão do conteúdo desta aula, você deverá recordar os seguintes tópicos:

Tipos de recursos transformados pelos processos produtivos: materiais, informações e clientes (Aula 1); prioridade de objetivos de desempenho (Aula 3); aceitabilidade, viabilidade e vulnerabilidade das decisões de projeto (Aula 4); desenvolvimento da atividade de projeto (Aula 5); desenvolvimento de projeto de produto (Aula 6).

INTRODUÇÃO

Nenhuma empresa planeja e controla a produção hoje em dia sem considerar os elementos tecnológicos. A tecnologia está cada vez mais presente na vida de cada indivíduo, na gestão da produção e na estratégia da empresa.

O ambiente competitivo muitas vezes obriga a empresa a adotar ou desenvolver novas tecnologias. A sobrevivência e o crescimento da organização dependem da fidelização e da satisfação dos clientes que, por sua vez, dependem do desempenho da mesma nos objetivos de qualidade, rapidez, confiabilidade, flexibilidade e custos. Você vai perceber como a tecnologia pode ser utilizada para melhorar o desempenho em cada um desses objetivos.

Na Aula 5, você estudou projeto de processos e, na Aula 6, projeto de produtos. O desempenho da organização nos diferentes objetivos depende de ambos. A tecnologia pode ser incorporada no projeto de um processo quando se planeja o nível de automação da fábrica, a programação das máquinas, os equipamentos de movimentação ou o gerenciamento do fluxo de informações.

A tecnologia também tem feito com que o ciclo de vida de alguns produtos torne-se menor. Afinal, se uma empresa não produz um celular com câmera ou um automóvel bicomustível, ela pode ser considerada defasada e ficar fora do mercado. Os produtos mais modernos tecnologicamente tendem a levar vantagem nos mercados em que esse atributo é valorizado pelo cliente.

Nossa abordagem irá focar a tecnologia de processo, ou seja, aquela que se refere a como os produtos são fabricados. Como pode ser visto no **Quadro 12.1**, as tecnologias em gestão de operações podem ser utilizadas em três tipos de tarefas: processamento de materiais (operações de manufatura e armazéns), processamento de informações (serviços financeiros, por exemplo) ou tecnologias de processamento de consumidores (operações como varejo, médico, hotel, transporte, entre outros). Também podem existir tecnologias integradoras, que processam combinações de materiais, pessoas e informações (embarque aéreo de passageiros numa companhia aérea).

Quadro 12.1: Exemplos de tipos de tecnologia

	Processamento de materiais	Processamento de informações	Processamento de clientes
Exemplos da tecnologia de processo	Processadores de correio integrado	Sistemas de telecomunicação	Simuladores de voo
	Máquinas-ferramentas	Sistemas de rastreamento por satélite	Máquinas de tomografia computadorizada

Fonte: SLACK, 2002, p. 242.

Os gerentes de produção devem participar da escolha, planejamento, instalação, monitoramento e atualização da tecnologia de processo, com o objetivo de manter a organização em sintonia com as exigências tecnológicas do mercado.

TECNOLOGIA DE PROCESSAMENTO DE MATERIAIS

Imagine um processo produtivo de transformação de materiais. Esses materiais podem ser plásticos, metais, tecidos, alimentos, entre outros. Ao longo dos anos, as tecnologias de processo têm se desenvolvido, mudando a forma como os produtos são fabricados.

As tecnologias de processo mais conhecidas são: máquinas-ferramentas de controle numérico computadorizadas, robótica, veículos guiados automaticamente, sistemas flexíveis de manufatura e manufatura integrada por computador.

1. *Máquinas de controle numérico* – No ambiente fabril, verifica-se a existência de dispositivos automáticos em várias funções. As máquinas tornaram-se automáticas mediante a aplicação do conceito de controle numérico (CN) e, posteriormente, de controle numérico por computador (CNC). O Comando Numérico Computadorizado (CNC) é considerado o primeiro passo da microeletrônica na automação industrial. Através dele, máquinas-ferramentas tradicionais, como tornos, fresadoras, madriladoras e outras, ganham controles eletrônicos que garantem maior rapidez e precisão no processo produtivo. A alma do CNC é um microprocessador, que lhe dá capacidade de memorizar informações, fazer cálculos e transmiti-los à máquina para efetuar a operação produtiva.

As máquinas-ferramentas de controle numérico evoluíram em dois sentidos principais. O primeiro é quanto ao grau de liberdade, que está relacionado com a variedade de movimentos que a máquina pode executar no processamento de materiais.

Vamos comparar uma furadeira, um torno e um centro automatizado. A furadeira possui somente um grau de liberdade de movimento, ou seja, para cima e para baixo. O torno movimenta-se para dentro e para fora da peça que está sendo processada e ao longo da mesma, servindo para moldar peças cilíndricas. Por último, os centros automatizados não param de se desenvolver; estes podem conformar peças mais complexas pois possuem, usualmente, três ou mais graus de liberdade.

O segundo sentido em que se desenvolveram as máquinas-ferramentas de controle numérico foi quanto à habilidade de armazenar diferentes ferramentas de corte dentro da máquina. Assim, quando o programa pede uma mudança de ferramenta, a ferramenta antiga é substituída para adequar a máquina às necessidades do material que está sendo processado.

As máquinas-ferramentas de controle numérico computadorizadas representam uma importante etapa evolutiva no avanço rumo ao que há de mais moderno em termos de máquinas automatizadas, os robôs.

2. *Robótica* – A robótica se ocupa da concepção, construção e utilização dos robôs. Segundo Gaither e Frazier (2002, p.144), o Robotic Institute of America define um robô da seguinte maneira:

Um robô industrial é um manipulador reprogramável, multifuncional, para movimentar materiais, peças, ferramentas ou dispositivos especializados por meio de movimentos programados variáveis para o desempenho de uma variedade de tarefas.

A idéia de construir robôs começou a tomar força no início do século XX com a necessidade de aumentar a produtividade e melhorar a qualidade dos produtos. É nessa época que o robô industrial encontrou suas primeiras aplicações.

O primeiro robô industrial foi instalado em 1961. Esse feito foi fruto dos esforços dos americanos George Devol, inventor, e Joseph Engelberger, um executivo. George Devol é considerado o pai da robótica industrial.

Os robôs podem ser usados para realização ou apoio em diferentes tarefas, tais como: carga e descarga de centros de trabalho, soldagem, pintura, embalagem, entre outras.

Nas tarefas de manufatura, os robôs apresentam como benefício o fato de poderem desempenhar tarefas repetitivas, monótonas e, algumas vezes, perigosas por longos períodos, sem variação e sem reclamação. Além disso, o uso de robôs pode reduzir erros e aumentar a produtividade e a flexibilidade da fábrica.

Segundo Slack et al.(2002, p. 244), os robôs podem ser classificados em três tipos de acordo com a sua destinação:

- Robôs de manuseio: utilizados, por exemplo, para carga e descarga dos centros de trabalho, ou seja, movimentação de produtos em processo para dentro ou para fora de uma estação de trabalho.
- Robôs de processo: a peça é segurada pelo robô enquanto está sendo processada. Por exemplo, no trabalho em metais e tratamento de superfícies.
- Robôs de montagem: esses robôs são usados para montagem de peças, componentes e produtos completos.

Apesar disso, no decorrer desta aula, você vai perceber que a utilização de modernas tecnologias de processo não são suficientes para garantir altos índices de qualidade, produtividade e eficiência.

Atividade 1



Leia com atenção os dois casos a seguir e responda ao que se pede:

1. A Ecco produz mais de sete milhões de sapatos todos os anos e investiu intensamente em recursos robóticos em sua operação de manufatura, principalmente para melhorar a qualidade de seus produtos. Os estágios iniciais da produção ainda são processados manualmente. A parte macia de couro que formará o sapato é cortada e costurada em fábricas indianas e indonésias antes de ser enviada por navio às fábricas mais automatizadas, onde será finalizada. Um robô é utilizado para cortar uma beirada de 5mm ao redor dessa parte de couro, que é então transferida por um segundo robô até a máquina de forma de sola, onde o couro é então moldado sobre uma sola flexível. Um terceiro robô é empregado para cortar o material excedente da sola sem estragar a parte superior do sapato. Cada robô é programado para operar de acordo com o tamanho e modelo reconhecido do sapato que está sendo processado.

2. O grupo sueco Scania decidiu construir nova instalação de pintura em sua fábrica de eixo em Falun. A decisão de usar robótica na oficina de pintura baseou-se em sua habilidade de atender precisamente às exigências dos consumidores a respeito do tipo de pintura, cor e especificação. Inicialmente, os robôs preparam e limpam as peças, depois secam a umidade ao injetar ar comprimido entre as cavidades e reentrâncias existentes; as peças são então preparadas e finalmente pintadas. As peças do eixo nos caminhões Scania são moldadas diferentemente, o que significa que as pistolas de jato de tinta do sistema de pintura precisam ser ajustadas continuamente durante o processo. Existe um sistema de controle integrado por computador que coordena todos esses ajustes, controlando a quantidade de tinta que é jateada e reduzindo possíveis espirros (para benefício tanto ambiental como de custos). O uso de robôs também melhorou as condições de trabalho dos empregados e ajudou a reduzir desperdícios e emissões de solventes. (Fonte: SLACK, 2002, p. 244.)

Escreva quais são as vantagens de se usar tecnologia de robô para cortar componentes dos sapatos na fábrica da Ecco ou pintar eixos na fábrica da Scania?

RESPOSTA COMENTADA

Os cortes milimétricos podem ser mais precisos e padronizados quando executados por robôs previamente programados. Eles são ajustáveis para efetuar tarefas sobre diferentes tamanhos e modelos, garantindo a flexibilidade necessária na operação. Geralmente, tarefas repetitivas e árduas são melhor executadas por máquinas do que por seres humanos. Dessa forma, a empresa consegue alcançar índices de produtividade maiores.

As tarefas de pintura de eixos na fábrica da Scania também são repetitivas. Um sistema de controle integrado de computador coordena os ajustes, contribuindo para o desempenho de custos e flexibilidade da fábrica. A qualidade desse produto, ou seja, sua adequação ao padrão, é obtida de forma mais precisa com a utilização das tecnologias de produção.

3. *Veículos guiados automaticamente* – São veículos pequenos e autônomos, que movem materiais entre as operações responsáveis pela transformação física do produto em processo. Também podem ser usados como estações de trabalho móveis (em que o produto é transformado em movimento) ou em algumas operações de serviço, como, por exemplo, na armazenagem e separação de materiais em depósitos e centros de distribuição automatizados.

4. *Sistemas flexíveis de manufatura (FMS – flexible manufacturing systems)* – Integra tecnologias num sistema controlado por computador. Pode utilizar robôs para mover peças, junto com veículos guiados automaticamente para transportar os materiais entre estações de trabalho. Além da estação de trabalho em si, um FMS tem uma central de controle por computador, que controla e coordena as atividades do sistema.

Por ser um sistema flexível, uma seqüência de produtos, todos diferentes, mas dentro do pacote de capacitações, poderia ser processada em qualquer ordem e sem demora para troca entre os produtos. Segundo Slack et al. (2002, p. 246), os FMS são mais bem adaptados para aplicações de manufatura em que os projetos das peças são basicamente similares ainda que seus tamanhos de lote sejam pequenos.

Então, se as peças devem ser similares, por que chamamos de sistema flexível? Nos modelos de automação anteriores, as instruções para a máquina eram fixadas ao seu *hardware*. Qualquer mudança requeria que a máquina fosse reconfigurada. Tecnologias como os FMS mantêm suas instruções em forma de *softwares* (programas de computador) facilmente reprogramáveis.

5. *Manufatura integrada por computador (Computer-integrated Manufacturing – CIM)* – Trata-se de um sistema ainda mais integrado do que os sistemas flexíveis de manufatura (*Flexible Manufacturing Systems FMS*), pois abrange toda a empresa, alcançando todas as atividades que dão sustentação à manufatura, como, por exemplo, projeto e programação. O monitoramento, que é baseado em computador, utiliza um banco de dados comum e estabelece uma comunicação avançada dentro da empresa através de uma rede de computadores.

Os sistemas de automação não param de se desenvolver. A tecnologia de processo pode atuar diretamente na transformação das matérias-primas e montagem dos componentes (máquinas-ferramentas, robôs e veículos automatizados). Ela pode interligar esses mecanismos formando um sistema integrado de manufatura (*Flexible Manufacturing Systems – FMS*) ou envolver atividades de diferentes áreas da empresa (*Computer-integrated Manufacturing – CIM*). O fato é que, nos dois últimos casos, é crescente a importância da utilização de sistemas de computador que auxiliem no controle das atividades, dos estoques e facilitem a comunicação dentro e fora da empresa.

O uso da informática no desenvolvimento de projetos é denominado Projeto Auxiliado por Computador (*Computer-Aided Design – CAD*). Os sistemas CAD proporcionam a capacidade, para criar e modificar desenhos em três dimensões. A obtenção de imagens realistas dá-se pela possibilidade de remoção das linhas ocultas e visualização com sombreadamento. Permite-se girar figuras, seccioná-las, mudar a escala e introduzir modificações em apenas parte do desenho. Quando a empresa integra o CAD ao sistema de controle da manufatura, tem-se o CAD/CAM.

A **Figura 12.1** mostra como ocorre a integração entre as diferentes tecnologias de processamento de materiais.

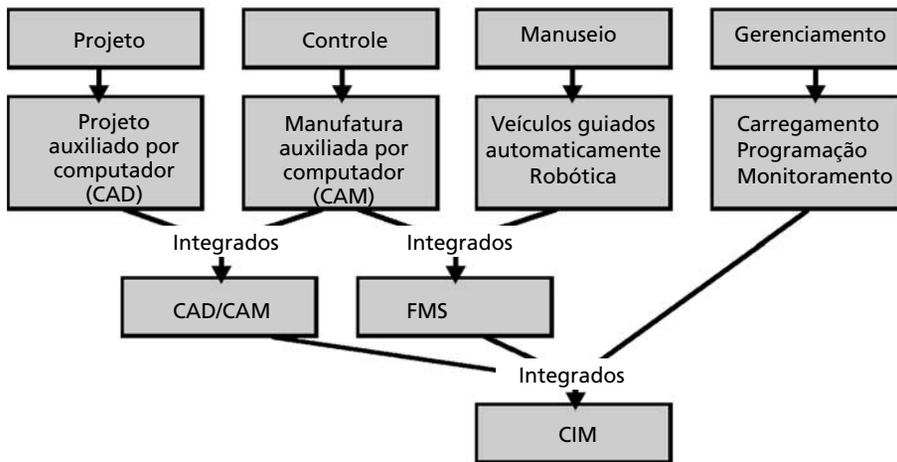


Figura 12.1: Modelo de integração das tecnologias de materiais.
Fonte: SLACK, 2002, p. 249.

IMPLANTAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE PROCESSAMENTO DE MATERIAIS

Se a solução é comprar um equipamento automático, é necessário estar preparado para algumas particularidades que os sistemas automáticos exigem na sua instalação. Por exemplo:

- Instalações elétricas com fluxo de energia estabilizado.
- Treinamento adequado do operador e dos auxiliares.
- Padronização da matéria-prima que alimentará o equipamento.
- Espaço físico adequado na área da produção.
- Tempo de garantia e o que está assegurado pelo fabricante.
- Plano de manutenção preventiva e corretiva.
- Prevenção com peças de reposição que tenham freqüentes desgastes.
- Em caso de pane grave, conhecimento prévio sobre o prazo (em horas) para atendimento da assistência técnica do fabricante.

A avaliação dos graus de ruído produzido pelo equipamento e dos tipos de poluentes e resíduos gerados é de suma importância, pois faz parte da modernização preservar o meio ambiente. Cada vez mais, é primordial estar consciente para não tornar o ambiente insalubre, e no futuro não precisar pagar por algo que poderia ser prevenido na compra ou na automação de um processo.

É importante estar atento também para os dispositivos de segurança e o custo em caso de acionamento. Quando se tem um equipamento de alta produtividade, sabemos que uma parada inesperada significa grandes prejuízos, por isso deve-se ter um plano de manutenção estruturado e uma assistência técnica confiável, que permita rapidez na restauração da produção e tenha o mínimo de perda no fluxo da produção, caso o sistema automático temporariamente pare de funcionar.

Apenas a utilização de modernas tecnologias de processo não é suficiente para garantir o bom desempenho de uma organização. As decisões tecnológicas devem propor soluções alinhadas com os objetivos estratégicos da empresa. Em alguns casos, as empresas investem em tecnologia, mas não observam a necessidade de atualização dos seus processos e reformulação de sua estratégia. Acontece, até mesmo, de os funcionários não serem treinados para utilizar as novas tecnologias em todas as suas potencialidades. Por isso, a implantação dessas novas tecnologias deve ser bem gerenciada, a fim de evitar traumas para as empresas e seus recursos humanos.

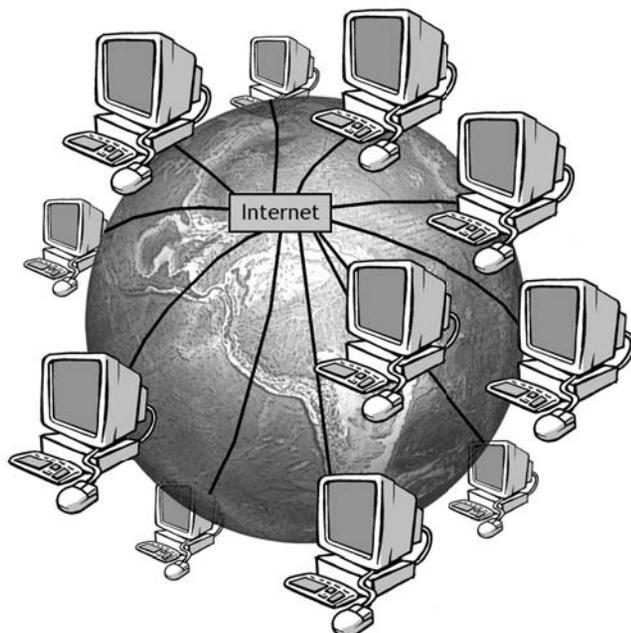
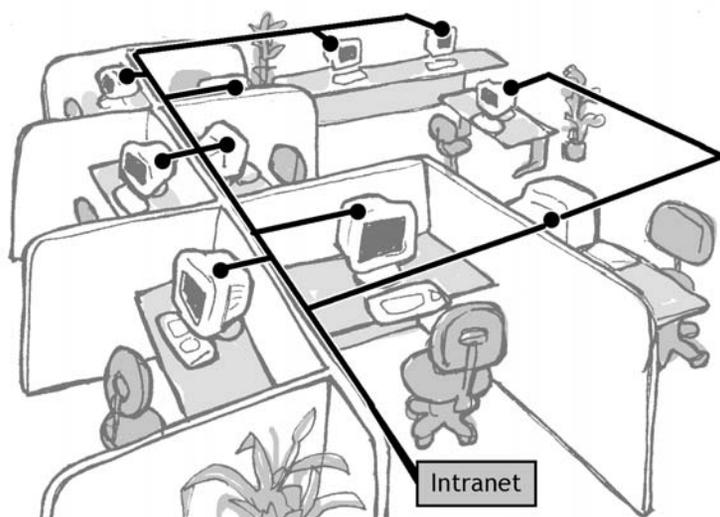
TECNOLOGIA DE PROCESSAMENTO DE INFORMAÇÕES

As tecnologias de processamento de informação incluem qualquer dispositivo que colete, manipule, armazene ou distribua informação. Atualmente, a tecnologia da informação está presente em todos os tipos de operações, apresentando um ritmo acelerado de desenvolvimento.

Uma tendência dos equipamentos que processam informação é o aumento da capacidade, velocidade e praticidade. Tanto os equipamentos (*hardware*) como os sistemas de gerenciamento (*softwares*) propiciam um controle dos fluxos de materiais cada vez mais acurado e um atendimento aos clientes cada vez mais ágil.

O advento dos microcomputadores propiciou a descentralização do processamento da informação. Como consequência, as organizações tiveram que buscar formas de interligar esses equipamentos para poderem trocar informações entre eles. A LAN (*local area network*) é uma rede de comunicações que opera até uma distância limitada. O tipo mais comum de LAN conecta os computadores pessoais (PCs) em grupo de trabalho e permite a todo o pessoal compartilhar acesso a arquivos de dados, impressoras e redes externas como a internet.

A internet é capaz de estabelecer conexões entre diferentes redes de computador, de diferentes lugares do planeta. Segundo Slack et al. (2002, p. 253), ela tornou-se a tecnologia mais significativa nos últimos tempos, e causadora dos maiores impactos na gestão de produção.



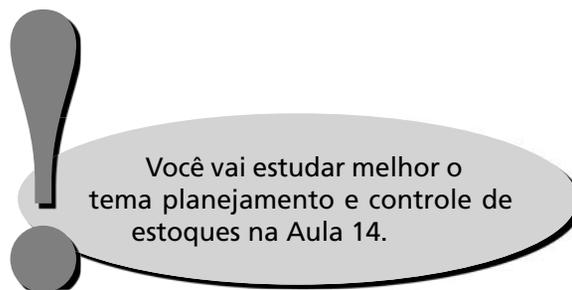
A tecnologia de internet pode ser usada para estabelecer trocas de informação entre clientes e fornecedores, que podem ser muito úteis para a gestão da cadeia de suprimentos. O uso de redes para esse fim é normalmente chamado de intercâmbio eletrônico de dados (EDI – *eletronic data interchange*).

As novas tendências no uso das redes incluem capacidade crescente de troca de dados e possibilidade de comunicação sem fio. Um grande desafio para as empresas tem sido garantir a segurança na troca de dados.

Os consumidores não costumam prestar muita atenção nos códigos de barras existentes nas embalagens dos produtos. Porém, as gerações anteriores sabem que o atendimento nas lojas de supermercados mudou bastante com a automação dos pontos-de-venda. Nas últimas décadas do século passado, os supermercados brasileiros adotaram, gradativamente, sistemas de leitura de código de barras para registrar as vendas quando o cliente está sendo atendido pela operadora do caixa. Então, hoje temos acesso a um cupom fiscal onde se lê por extenso tudo que foi comprado. Especialistas afirmam que, no futuro, os produtos não precisarão ter seus códigos lidos um de cada vez. Cada produto possuirá uma etiqueta eletrônica. Quando o carrinho passar entre duas antenas na saída da loja, o registro das compras será automático. Essa tecnologia é também conhecida como *Radio Frequency Identification* – RFID, ou simplesmente, identificação por rádio-frequência.

O controle de estoques propiciado pela utilização de código de barras permite que as empresas acompanhem as entradas e saídas de produtos na empresa. Isso propicia decisões mais precisas durante o planejamento de compras e produção, reduzindo custos com estoques desnecessários, por exemplo.

Não só nas lojas, mas também nos armazéns e nas fábricas ficou muito mais fácil controlar a entrada e saída de mercadorias. Assim, as empresas puderam monitorar melhor o nível dos estoques.



SISTEMAS ERP

Quando os *softwares* de computador se tornaram mais sofisticados durante a década de 1990, pacotes tecnológicos mais abrangentes passaram a ser chamados sistemas de planejamento dos recursos empresariais (ERP – *Enterprise Resource Planning*). Os sistemas ERPs têm o objetivo de automatizar processos de manufatura, organizar livros contábeis, modernizar o setor de recursos humanos e muito mais, integrando todas as atividades da empresa.

Um sistema ERP é um complexo conjunto de programas que pode consumir diversos anos e muitos milhões de dólares para ser implementado.

As seis principais companhias produtoras de *software* ERP são a SAP, a Oracle, a J. D. Edwards, a Peoplesoft, a Baan e a SSA. Um dos primeiros ERPs foi desenvolvido pela empresa alemã SAP, fundada em 1972 por cinco engenheiros da IBM. O *software* da SAP, chamado R/3, inicialmente destinava-se a tornar os processos de manufatura e contabilidade mais eficientes, mas atualmente a SAP oferece módulos R/3 para muitas outras funções de negócios como, por exemplo, logística e recursos humanos.

Imagine o quanto deve ser complexo para uma empresa gerenciar sistemas incompatíveis entre si. Isso ocorre quando subsidiárias utilizam programas diferentes, ou então, após processos de fusão e aquisição entre empresas. Assim, um dos objetivos do ERP é criar um sistema que, de forma globalizada, utilize dados e processos compatíveis para as regiões e divisões de uma empresa.

Outro benefício do ERP é a integração interna, resultante de um banco de dados comum e da implementação de processos comuns nas divisões ou regiões. As interfaces padronizadas oferecidas por muitos sistemas ERPs também facilitam a comunicação externa com os parceiros da cadeia de suprimentos. Por exemplo, muitas empresas nos setores automotivo e químico estão buscando a padronização no sistema ERP oferecido pela SAP. Essa integração fortalece o compartilhamento de informações na cadeia de suprimentos, reduzindo a incerteza dentro da empresa e entre os parceiros da cadeia.

A **Figura 12.2** apresenta os principais módulos do sistema ERP.

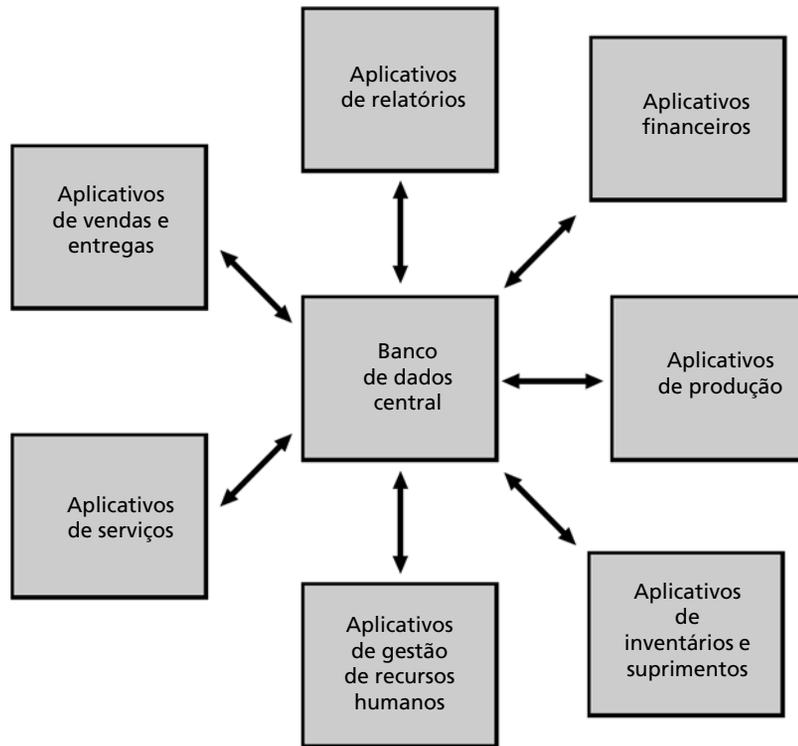


Figura 12.2: Arquitetura do ERP.
 Fonte: BOWERSOX, CLOSS e COOPER, 2006, p. 197.

Atividade 2

Sr. Wilson é proprietário e gerente de uma fábrica de cintos de couro. O aumento da concorrência tem obrigado este empreendedor a reduzir gradativamente sua margem de lucro, uma vez que a pressão sobre os preços está muito grande. Os poucos PCs que havia na fábrica eram usados apenas quando o filho mais novo do Sr. Wilson aparecia para brincar de joguinho. A empresa contratou um provedor de banda larga para internet, mas a última vez que alguém acessou a rede mundial de computadores foi para agendar a vistoria do carro da Dona Sônia, esposa do Sr. Wilson, no mês passado. Ele diz que bom mesmo é o contato pessoal ou telefônico com os parceiros de negócio. Os varejistas de roupas, clientes da fábrica, exigem que os cintos sejam entregues com código de barras. O Sr. Wilson segue à risca as exigências, mas não compreende bem a função de tão dispendioso complemento. Ontem ele recebeu a visita de um vendedor de *softwares*, que falou durante uma hora sobre a importância da integração entre as áreas da empresa.

Um funcionário administrativo percebeu que a empresa precisava reduzir custos. Analisando a concorrência, ele descobriu que a empresa estava defasada tecnologicamente e pretende convencer o patrão a utilizar algumas tecnologias de processamento da informação (intranet, internet, código de barras, ERP).

Que benefícios podem ser apresentados para tentar convencer o proprietário a utilizar cada uma dessas tecnologias?

RESPOSTA COMENTADA

Tanto empresas de serviço como de manufatura lidam com o desafio do compartilhamento de conteúdos e da rapidez no fluxo das informações dentro e fora da organização. Dentro da empresa, o tempo das pessoas é um fator de custo muito importante. O compartilhamento de informações através de uma rede interna de computadores pode facilitar o trabalho de todos.

Para competir no mercado atual, o fabricante de cintos deve buscar redução de custos de comunicação, visto que a internet é um meio rápido e barato. Além disso, poderá realizar pesquisas, cotações de preços de matéria-prima e informar-se sobre as novas tendências da moda.

O controle de estoques propiciado pela utilização de código de barras permite que as empresas acompanhem as entradas de matérias-primas e as saídas de produtos acabados na empresa. Isso propicia decisões mais precisas durante o planejamento de compras e produção, reduzindo custos com estoques desnecessários, por exemplo.

Provavelmente o alto custo de implantação será uma barreira para a implantação dos pacotes mais robustos de sistemas ERPs. Porém, aplicativos para pequenas empresas podem ser encontrados nos sites das principais fornecedoras desse tipo de software.

TECNOLOGIA DE PROCESSAMENTO DE CLIENTES

Você percebeu que as máquinas de controle numérico, robôs, veículos e sistemas flexíveis são importantes em muitas operações de processamento de materiais. Porém, seria um equívoco pensar que as operações de serviço não utilizam ferramentas tecnológicas.

Numa empresa de transporte aéreo de passageiros, por exemplo, a tecnologia de reserva de passagens aéreas, a tecnologia de embarque e a tecnologia da aeronave desempenham papel vital para o fornecimento do serviço.

A relação entre o consumidor e a tecnologia em operações de serviço pode ser por interação direta ou mediante intermediário. Compras pela internet e caixas automáticos de bancos são exemplos de tecnologia em que o consumidor interage diretamente.

Em outros exemplos, o consumidor pode ter papel mais passivo, como ser apenas passageiro numa aeronave. Essa tecnologia direciona o consumidor, que não possui controle sobre a mesma.

Se as tecnologias de manufatura possuem operários devidamente treinados, as tecnologias de operações de serviço poderão necessitar de uma preparação do usuário, que pode ser o próprio consumidor. Muitos bancos mantêm funcionários próximos aos caixas eletrônicos para tirar dúvidas dos consumidores. É comum termos alguma dificuldade em lidar com tecnologias novas, mas a repetição do serviço e a baixa variedade tendem a simplificar o processo.

Como você percebeu, a tecnologia de processo apresenta-se sob diferentes formas. Vamos analisar duas dimensões do uso das tecnologias nas organizações:

- O grau de automação da tecnologia.
- A escala da tecnologia.

GRAU DE AUTOMAÇÃO DA TECNOLOGIA

Quanto menor a intervenção humana no processo, maior o grau de automação. Nenhuma tecnologia opera totalmente sem a intervenção humana. Essa intervenção pode ser mínima, como a manutenção preventiva efetuada por um operador numa refinaria petroquímica. Já um torno mecânico de precisão necessita da intervenção constante do ser humano para ser operado.

Dois benefícios do grau crescente de automação em tecnologia de processo são usualmente citados:

- Redução dos custos de mão-de-obra direta.
- Redução da variabilidade da operação.

Em algumas operações, porém, pode haver efeitos negativos pela adoção de maior grau de automação. Os sistemas de automação que limitam a flexibilidade não serão boas ferramentas para processos que necessitam de baixo volume e alta variedade.

Podemos citar exemplos de companhias muito bem-sucedidas que utilizam as mais antigas tecnologias manuais conhecidas. Também podemos citar exemplos de companhias que estão fracassando apesar de possuírem a tecnologia avançada mais moderna. Gaither e Frazier (2002, p. 156) apresentam uma reflexão que leva às seguintes conclusões:

– Nem todos os projetos de automação são bem-sucedidos. Algumas empresas erram na implementação da maquinaria automatizada adquirida, o que pode resultar num desempenho pior depois da automação.

– A automação não pode compensar uma má administração. Mesmo que a implementação seja bem-sucedida, a administração da empresa tem um papel fundamental para o alcance do sucesso.

– A automação de algumas operações pode não ser a opção mais econômica. Se o custo de mão-de-obra for muito baixo e o equipamento automatizado for muito caro, o custo extra para automatizar pode não ser suficientemente compensado pela qualidade de produto e outras possíveis melhorias.

– Não é tecnicamente viável automatizar algumas operações. Na indústria de vestuário, por exemplo, a roupa que deve ser processada é tão elástica, flexível e frágil que certas operações de produção, como corte, montagem e costura, ainda não são automatizadas.

– A empresa pode preferir esperar o amadurecimento do negócio para implementar o projeto de automação. Devido à escassez de capital e habilidades técnicas, parte da produção e distribuição de produto pode ser contratada junto a empresas fornecedoras de bens e serviços. Nesses casos, os processos de produção podem ser automatizados à medida que os produtos amadurecem e as empresas adquirem capacidades tecnológicas para projetar, instalar e integrar projetos de automação.

ESCALA DA TECNOLOGIA

Pense na implantação de um serviço de cópias e encadernação. O projeto de processo pode se deparar com uma decisão de escala da tecnologia. Isso se dá quando o proprietário precisa decidir entre adquirir uma máquina copiadora de alta performance (alternativa 1) ou três máquinas cuja capacidade somada se iguale à primeira máquina (alternativa 2). Qual você escolheria?

Se você respondeu depende, você está no caminho certo. Afinal, as duas alternativas têm vantagens e desvantagens.

Alternativa 1: Uma máquina de alta *performance* ocuparia menos espaço, facilitando o arranjo físico; tenderia também a reduzir o número de operadores e manter um padrão de qualidade. Contudo, uma quebra nessa máquina paralisaria todo o processo. Além disso, se a demanda diminuir, haverá ociosidade.

Alternativa 2: A aquisição de três equipamentos menores garantiria a disponibilidade de 2/3 da capacidade em caso de quebra de uma das máquinas. Nesse caso, não haveria interrupção total das atividades. Se a demanda diminuir ao longo do tempo, a empresa pode se desfazer de uma das máquinas para ajustar a capacidade. Em contrapartida, as três máquinas, embora menores, ocupariam mais espaço e necessitariam de mais operadores de que a máquina de alta *performance*.

DECISÕES EM TECNOLOGIA DE PROCESSO

Você se lembra dos critérios de aceitabilidade e viabilidade estudados no tópico de desenvolvimento de projetos, na Aula 4? Ao escolher uma tecnologia de produção, a empresa deve avaliar a influência sobre o pacote de bens e produtos que será oferecido ao cliente. Em que pontos a nova tecnologia é capaz de melhorar o produto e/ou o processo? A aceitabilidade está relacionada com a aceitação pelo cliente.

Então, a escolha de uma tecnologia deve considerar os impactos sobre o nível de serviço ao cliente. As escolhas tecnológicas podem influenciar os objetivos de desempenho da produção (qualidade, rapidez, confiabilidade, flexibilidade e custos).

Por outro lado, a empresa não pode dar um passo maior do que a perna. O que significa isso? As escolhas tecnológicas devem caber no orçamento. Tanto as decisões gerais de projeto estudadas anteriormente

quanto as decisões sobre escolhas tecnológicas devem ser viáveis para a empresa. Ao escolher a tecnologia, a empresa deve avaliar se ela será capaz de desenvolver ou adquirir os recursos tecnológicos sem colocar sua atividade em risco.

Atividade 3

Um Centro de Distribuição (CD) atende pedidos das concessionárias e oficinas. Ele é responsável pelo recebimento, armazenagem, separação de pedidos, embalagem e envio das peças para os clientes. Está sendo considerada a possibilidade de se investir em novo sistema de separação e empacotamento que use equipamento de manuseio para pegar automaticamente as peças das prateleiras e trazê-las para a área de empacotamento. Como essa tecnologia poderia influenciar os objetivos de desempenho (qualidade, rapidez, confiabilidade, flexibilidade e custos)?

RESPOSTA COMENTADA

Qualidade: o impacto na qualidade poderia ser o fato de o sistema computadorizado não estar sujeito a erro humano, o que poderia anteriormente ocasionar a retirada de peça errada da prateleira.

Rapidez: o novo sistema pode recuperar produtos das prateleiras mais rápido do que os operadores humanos.

Confiabilidade: a automação substituirá o trabalho humano na operação. Com a automação do processo, haverá apenas o risco da tecnologia falhar ou quebrar. Se o novo sistema for menos provável de quebrar do que os operadores de faltar no sistema anterior, então a tecnologia pode melhorar a confiabilidade.

Flexibilidade: a flexibilidade do novo sistema não deve ser tão boa quanto a do sistema manual anterior. Por exemplo, existirá limite físico para o tamanho dos produtos a serem buscados pelo sistema automático, enquanto os operadores são capazes de se adaptar e executar novas tarefas de diferentes formas. Flexibilidade de volume, entretanto, pode ser melhor. O novo sistema pode trabalhar por mais horas quando a demanda for maior que a esperada.

Custo: o novo sistema certamente exigirá menos funcionários diretos para trabalhar no armazém, apesar de necessitar de apoio extra de engenharia e de manutenção.

CONCLUSÃO

Todas as empresas devem manter seus processos de produção atualizados à medida que a tecnologia de produção evolui. Agir de outra maneira colocaria o futuro de suas organizações em risco, porque elas devem presumir que seus concorrentes aproveitarão as oportunidades estratégicas oferecidas ao mudar para uma tecnologia mais avançada.

Todas as áreas da empresa são influenciadas pelas decisões em tecnologia de processo das empresas. Recursos humanos precisam ser treinados; as necessidades mercadológicas precisam ser conhecidas; o retorno do investimento na modernização do processo precisa ser calculado.

Para muitas empresas atualmente a questão não é se devem automatizar suas operações. As questões são: Quais operações serão automatizadas? Em qual seqüência elas serão automatizadas? Quando elas serão automatizadas? Afinal, a atualização tecnológica dos processos é fundamental para garantir a competitividade das empresas a longo prazo.

Atividade Final

Leia os quatro fragmentos de texto a seguir e responda à questão:



- a. A Manipul é uma empresa argentina dedicada à produção de equipamentos para movimentação de materiais. Um dos projetos em fase de implantação é um equipamento transportador contínuo para carrocerias de automóveis no setor de pintura da planta da Ford na Argentina (fonte: www.manipul.com).
- b. A integração operacional, tática e estratégica é o objetivo da maioria das empresas que contratam os sistemas ERPs. A fabricante de alimentos Embaré alcançou resultados satisfatórios controlando desde o pedido de compras de matérias-primas até o recebimento de duplicatas pela venda do produto acabado. Além disso, o sistema funciona em diversos países e oferece informações em tempo real (fonte: www.sap.com.br).
- c. O Allura Xper FD20 é um equipamento da Philips que provê novas dimensões na formação de imagens por raio X para cirurgias. Esse sistema detector plano, altamente flexível, foi concebido para auxiliar em procedimentos cirúrgicos e diagnósticos nos campos vascular e cardiovascular (fonte: www.medical.philips.com).
- d. A Motoman Robótica do Brasil, situada em São Bernardo do Campo (SP), é uma subsidiária da Motoman Inc., uma das maiores empresas de robótica da América do Norte. A empresa pode fornecer desde um simples robô até um sistema complexo de automatização. Os especialistas da empresa são comprometidos com o aumento da capacidade produtiva e a garantia de qualidade junto à empresa cliente (fonte: www.motoman.com).

RESUMO

As tecnologias exercem influência na gestão da produção através dos produtos e dos processos. A tecnologia de processos pode ser dividida em três grupos de acordo com o elemento transformado: tecnologias de processamento de materiais, tecnologias de processamento de informações e tecnologias de processamento de clientes.

As tecnologias utilizadas pelas empresas no processamento de materiais são máquinas-ferramentas, robôs, veículos guiados automaticamente, sistemas flexíveis de manufatura e manufatura integrada por computador. O processamento de informações nas organizações tornou-se mais dinâmico com o desenvolvimento da internet e, mais tarde, com a utilização de sistemas ERPs. Há, também, tecnologias que interagem ou modificam de alguma forma os clientes em diversas operações de serviços.

O uso das tecnologias nas organizações pode ser analisado por duas dimensões principais: grau de automação e escala. Quanto mais automatizados os processos, menor a intervenção humana. As decisões de escala dizem respeito à capacidade de processamento de cada tecnologia.

As escolhas tecnológicas das empresas devem influenciar positivamente seus desempenhos e melhorar o nível de atendimento aos clientes. Cabe aos gerentes analisar, em cada situação, as melhores alternativas tecnológicas disponíveis para utilização no processo produtivo.

Planejamento e controle de projetos

AULA 13

Metas da aula

Apresentar os métodos utilizados em planejamento e controle de projetos; mostrar a aplicação das relações de precedência e das estimativas de duração das atividades de um projeto.

Ao final do estudo desta aula, você deverá ser capaz de:

- 1 construir um diagrama de precedência entre atividades de um projeto;
- 2 elaborar um gráfico de Gantt para planejamento e controle de projetos;
- 3 identificar o caminho crítico de um projeto.

Pré-requisitos

Para melhor compreensão do conteúdo desta aula, você deverá recordar os seguintes tópicos:
Projeto em gestão da produção (Aula 4);
Projeto do processo de produção (Aula 5);
Projeto de produtos e serviços (Aula 6).

INTRODUÇÃO

O crescimento da competição global está fazendo com que o ciclo de vida dos produtos torne-se cada vez menor. Novas tecnologias são incorporadas aos produtos e aos processos a todo momento. Nas Aulas 4, 5 e 6, você viu que as mudanças estão obrigando as empresas a prestarem mais atenção aos projetos de produto e aos projetos de processo.

Você já percebeu a importância dos projetos de produto e dos projetos de processo para os objetivos de longo prazo das empresas. A atividade de projetos está presente em todas as áreas das empresas: marketing, finanças, recursos humanos, pesquisa e desenvolvimento, operações etc.

Nesta aula, você vai estudar algumas ferramentas importantes para o gerenciamento de projetos. Antes, vamos relembrar quando o planejamento e controle de projetos pode ser aplicado. Veja alguns exemplos de projetos:

construir estradas, túneis e represas;

construir navios, aviões e foguetes;

instalar parques de diversões, áreas de acampamento;

organizar conferências e festas;

gerenciar projetos de P&D;

dirigir campanhas políticas, publicitárias, operações de guerra;

fazer auditoria ou consultoria nas empresas.

O gerenciamento de projetos pode ser definido como o planejamento, a direção e o controle de recursos para atender às restrições técnicas, de custos e de tempo do projeto.

Durante os conflitos raciais ocorridos em Los Angeles em 1992, uma empresa de serviços de alimentação teve um restaurante totalmente destruído. Em vez de abandonar o local, em Compton, Califórnia, a empresa decidiu construir um novo restaurante no mesmo local, no menor tempo possível. Para executar essa tarefa, a construção foi coordenada por uma equipe local subcontratada, utilizando técnicas e ferramentas de gerenciamento de projetos.

Geralmente, são necessários sessenta dias para construir e começar a operar um restaurante da empresa. A meta desse projeto era reconstruir e iniciar a atividade do restaurante em 48 horas. Um grande relógio foi erguido em frente ao local para realizar a contagem regressiva do tempo. As equipes trabalharam conforme o relógio e como planejado; 48 horas após o início dos esforços, o restaurante estava atendendo a clientela com o mesmo padrão de qualidade oferecido nas demais unidades.

O exemplo da reconstrução do restaurante, apresentado anteriormente, mostra o quanto pode ser desafiador o desenvolvimento de um projeto. Imagine a dificuldade de planejar e controlar os materiais e as pessoas envolvidas para garantir que sejam alcançados dos objetivos de tempo. Lembre-se também de que, na prática, os recursos não são ilimitados.

Existem dois componentes principais no gerenciamento de projetos: um deles enfatiza a organização e o comportamento das pessoas; o outro enfoca as questões tecnológicas do método (cálculo dos tempos de início e conclusão, caminhos críticos etc.). Nesta aula, será dada ênfase aos aspectos técnicos do gerenciamento de projetos.

RELAÇÕES DE PRECEDÊNCIA E CRONOGRAMA

Se o trabalho proposto é um grande empreendimento, ele é muitas vezes referido como programa. Um programa pode levar vários anos para ser concluído e pode ser formado por vários projetos inter-relacionados. Um programa de aceleração do crescimento nacional deverá incorporar diferentes projetos propostos pelas entidades governamentais. Uma atividade ou tarefa é uma subdivisão de um projeto (Figura 13.1).

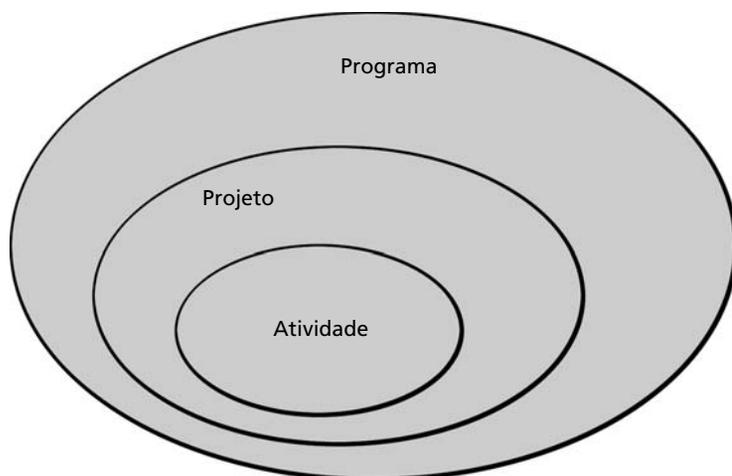


Figura 13.1: Amplitude: programa, projeto e atividade.

A maior razão de atrasos de projetos é o esquecimento ou a omissão de atividades. Um plano de projeto confiável leva em conta cada atividade requerida para alcançar o objetivo.

O desmembramento do projeto em porções gerenciáveis origina os chamados pacotes de trabalho. A cada pacote de trabalho são alocados seus próprios objetivos em termos de tempo, custo e qualidade. Isso facilita o gerenciamento total do projeto. O produto final desse desmembramento é chamado de estrutura analítica do trabalho (WBS – *work breakdown structure*). A WBS traz clareza e definição ao processo de planejamento do projeto. Mostra como o quebra-cabeças encaixa-se.

Observando cada atividade do projeto separadamente, é possível identificar se ela está atrasada, no tempo previsto ou adiantada. As atividades de um projeto podem relacionar-se em diferentes formas de interdependência. Veja um exemplo simples do dia-a-dia: para trocar o pneu de um carro, será preciso desparafusar antes de retirar o pneu furado. Óbvio, não? Porém, a tarefa de pegar o estepe na mala poderá acontecer em paralelo à retirada do pneu furado. Você concorda? No entanto, lembre-se de que, para isso, será necessária a participação de uma segunda pessoa.

Muitas vezes, os critérios de sucesso de um projeto incluem a utilização do mínimo possível de recursos e tempo, produzindo alta qualidade. Segundo Corrêa e Corrêa (2004), somente a partir do início da década de 1950 é que as técnicas de gestão de projetos foram agrupadas em um sistema único e coerente. O foco desse esforço bastante complexo foi o desenvolvimento do míssil Polaris pelo Departamento de Defesa dos EUA. Naquele projeto, um conjunto inteiro de técnicas foi essencial para dar conta das complexidades da programação de centenas de tarefas e alocação de numerosos recursos. No centro desse esforço, encontravam-se imensos gráficos de Técnicas de Revisão de Avaliação do Programa (Program Evaluation and Review Technique – PERT).

A demonstração através de casos tão complexos quanto o do boxe anterior seria inviável em qualquer aula isolada. Por isso, optamos por seqüências de atividades rotineiras para você perceber a importância da coordenação entre as atividades.

Observe as atividades envolvidas na preparação de um jantar, cujo cardápio será macarrão instantâneo e suco de polpa de acerola com gelo (Figura 13.2).

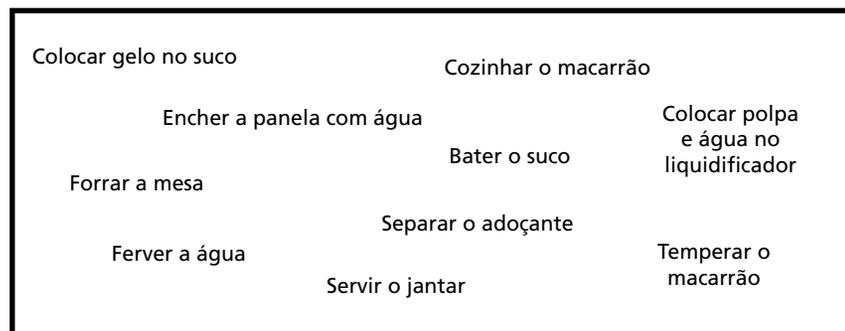


Figura 13.2: Relação das atividades para um projeto “jantar simplificado”.

Agora vamos apontar as relações de atividades que devem acontecer em série e em paralelo. Por exemplo, qual seria a atividade antecessora imediata da atividade “Bater o suco”? Que tal a atividade “colocar polpa e água no liquidificador”? Utilizando os dados da **Tabela 13.1**, poderemos montar o chamado diagrama de precedências (PERT) para a preparação do jantar (**Figura 13.3**).

Tabela 13.1: Relações de precedência

	Atividade	Atividades antecessoras imediatas
A	Colocar polpa e água no liquidificador	-
B	Bater o suco	A
C	Colocar gelo no suco	B
D	Encher a panela com água	-
E	Ferver a água	D
F	Cozinhar o macarrão	E
G	Temperar o macarrão	F
H	Forrar a mesa	-
I	Separar o adoçante	-
J	Servir o jantar	C, G, H, I

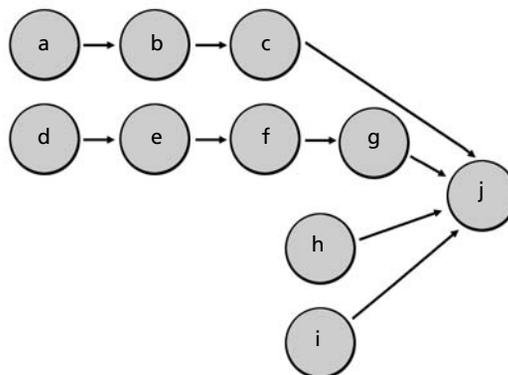


Figura 13.3: Ilustração de um diagrama de precedências (PERT) para o projeto “jantar simplificado”.

Além de estabelecer a relação entre cada tarefa, o planejamento de um projeto inclui o desenvolvimento do cronograma. Na **Tabela 13.1**, onde as relações de dependência foram colocadas, vamos adicionar mais uma coluna com estimativas de tempo para cada tarefa (**Tabela 13.2**).

Tabela 13.2: Estimativas de tempo e recursos

	Atividade	Atividades antecessoras imediatas	Duração (min.)	Recurso (pessoa/min.)
A	Colocar polpa e água no liquidificador	-	1	1
B	Bater o suco	A	2	0
C	Colocar gelo no suco	B	1	1
D	Encher a panela com água	-	1	1
E	Ferver a água	D	3	0
F	Cozinhar o macarrão	E	3	0
G	Temperar o macarrão	F	1	1
H	Forrar a mesa	-	1	1
I	Separar o adoçante	-	1	1
J	Servir o jantar	C, G, H, I	1	1

Os dados da **Tabela 13.2** são estimativas que possuem certa probabilidade de concretizar-se. Caso isso não aconteça, significa que o projeto poderá ter seu término antecipado ou atrasado, o que é mais comum. Por isso, Slack et al. (2002) afirmam que as estimativas pessimistas pressupõem que quase tudo que pode dar errado dará errado. Quando uma empresa faz uma estimativa pessimista para conclusão de um projeto, ela está considerando todos os riscos de atraso no cronograma.

Um cronograma é obtido ao sobrepor o diagrama de precedência e as estimativas de duração das atividades a um calendário ou a uma linha do tempo. A maneira mais comum de se fazer isto é criar um gráfico de Gantt (**Figura 13.4**).

Henry Gantt nasceu em 1861, formou-se em Engenharia Mecânica e trabalhou com Frederick Taylor na Midvale Steel Co. Desenvolveu métodos gráficos para representar planos e possibilitar melhor controle gerencial. Destacou a importância do fator tempo, custo e planejamento para realização do trabalho.

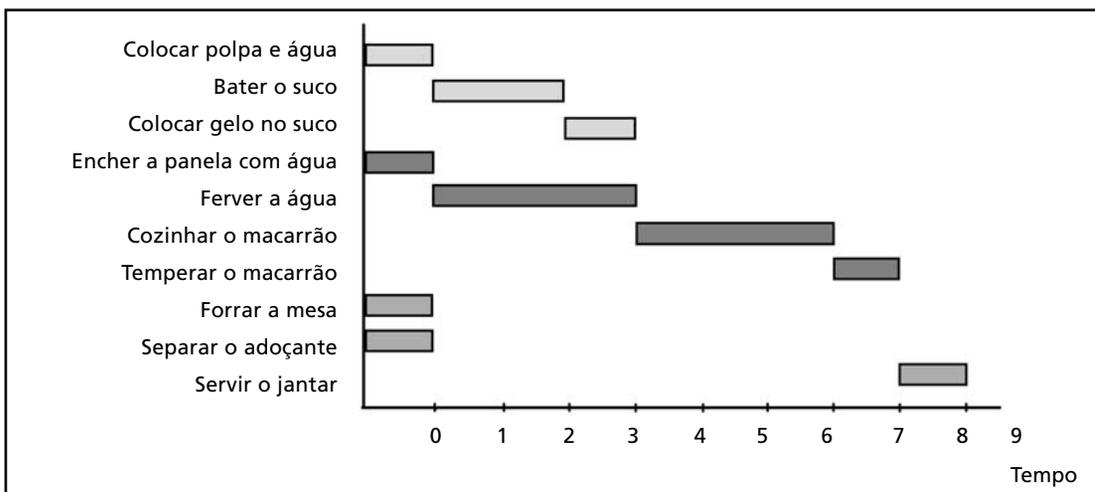


Figura 13.4: Gráfico de Gantt.

Atividade 1

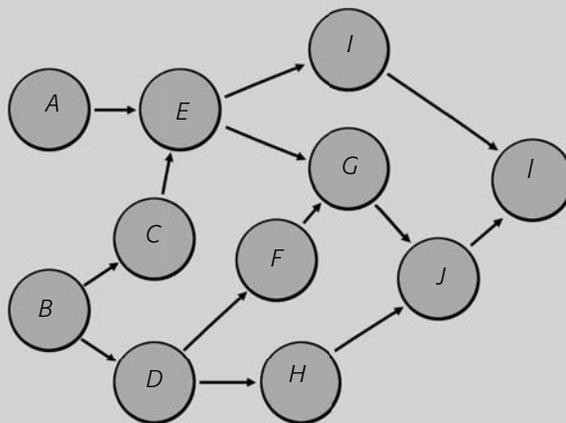
Um grupo de encarregados de uma empresa está responsável por projetar as instalações de um novo galpão para funcionar como anexo do armazém de uma fábrica. O galpão já foi construído, mas está inoperante. A partir desse instante, a área adicional de armazenagem deverá estar disponível para utilização em dois meses. As atividades necessárias e suas respectivas durações são informadas na tabela a seguir:

	Atividades	Duração (dias)	Atividades antecessoras
A	Analisar a necessidade da empresa.	3	
B	Calcular a capacidade do galpão.	5	
C	Estabelecer a altura das estantes utilizadas.	7	B
D	Receber propostas de prestadores de serviço.	4	B
E	Definir os equipamentos de movimentação.	3	A, C
F	Promover integração entre terceiros e equipe.	9	D
G	Treinar profissionais nas atividades de armazenagem.	5	E, F
H	Integrar os fornecedores.	6	D
I	Contratar o efetivo necessário para operar o galpão.	3	E
J	Pintar e limpar.	5	G, H
L	Realizar teste piloto.	4	I, J

- Construa um diagrama de precedência (PERT) para o projeto.
- Produza um gráfico de Gantt para o projeto.

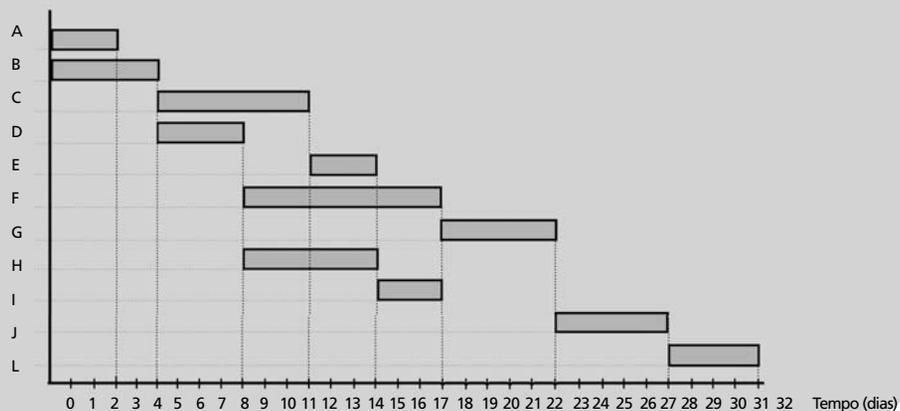
RESPOSTAS COMENTADAS

a.



Na construção do diagrama de precedências, foi utilizada a última coluna da tabela anterior, a partir da qual foi possível identificar a relação de precedência entre as tarefas. Por exemplo, a atividade J (pintar e limpar) depende das atividades G (treinar profissionais nas atividades de armazenagem) e H (integrar os fornecedores). Por isso, no diagrama, chegam ao círculo J setas oriundas de g e de h.

b.



Cada barra do gráfico de Gantt possui tamanho correspondente ao tempo de duração da atividade. Essa ferramenta permite a visualização da programação do tempo de início e término de cada atividade.

MÉTODO DO CAMINHO CRÍTICO (*CRITICAL PATH METHOD* – CPM)

Na programação de redes PERT de atividades, um método útil de análise é o método CPM (*critical path method*), ou método do caminho crítico. O método CPM visa definir qual a duração mínima do projeto, levando em conta as relações de dependência e a duração de cada uma das atividades.

Você deve perceber que algumas atividades podem ser programadas para iniciarem no tempo mais cedo possível, outras podem ser programadas para iniciarem no tempo mais tarde possível. Entretanto, o que você faria se tivesse que alterar o tempo de início de alguma atividade relacionada à seqüência de preparação do macarrão, apresentada no exemplo do “jantar simplificado”?

Difícil, não é? Isso ocorre porque não há folga de tempo nessa seqüência. Encher a panela, ferver a água, cozinhar o macarrão e temperá-lo são atividades críticas. Um atraso em qualquer uma dessas causará o atraso do jantar, a menos que outra consiga tirar o atraso. É por isso que chamamos essa seqüência de caminho crítico do projeto. Ele pode ser identificado pela aplicação de uma técnica que envolve a identificação dos tempos mais cedo e dos tempos mais tarde de início e término de cada atividade do projeto. Veja como funciona:

Corrêa e Corrêa (2004, p. 304), sugerem a utilização de uma figura ilustrativa, que apresenta o modelo da **Figura13.5**:

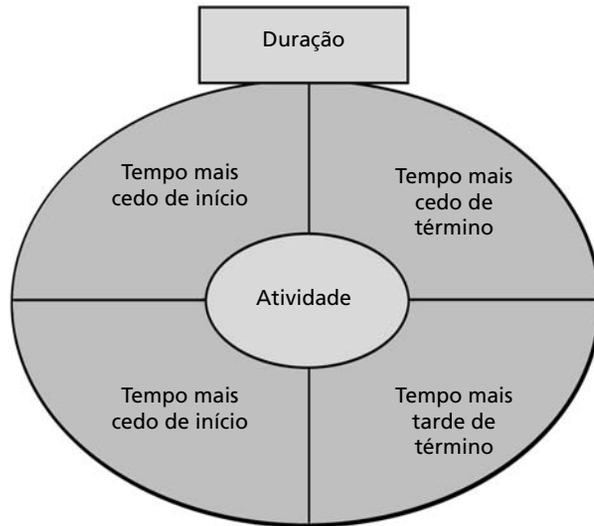


Figura 13.5: Modelo de representação de uma atividade.

O exemplo começa com o preenchimento do tempo mais cedo de início das atividades independentes de quaisquer outras, ou seja, aquelas que podem começar no instante zero. Portanto, a data mais cedo para início das atividades *A*, *D*, *H* e *I* é o tempo 0. Dessa forma, será preenchido o quadrante superior esquerdo dessas atividades. Acompanhe o desenvolvimento pela Figura 13.6.

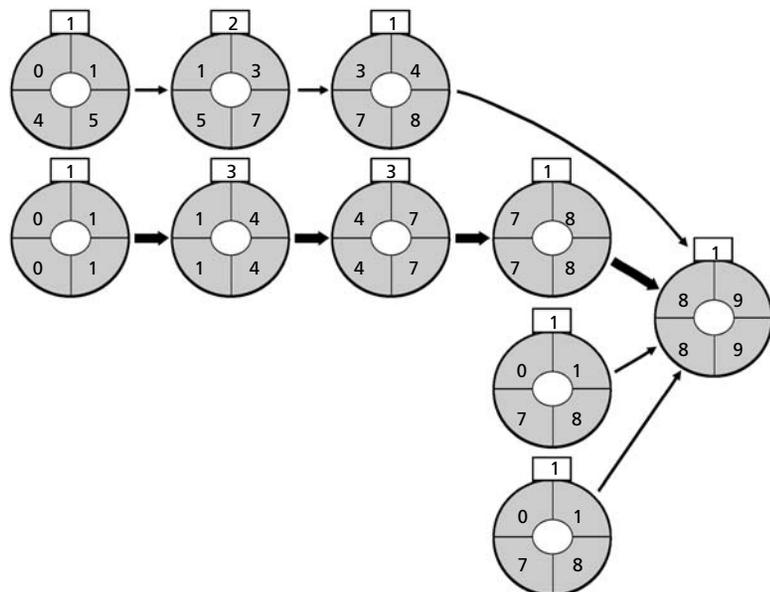


Figura 13.6: Ilustração de cálculo de tempo mais cedo e tempo mais tarde para início e término das atividades do projeto "jantar simplificado".

Sabendo que as atividades *A*, *D*, *H* e *I* podem começar no instante zero e, conhecendo o tempo de duração de cada uma delas, é possível determinar a data mais cedo de término das mesmas e preencher os respectivos quadrantes direitos superiores com essa informação.

Perceba que a atividade *J* ainda não pode começar por depender de *G*. Já as atividades *B* e *E* terão tempo de início mais cedo igual a 1 (marcação nos respectivos quadrantes esquerdos superiores da **Figura 13.6**). Ao começar no instante 1, a atividade *B*, que dura 2 minutos, terá seu término mais cedo no instante 3. Enquanto a atividade *E*, que dura 3 minutos, terá seu término mais cedo no instante 4. Segue listagem com os próximos passos:

1. Tempo mais cedo das atividades *C* e *F* iguais, respectivamente, a 3 e 4.
2. Términos mais cedo das atividades anteriores são iguais, respectivamente, a 4 e 7.
3. A atividade *G* terá tempo mais cedo de início igual a 7 e tempo mais cedo de término igual a 8.
4. Só depois de 8 minutos o jantar poderá ser servido. Essa última atividade dura 1 minuto, terminando no instante 9. Conclui-se que o prazo mínimo para conclusão do projeto “jantar simplificado” é de nove minutos.

Conforme comentários anteriores, você percebeu que algumas atividades podem ser planejadas para instantes mais tarde daqueles determinados nos quadrantes superiores. Esse procedimento deve preservar o instante previsto para o término do projeto, isto é, nem todas as atividades podem ter o tempo de início adiado. Continuando a analisar a **Figura 13.6**, o caminho agora será feito da direita para a esquerda a fim de que os quadrantes inferiores (data mais tarde de início e data mais tarde de término) sejam compreendidos.

Segue listagem com os próximos passos:

1. Mantendo a intenção de terminar o projeto no instante 9, estipula-se esse instante como o tempo de término mais tarde da atividade *J*.

2. Para terminar no instante 9, essa atividade, que tem duração de 1 minuto, deverá iniciar-se, no máximo, no instante 8.
3. Se a atividade *J* necessita iniciar-se no instante 8, as atividades antecessoras imediatas (*C*, *G*, *H* e *I*) deverão estar terminadas no instante 8 (observe o quadrante inferior das atividades citadas).
4. As atividades *C*, *G*, *H* e *I* possuem duração de 1 minuto. Por isso, todas elas terão tempo de início mais tarde igual a 7.
5. Para a atividade *B* terminar no tempo 7, ela precisa começar no tempo 5, pois sua duração é de 2 minutos.
6. Conseqüentemente, o tempo de início mais tarde da atividade *A* será 4, e o término mais tarde será 5.
7. Para a atividade *F* terminar no tempo 7, ela precisa começar no tempo 4, pois sua duração é de 3 minutos.
8. Antes dela precisa acontecer a atividade *E*, que começa no instante 1 e termina no instante 4.
9. Por fim, o tempo mais tarde de término da atividade *D* será igual a 1. E o início mais tarde dessa mesma atividade é igual a zero.

Observe que, para uma seqüência de atividades, as datas mais cedo e mais tarde coincidem. No nosso exemplo, essa seqüência é: *D-E-F-G-J*. Você pode observar uma equivalência entre os quadrantes superiores e os quadrantes inferiores das atividades que compõem essa seqüência. O caminho definido por essa seqüência é o caminho crítico. Em outras palavras, não há tempo sobrando no caminho crítico do projeto.

Qualquer atraso nas atividades do caminho crítico, portanto, acarretará atraso para o projeto, e a duração do caminho crítico define o tempo mínimo de duração do projeto.

Atividade 2

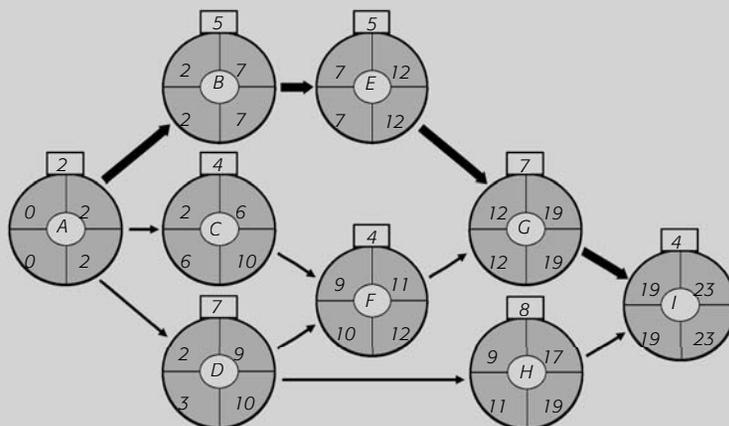
Um projeto foi apresentado contendo as seguintes atividades, durações e atividades antecessoras imediatas.

Atividades	Duração (dias)	Atividades antecessoras imediatas
A	2	–
B	5	A
C	4	A
D	7	A
E	5	B
F	2	C, D
G	7	E, F
H	8	D
I	4	G, H

- Produza um diagrama de PERT, mostrando as datas mais cedo e mais tarde de início e término das atividades.
- Identifique o caminho crítico do projeto.
- O que aconteceria se a atividade F fosse revisada para levar 4 dias em vez de 2?

RESPOSTAS COMENTADAS

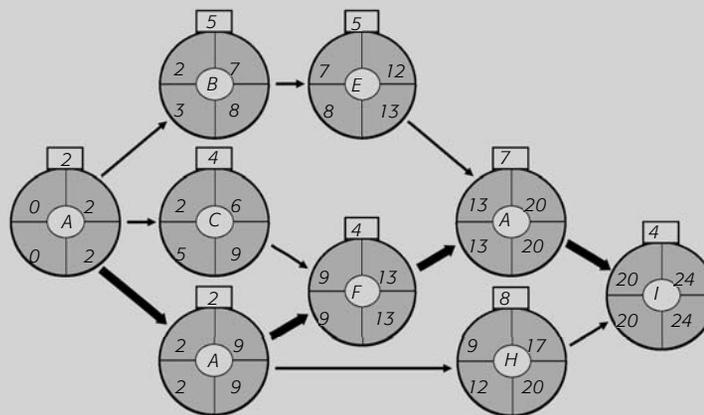
a.



Assim como ocorreu na Atividade 1, foi montado um diagrama de precedências. Agora com informações mais detalhadas. O retângulo sobre o círculo indica o tempo de duração de cada atividade. Cada círculo foi dividido em quadrantes. Os quadrantes superiores mostram as datas mais cedo em que cada atividade pode começar e acabar. Os quadrantes inferiores mostram as datas mais tarde em que cada atividade pode começar e acabar.

b. O caminho crítico do projeto foi representado por setas mais largas na figura utilizada na resposta anterior. O caminho crítico não apresenta folga de tempo.

c. O caminho A-D-F-G-I seria o novo caminho crítico do projeto, que só poderia ser totalmente terminado no dia 24 (veja figura a seguir).



ANÁLISE DE RECURSOS

Uma vez que tenham sido feitas as estimativas de tempo envolvido em cada atividade e suas relações de dependência, é possível comparar os requisitos do projeto com os recursos disponíveis. Você se lembra do termo *trade-off* estudado na Aula 3? Pois é, no desenvolvimento de um projeto também é útil analisar até que ponto vale a pena injetar mais recursos para obter redução no prazo ou se uma economia de recursos pode causar atraso grave.

O fato é que muitas vezes as organizações dispõem de recursos limitados para desenvolver um projeto. Quando isso acontece, somente os níveis de recursos disponíveis são usados na programação de recursos.

Voltando ao exemplo do jantar, vamos assumir que há apenas um indivíduo cuidando de todas as atividades. Perceba que algumas podem acontecer paralelamente. Porém, um indivíduo não conseguirá adicionar polpa, encher panela, forrar mesa e separar o adoçante simultaneamente. Isso significa que algumas atividades precisam ser programadas para acontecer quando os recursos necessários para sua consecução estiverem disponíveis.

Veja na **Figura 13.7** como ficaria o gráfico de Gantt ajustado à disponibilidade dos recursos:

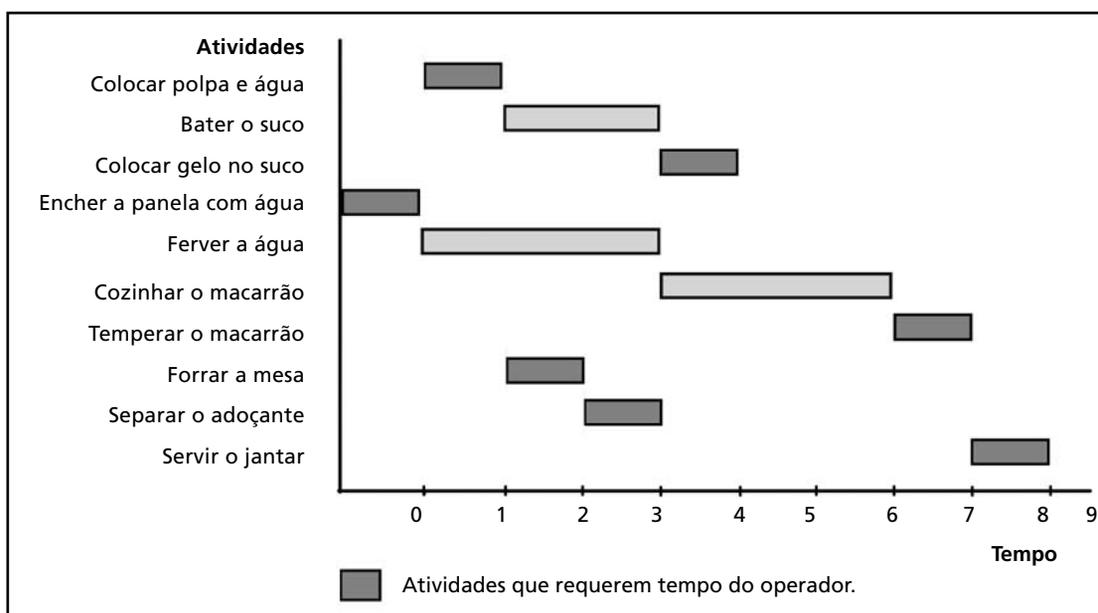


Figura 13.7: Gráfico de Gantt ajustado à disponibilidade de recursos.

Atividade 3

Um melhoramento posterior pode ainda ser feito no referido plano do jantar. Com o calor que faz no Rio de Janeiro, deixar o suco com gelo quatro minutos esperando poderá prejudicar a qualidade do produto. Enquanto o macarrão estará recentemente cozido, o suco não estará tão gelado. Por isso, monte uma nova programação deixando para colocar o gelo no suco o mais tarde possível e mantendo a alocação do recurso humano compatível com a disponibilidade do mesmo.



RESPOSTA COMENTADA

Uma boa sugestão seria adiar o início da atividade “colocação do gelo no suco” para o minuto 6. Não haveria problema caso o suco ficasse aguardando depois de batido. A atividade “colocação do gelo” seria então programada para o tempo mais tarde possível, de acordo com as limitações dos recursos humanos disponíveis.

CONCLUSÃO

A abordagem técnica do gerenciamento de projetos é crucial para o sucesso das empresas. As técnicas de planejamento e controle de projetos são úteis até mesmo dentro de outras áreas.

Esse estudo mostra que o gerente de projetos encontra menos dificuldade quando utiliza as ferramentas disponíveis adequadamente. Estabelecer as relações de precedência e identificar o caminho crítico são passos fundamentais no desenvolvimento de um projeto comprometido com os prazos, os custos e a alta qualidade.

Lembre-se desse tema quando você ouvir falar em projetos nas organizações. É bom lembrar que a gestão de projetos é multidisciplinar, e, se você desejar expandir seus conhecimentos, deverá ir além das referências apresentadas na disciplina de Gestão de Operações.

Atividade Final

Uma empresa está empenhada num projeto de desenvolvimento do protótipo de um novo modelo de aparelho de telefone celular. A equipe de projeto definiu algumas etapas. As atividades são: (A) desenho e projeto do aparelho, (B) montagem do protótipo, (C) avaliação do processo de montagem, (D) teste do protótipo, (E) sugestões de melhorias de processo, (F) descrição das especificações do método e (G) preparação de um relatório final.

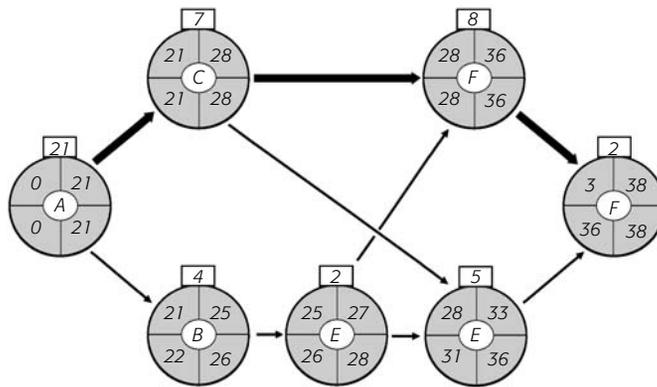
A tabela a seguir mostra as relações de dependência e a duração em semanas.

Atividade	Antecessora imediata	Duração (semanas)
A		21
B	A	4
C	A	7
D	B	2
E	C, D	5
F	C, D	8
G	E, F	2

- Qual o menor tempo em que o projeto pode ser concluído?
- Qual a semana mais tarde em que a atividade D pode iniciar-se?

RESPOSTAS COMENTADAS

a. 38 semanas. Essa resposta pode ser obtida através do preenchimento das datas mais cedo de início e término das atividades, culminando com a data mais cedo de término da última atividade, que é a g.



b. 26ª semana. A data mais tarde de início de uma atividade precisa ter seu cálculo iniciado pela data mais tarde de término da última atividade. Assim, encontramos que a atividade g deve começar na semana 36. A data mais tarde de término da atividade e seria 36, começando na semana 31. Então a data mais tarde de término da atividade d seria 28. Como ela tem duração de 2 semanas, a data mais tarde de início da atividade d é a 26ª semana.

RESUMO

Um programa pode envolver vários projetos e um projeto contém diversas atividades que estabelecem uma relação de dependência entre si. No ambiente empresarial, lida-se com projetos em vários momentos, sempre se relacionando com uma série de atividades com tempo programado e recursos limitados.

Um cronograma é obtido ao sobrepor o diagrama de precedência e as estimativas de duração das atividades a um calendário ou uma linha do tempo. A maneira mais comum de se fazer isto é criar um gráfico de Gantt. Além de servir para o planejamento das atividades, esse gráfico permite acompanhar se o projeto está sendo desenvolvido dentro do tempo esperado.

Na programação de redes PERT de atividades monta-se um diagrama de precedência envolvendo todas as atividades de um projeto. Em seguida, pode-se identificar o caminho crítico do projeto através do CPM (*critical path method*), ou método do caminho crítico. O método CPM visa definir qual a

duração mínima do projeto, levando em conta as relações de dependência e a duração de cada uma das atividades.

Uma vez que tenham sido feitas as estimativas de tempo envolvido em cada atividade e suas relações de dependência, é possível comparar os requisitos do projeto com os recursos disponíveis.

Introdução ao planejamento e ao controle de estoques

AULA

14

Metas da aula

Definir o papel do estoque para a gestão da produção; apresentar a classificação de estoque; identificar o principal dilema do planejamento e do controle de estoques.

Ao final do estudo desta aula, você deverá ser capaz de:

- definir a importância estratégica do estoque para uma empresa;
- distinguir os tipos de estoque e o valor envolvido para cada organização;
- reconhecer que existe conflito entre um bom atendimento ao cliente e os custos de manter os estoques.

Pré-requisitos

Para melhor compreensão do conteúdo desta aula, você deverá recordar assuntos tratados em aulas anteriores, como: os tipos de resposta à demanda que as empresas podem utilizar (Aula 5); o conceito de rede de operações produtivas e as políticas de cooperação no fluxo de materiais (Aula 7); a influência do planejamento da capacidade produtiva sobre os níveis de estoque da empresa (Aula 9).

INTRODUÇÃO

Antes de definir estoque, imagine um exemplo simples de nosso cotidiano: a caixa d'água. É, essa mesma, de nossas casas e apartamentos. Imagine uma casa sem um reservatório de água; o que aconteceria? Todo consumo de água da habitação seria diretamente dependente do fornecimento da operadora de água da região; é o que conhecemos como "água da rua".

Enquanto o fornecimento de água, por parte da operadora, não fosse interrompido, os ocupantes da casa teriam água à vontade para as suas necessidades e, neste caso, a caixa d'água não teria utilidade.

E se o fornecimento, por algum motivo, fosse interrompido? Aí está o problema! Nesse momento, os ocupantes, quase que imediatamente, ficariam sem água para as suas demandas. Logo, percebemos o quanto uma simples caixa d'água faria a diferença nessa situação. Por quê? Ora, com um reservatório, a casa poderia "estocar" água para ser utilizada enquanto o fornecimento estivesse interrompido.

A idéia então, simplificada, é que o reservatório age como um regulador entre o fornecimento e a demanda (utilização). Nas empresas, a situação é bem semelhante: elas estocam produtos em quantidades suficientes para atender a certa variação no consumo por parte de seus clientes. Se a empresa soubesse previamente a quantidade exata de produtos que iria vender, dispensaria o uso de estoque de produtos acabados; mas, infelizmente, na maioria das vezes ela não sabe.

A **Figura 14.1** permite analisar com detalhes os possíveis casos de diferença de ritmo entre o fornecimento e o consumo, reforçando, assim, a importância do estoque para a empresa.

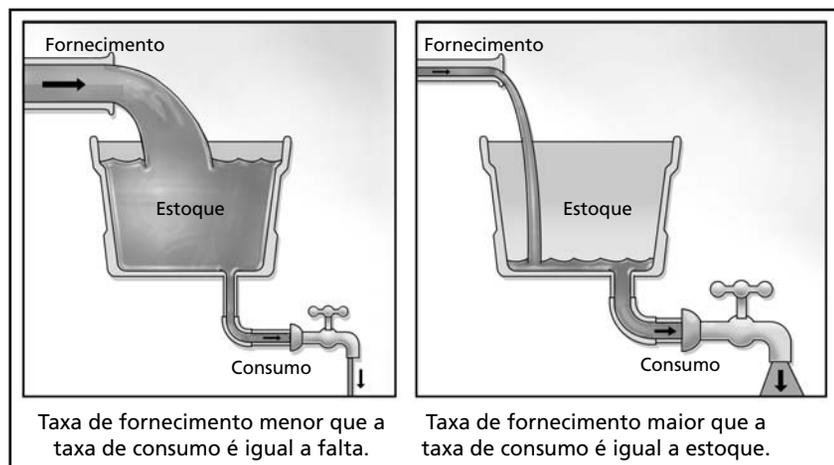


Figura 14.1: Diferentes ritmos entre fornecimento e consumo podem causar falta ou estoque.

Conforme você viu, pelo exemplo da caixa d'água, podemos ter "estoque" e falta de água. No caso de uma empresa real, tanto o estoque quanto a falta de mercadorias podem gerar problemas. Um estoque muito grande é caro demais, enquanto a falta de produtos pode fazer a empresa perder clientes.

AFINAL, O QUE É ESTOQUE?

Se formos ao *Dicionário Houaiss da língua portuguesa*, teremos para o verbete estoque a definição de "uma quantidade de mercadoria armazenada para determinado fim", além de encontrarmos também o seu uso, por extensão, como "o local onde essa mercadoria é armazenada".

Que tal introduzirmos um conceito mais formal de estoque? De acordo com Slack *et al.* (2002), ele é definido como a acumulação armazenada de recursos materiais em um sistema de transformação. De outra forma: é a quantidade de materiais, tanto de matérias-primas quanto de produtos acabados, que uma organização mantém para atender as necessidades de seus consumidores. A **Tabela 14.1** fornece exemplos de estoques mantidos por diferentes tipos de empresas.

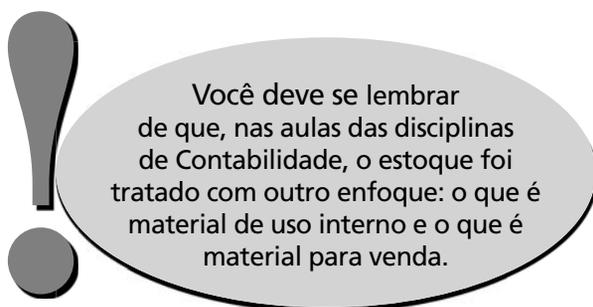


Tabela 14.1: Exemplos de estoques

Empresas	Exemplos de estoques mantidos pelas empresas
Hotel	Itens de toalete, itens de alimentação, materiais de limpeza.
Hospital	Gaze, instrumentos, sangue, alimentos, remédios, materiais de limpeza.
Loja de varejo	Produtos a serem vendidos, materiais de embalagem.
Armazém	Alimentos, bebidas, utensílios armazenados.
Distribuidor de autopeças	Autopeças em depósito principal, autopeças em pontos locais de distribuição.
Manufatura de televisor	Componentes, matéria-prima, produtos semi-acabados, televisores acabados, materiais de limpeza.
Metais preciosos	Materiais (ouro, platina etc.) que esperam processamento, materiais completamente beneficiados.

VALOR DE ESTOQUE

Como você pode perceber, diferentes empresas necessitam manter estoques, porém observe que o valor do estoque para cada uma delas pode ser significativamente diferente. Por exemplo, uma empresa que processa materiais preciosos e mantém em seu estoque ouro, prata e platina tem um valor de estoque muito maior (financeiramente falando) do que um hospital que mantém gaze, algodão e seringas para serem utilizados nos tratamentos. Este assunto será mais bem discutido na seção sobre custos de estoque.

CLASSIFICAÇÃO DE ESTOQUE DE ACORDO COM O PROCESSO

Para Corrêa e Corrêa (2004), o *estoque de matéria-prima* regula as taxas de suprimento entre os fornecedores e a demanda da empresa. De acordo com a quantidade prevista de pedidos por parte dos clientes, a organização necessita antecipar a compra de matérias-primas para fabricar os produtos finais a serem vendidos, evitando possíveis interrupções na produção. Assim, a formação de estoque de matérias-primas em uma operação produtiva pode servir para minimizar os riscos de interrupção do processo.

Quando o estoque regula a taxa de produção entre dois equipamentos subsequentes na fabricação, ele é denominado *estoque de material semi-acabado*. Este estoque se caracteriza pelo fato de a matéria-prima ter sofrido algum tipo de processamento (beneficiamento), mas ainda não estar completamente terminada, ou seja, ela ainda não é considerada um produto acabado e pronto para o consumo.

Por fim, temos o *estoque de produtos acabados*, que regula a taxa de produção do processo produtivo com a demanda de mercado. Essa classificação talvez seja a mais comum, devido à natureza da imprevisibilidade de consumo por parte dos clientes. Armazenam-se produtos finais frente à expectativa futura de consumo.

Você saberia responder que tipo de empresa possui estoque de matéria-prima maior que de produto acabado? E que tipo de empresa mantém estoques maiores de produtos acabados? Lembrando-se da Aula 5, você pode perceber que as características do processo produtivo influenciam o planejamento e o controle de estoque de uma empresa. Uma empresa que produz sob encomenda deverá focar o planejamento e o controle dos estoques de matérias-primas. Inversamente, um processo que produz para estoque (com base em uma previsão de demanda) terá mais trabalho para gerir seu estoque de produtos acabados.

Atividade 1

Com o objetivo de tornar mais clara esta classificação, analise uma padaria, uma empresa bastante comum, e seus “materiais”. Tente classificar o estoque dos materiais a seguir de acordo com a fase de que tomam parte no processo de transformação:

- os ingredientes (farinha de trigo, fermento e gordura);
- a massa pronta antes de assar;
- o pãozinho já pronto para o consumo.

Respostas Comentadas

a. Os ingredientes do pão – a farinha de trigo, o fermento e a gordura vegetal – são considerados estoque de matéria-prima. Provavelmente comprados de um fornecedor da padaria, eles ficam estocados até serem utilizados. Você consegue imaginar como seria se, a cada vez que um cliente fizesse um pedido de pão, o dono também tivesse de pedir ao seu fornecedor estes ingredientes e só então começar a fabricar o pão? O cliente não esperaria tanto tempo! Ao contrário disso, o dono faz pedidos freqüentes das matérias-primas ao fornecedor e deixa-as armazenadas.



Figura 14.2: Matérias-primas.



Figura 14.3: Semi-acabado.

b. A massa do pão é considerada um “material” semi-acabado, pois é resultado da mistura dos ingredientes (matérias-primas). Logo, já sofreu algum tipo de processamento e requereu alguns recursos da empresa, como mão-de-obra. Enquanto a massa repousa nas assadeiras, à espera de ser inserida no forno, ela é caracterizada como estoque de material semi-acabado ou em processo.

c. O pão, é claro, é nosso produto acabado ou produto final, pois está pronto para o consumo. Mesmo sem saber exatamente quantas unidades produzir diariamente, o padeiro fabrica uma quantidade estimada de pães, coloca-os no cesto e os disponibiliza para a comercialização. Mesmo que temporariamente, por ser perecível, esse estoque é caracterizado como de produto acabado.



Figura 14.4: Produto acabado.

CLASSIFICAÇÃO DO ESTOQUE DE ACORDO COM A UTILIZAÇÃO NO PROCESSO

Além da classificação por estágio de produção, os estoques podem ser classificados quanto ao uso ou à aplicação. Os materiais que uma organização utiliza podem ser diretos ou indiretos. Materiais *diretos* são aqueles que, de alguma forma, são agregados ao produto final, ou seja, materiais que são transformados em produto acabado; por exemplo, a borracha que compõe um pneu de uma montadora de automóveis.

Materiais *indiretos* são aqueles que não se agregam ao produto final; são considerados auxiliares; como exemplo, temos: lubrificantes e ferramentas, dentre outros.

É importante conhecer e entender essas classificações de estoque porque, para a empresa, o tratamento dado para cada uma dessas classes é diferenciado e estrategicamente relevante.

IMPORTÂNCIA DOS ESTOQUES

A decisão de gerar e manter estoque faz parte de um plano estratégico da empresa, envolvendo quase todas as suas áreas (*marketing*, produção, finanças, compras e, eventualmente, outras).

A área de compras, normalmente, é a responsável pelo contato com os fornecedores para solicitar os pedidos de materiais (diretos e indiretos) que serão utilizados pela organização, de acordo com as necessidades de fabricação dos produtos finais acordadas com as áreas de *marketing* e produção.

No caso de material de uso direto, a área de produção recebe os materiais entregues pelo fornecedor, enviando-os a seguir para o estoque de matéria-prima ou diretamente para a linha de produção, dependendo do plano de produção da empresa (você estudará este assunto com mais profundidade em uma próxima aula). O material indireto, por sua vez, é encaminhado ao almoxarifado central ou setorial.

Por fim, é a área de finanças que libera os pagamentos aos fornecedores perante o recebimento dos materiais conferidos e entregues, conforme solicitado pela empresa.

Como você já viu, o estoque tem importância estratégica, que pode levar a firma a ganhar vantagens competitivas, se bem gerenciado, ou pode aumentar demasiadamente os custos dessa; destacando, assim, o conflito existente no sistema de estoques.

Dentre as justificativas que sustentam a manutenção de estoque estão:

- melhorar o serviço ao cliente – dando suporte à área de *marketing*/vendas, que, ao criar a demanda, precisa de material (produto acabado) disponível para concretizar as vendas;
- proteção contra incertezas na demanda e no recebimento – problemas na variação do consumo do produto final e na entrega, por parte dos fornecedores, da matéria-prima.

O estoque é usado como solução temporária para estes problemas:

- proteção contra contingências – situações inevitáveis podem ocorrer: greves, fenômenos naturais, incêndios, instabilidades políticas e outras situações sobre as quais a empresa não tem controle. O risco de falta de produtos diminui com a manutenção dos estoques.

UM EXEMPLO PRÁTICO

Para facilitar o entendimento do processo de armazenamento nas empresas, vamos recorrer a um exemplo que, embora simples, tratará da aplicação de conceitos extremamente necessários para você compreender o planejamento e o controle de estoques.

A Tabela 14.2 ilustra a variação do estoque de uma empresa fictícia em função do tempo. O tempo, assim como o custo, são variáveis que estão intimamente relacionadas com a gerência eficaz do estoque.

Vamos considerar que a empresa em questão seja uma loja de varejo, que compra e vende produtos finais, ou seja, ela repassa ao consumidor o produto que compra junto a seu fornecedor.

Tabela 14.2: Variação do estoque em função do tempo

Dia	Estoque inicial	Recebimentos (em unidades)	Consumo (unidades/dia)	Estoque final
Segunda-feira	830	2.500	450	2.880
Terça-feira	2.880	0	500	2.380
Quarta-feira	2.380	0	380	2.000
Quinta-feira	2.000	2.500	450	4.050
Sexta-feira	4.050	0	550	3.500

Vamos acompanhar e analisar o comportamento do estoque dessa empresa, dia após dia. É importante que você tenha em mente que a análise poderia ser feita em semanas ou até mesmo em meses, e que ela vai depender do tipo de produto ou do tipo de organização envolvidos.

Vejamos. A semana começa com um estoque inicial de 830 unidades. O estoque inicial, como o próprio nome já diz, é a quantidade inicial de determinado produto, antes de qualquer movimentação – neste caso, da semana.

Dia	Estoque inicial	Recebimentos (em unidades)	Consumo (unidades/dia)	Estoque final
Segunda-feira	830	+ 2.500	- 450	= 2.880

Na segunda-feira, a empresa recebe 2.500 unidades de seu fornecedor, ao mesmo tempo que vende 450 unidades aos seus clientes. Portanto, o estoque final é resultado da soma do estoque inicial do dia com os recebimentos (caso haja), subtraindo o consumo do dia. De forma numérica, teríamos: $EF = (830 + 2.500) - 450 = 2.880$ unidades.

Dia	Estoque inicial	Recebimentos (em unidades)	Consumo (unidades/dia)	Estoque final
Segunda-feira	830	2.500	450	2.880
Terça-feira	2.880	0	500	2.380

Na terça-feira, o estoque inicial é igual ao estoque final do dia anterior; são as mesmas 2.880 unidades restantes da segunda-feira. Nesse dia, não há recebimentos previstos e o consumo aumenta para 500 unidades. Seguindo o raciocínio do dia anterior, temos: $EF = (2.880 + 0) - 500 = 2.380$ unidades.

O processo continua até o fim da semana; o estoque final da sexta-feira é de 3.500 unidades.

Entretanto, surgem algumas perguntas:

- Como saber o quanto pedir, se o consumo não é constante?
- Por que a empresa pediu 2.500 unidades (na segunda e na quinta) se ela não precisava? (Repare que sobraram 3.500 unidades no estoque no fim da semana.)
- O que aconteceria se o estoque inicial da terça-feira fosse zero? A empresa deixaria de vender? Existe algo que evite esta situação?

Bem, vamos por partes. Primeiro, esse exemplo é didático e nos ajuda a entender como a dinâmica do estoque funciona na prática.

Segundo, ele foi apresentado justamente para dar chance de explorar os conceitos vistos até o momento, ao mesmo tempo que forma uma base sólida de conhecimentos para os futuros conceitos relativos a planejamento e controle de estoque. Vamos às questões pendentes.

A demanda da maioria das organizações é extremamente variável e inconstante, restando à organização utilizar métodos de previsão de demanda para estimá-la, ou melhor, para prevê-la, considerando uma margem de erros. Este assunto será visto com mais detalhes na Aula 16, que tratará de previsão de demanda.

Quanto e quando pedir são questões muito delicadas que uma empresa enfrenta constantemente. Normalmente, essas questões fazem parte de um plano de produção que leva em consideração a capacidade de produção atual, o plano de vendas (estimativas de vendas) e o próprio estoque atual. Portanto, ela analisa o que tem “em mãos” (estoque), verifica a previsão da demanda e agenda, então, os pedidos a serem feitos nos momentos e nas quantidades necessárias para atender a seus clientes satisfatoriamente. Este assunto será discutido ainda nesta disciplina, nas aulas sobre planejamento das necessidades de materiais (MRP).

Em relação à questão do estoque zero, as firmas quase sempre tentam evitar este tipo de situação, impedindo que a quantidade estocada de determinado produto seja igual a zero. Existe um mecanismo, chamado estoque de segurança ou estoque mínimo, no qual se estabelece uma quantidade mínima que o estoque pode atingir.

Voltando ao nosso exemplo, suponha que o estoque de segurança de nossa empresa fosse de 2.000 unidades:

Dia	Estoque inicial	Recebimentos (em unidades)	Consumo (unidades/dia)	Estoque final
Quarta-feira	2.380	0	380	2.000
Quinta-feira	2.000	2.500	450	4.050

O estoque final da quarta-feira atingiu a margem de segurança estabelecida; imediatamente a empresa agendou um recebimento de 2.500 unidades para repor o estoque e sair dessa situação-limite, que poderia gerar falta de mercadoria para seus clientes.

A **Figura 14.5** resume de forma gráfica como os estoques variaram em função do tempo em nosso exemplo fictício.

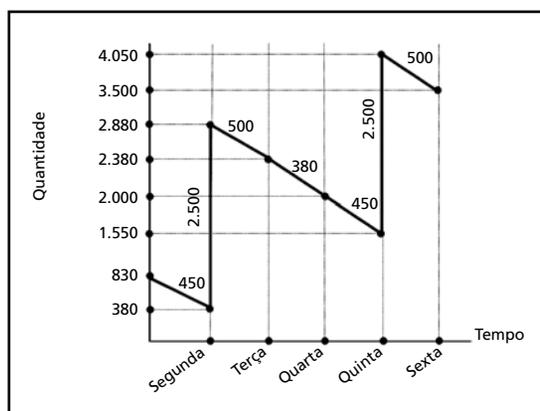


Figura 14.5: Variação da quantidade em estoque com o tempo.

Atividade 2

Analise o gráfico da **Figura 14.5**, que representa o consumo de um determinado produto por dia – repare que esse produto foi comprado na segunda (2.500 unidades) e consumido nos dias seguintes (500 + 380 + 450). Agora, imagine que você é o dono de uma banca de jornal e que o produto em questão é um determinado jornal. Na prática, o que mudaria com o tempo, tornando, assim, o gráfico diferente em relação à quantidade em estoque do jornal?

Resposta Comentada

Bem, por se tratar de um produto com o tempo de vida muito curto (um dia), você não poderia aproveitar o estoque final do dia anterior, pois ninguém compraria um jornal da véspera. Logo, você teria de fazer pedidos diários do produto, de acordo com sua previsão de vendas, e o estoque final seria sempre zero, pois as sobras no estoque teriam de ser devolvidas ao fornecedor (veja a

Figura 14.6).

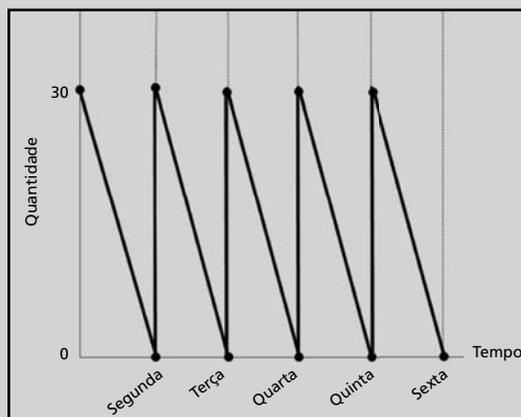


Figura 14.6: Variação da quantidade do jornal em estoque com o tempo, supondo uma banca que venda 30 exemplares por dia.

Assim, podemos perceber claramente que existe uma diferença no planejamento e no controle do estoque em relação ao tipo de produto. Em um supermercado, por exemplo, imagine o quão complexa é a reposição de mercadorias com datas de validade diferentes.

JUST IN TIME

Você estudará este assunto em uma próxima aula, além de já tê-la visto em História do Pensamento Administrativo.

PARCERIA

Representa um tipo de terceirização, reproduzindo uma relação colaborativa e integrada entre duas ou mais empresas, na qual uma parcela da produção dos produtos e serviços utilizados por uma delas é estrategicamente transferida para uma unidade fornecedora da outra. Ao contrário da terceirização, que representa simples negócios resultantes de critérios decisórios puramente operacionais, a parceria pressupõe relações comerciais estreitas e alianças estratégicas entre os membros de uma cadeia de suprimentos; é de difícil reversão.

A MODERNA GESTÃO DE ESTOQUES

Atualmente, no mundo dos negócios, existe uma tendência a reduzir, cada vez mais, os níveis de estoque, seja ele de matéria-prima ou de produto acabado. Isto é impulsionado pela filosofia **JIT (JUST IN TIME)**, que inclui:

- a melhoria da precisão em termos de quantidades e prazos – evitando excessos ou faltas;
- a melhoria do processo de previsão de vendas – estimando valores mais próximos da realidade da empresa;
- a redução dos ciclos de fabricação – para que o material permaneça menos tempo na fábrica;
- a obtenção de **PARCERIAS** com os fornecedores – para ter melhores preços e condições de pagamento (prazos), além de qualidade assegurada – pode auxiliar as empresas a baixar os níveis de estoque, evitando, assim, desperdícios.

CONCLUSÃO

Os estoques devem funcionar como elemento regulador do fluxo de matérias nas empresas, isto é: como a velocidade com que chegam à empresa é diferente da velocidade com que saem (ou são consumidas), há necessidade de manter “em mãos” certa quantidade de materiais, amortecendo as possíveis variações.

A manutenção de estoques traz vantagens e desvantagens para as organizações. Vantagens no que se refere ao pronto atendimento aos clientes; e desvantagens no que se refere aos custos decorrentes de sua manutenção.

Compete ao gerente de produção encontrar o ponto de equilíbrio adequado à realidade da empresa em determinado momento. Embora os benefícios decorrentes do pronto atendimento sejam mais difíceis de serem avaliados do que os custos da manutenção dos estoques, sabe-se que, em um mercado extremamente competitivo, o custo de perda ou o custo de reconquista do cliente é muito maior, além de poder gerar graves problemas funcionais para as empresas.

Atividade Final

Você é gerente de uma loja de parafusos e tem a responsabilidade de planejar e controlar o estoque. Analise a tabela abaixo e preencha-a com os valores pedidos.

Mês	Estoque inicial	Recebimentos (em unidades)	Consumo (unidades/dia)	Estoque final
Janeiro	1.000	3.000	1.200	
Fevereiro		0	1.200	
Março		3.000	1.500	
Abril		1.000	1.000	
Maiο		0	2.000	
Junho		3.000	1.400	
Julho		0	1.000	

- Encontre o valor do estoque final em julho.
- Supondo que a loja estabeleça um estoque de segurança de 1.500 unidades/mês, quais seriam as mudanças necessárias nos pedidos e na tabela para não ferir essa regra?

Respostas Comentadas

a. Seguindo a regra de que o estoque final de um período anterior é igual ao estoque inicial do período imediatamente seguinte, temos:

Mês	Estoque inicial	Recebimentos (em unidades)	Consumo (unidades/dia)	Estoque final
Janeiro	1.000	+ 3.000	- 1.200	= 2.800
Fevereiro	2.800	0	1.200	1.600
Março	1.600	3.000	1.500	3.100
Abril	3.100	1.000	1.000	3.100
Maiο	3.100	0	2.000	1.100
Junho	1.100	3.000	1.400	2.700
Julho	2.700	0	1.000	1.700

Logo, o valor do estoque final da loja de parafusos em julho é igual a 1.700 unidades.

b. Para manter um estoque de segurança ou mínimo em 1.500 unidades/mês, a única forma possível neste exemplo é alterar as quantidades pedidas e os meses de recebimento. Poderia ficar assim:

Mês	Estoque inicial	Recebimentos (em unidades)	Consumo (unidades/dia)	Estoque final
Janeiro	1.000	3.000	1.200	2.800
Fevereiro	2.800	0	1.200	1.600
Março	1.600	3.000	1.500	3.100
Abril	3.100	0	1.000	2.100
Maiο	2.100	3.000	2.000	3.100
Junho	3.100	0	1.400	1.700
Julho	1.700	3.000	1.000	3.700

Solução 1

Repare que na coluna do estoque final não existe nenhuma quantidade inferior a 1.500 unidades, pois era justamente o que desejávamos. Mas você pode se perguntar: alguns valores estão muito acima do estoque de segurança; será que poderíamos reduzir estas quantidades (para economizar) e ainda assim manter a regra do estoque de segurança?

Solução 2

Mês	Estoque inicial	Recebimentos (em unidades)	Consumo (unidades/dia)	Estoque final
Janeiro	1.000	3.000	1.200	2.800
Fevereiro	2.800	0	1.200	1.600
Março	1.600	1.400	1.500	1.500
Abril	1.500	1.000	1.000	1.500
Maiο	1.500	2.000	2.000	1.500
Junho	1.500	1.400	1.400	1.500
Julho	1.500	1.000	1.000	1.500

Na tabela da Solução 1, nós pedimos quatro vezes 3.000 unidades, gerando um total de 12.000 unidades compradas no semestre. Na Solução 2, nós pedimos seis vezes (3.000, 1.400, 1.000, 2.000, 1.400 e 1.000), gerando um total de 9.800 unidades no semestre. Aparentemente, a Solução 2 é a mais viável, por ser mais em conta. Ora, é melhor comprar menos e ainda atender todos os pedidos de nossos clientes, certo?

Note que reduzimos a quantidade total pedida mas aumentamos a quantidade de vezes de pedido (de quatro para seis vezes); e isso gera mais despesa. Além disso, existem outras questões também envolvidas: comprando menos, podemos perder descontos por quantidade oferecidos pelo fornecedor e ainda, em alguns casos, os fornecedores vendem lotes preestabelecidos, não nos permitindo pedir a quantidade exata de que precisamos. Então a Solução 1 pode ser a melhor, pois gastamos menos porque pedimos menos vezes e ainda ganhamos descontos por comprar mais do que precisamos. Mas existe o custo de manter estoque em níveis altos sem necessidade.

Se a empresa compra em quantidades grandes, compra menos vezes e ganha desconto; por outro lado, gasta mais mantendo o excesso no estoque. Se compra em quantidades pequenas, gasta menos na manutenção dos produtos armazenados, mas em contrapartida gasta mais por comprar mais vezes e perde possíveis descontos. Então, o que fazer?

Essa questão é uma das mais importantes sobre o planejamento e o controle dos estoques, e será discutida na Aula 15, que tratará de custos de estoques; por agora, basta saber que não existe uma solução que se aplique a todas as organizações; mas existem soluções matemáticas que ajudam a tomar a melhor decisão de acordo com a realidade de cada uma das empresas.

RESUMO

O estoque é necessário nas operações produtivas porque os ritmos de fornecimento e de consumo nem sempre casam. Os estoques são usados para uniformizar as diferenças entre o fornecimento e a demanda.

Todas as operações mantêm estoques de algum tipo. Os itens mantidos em estoque em diferentes empresas variam consideravelmente de valor.

O estoque pode ocorrer em diversos pontos dentro de uma organização. Em uma loja de varejo, existe apenas o estoque de produtos acabados, enquanto em uma fábrica há também o estoque de matéria-prima e o estoque de produtos semi-acabados.

Há basicamente duas questões importantes no planejamento e no controle do estoque. A primeira é o quanto pedir cada vez que um pedido de reabastecimento é feito. A outra é quando pedir o reabastecimento de estoques.

A decisão de quanto pedir envolve equilibrar os custos associados à manutenção de estoques com os custos associados à colocação do pedido.

Custos dos estoques – quanto pedir

AULA 15

Metas da aula

Explicar o relacionamento existente entre os tipos de demanda e os sistemas de gestão de estoques; definir a importância dos modelos matemáticos na decisão de quanto pedir; apresentar as abordagens mais comuns de estoque para o cálculo dos custos com a aquisição e a manutenção.

Ao final do estudo desta aula, você deverá ser capaz de:

- identificar produtos de demanda dependente e produtos de demanda independente;
- definir quais os custos diretamente proporcionais, quais os custos inversamente proporcionais e quais os custos independentes;
- calcular os Custos Totais envolvidos na manutenção dos estoques;
- determinar qual lote econômico de compra e qual lote econômico de produção a organização deverá utilizar.

Pré-requisitos

Para melhor compreensão do conteúdo desta aula, você deverá recordar temas de aulas anteriores, como: os tipos de resposta à demanda que as empresas podem utilizar (Aula 5); os tipos de sistema *puxado* e *empurrado* (Aula 13); os conceitos básicos sobre os estoques (Aula 14).

INTRODUÇÃO

Como você viu na aula passada, os estoques têm a função de conciliar fornecimento e demanda; com isso, o gerente de produção deve decidir estrategicamente quando (em que momento) fazer o pedido de materiais e quanto (em que quantidade) pedir para abastecer a empresa.

Essa decisão é, geralmente, tomada com base na própria experiência do gerente em relação ao negócio em que atua. Com a evolução da informática, sistemas computacionais de planejamento e controle de estoque foram desenvolvidos para auxiliar esses profissionais a tomar decisões mais eficientes. Como você sabe, os computadores realizam cálculos com precisão e com rapidez incontestáveis, tornando-os excelentes ferramentas matemáticas.

Grande parte daquelas decisões estratégicas pode ser apoiada por modelos (fórmulas) matemáticos para a determinação dos custos gerados pela armazenagem (quanto) e custos gerados pela colocação do pedido de materiais (quando). A **Figura 15.1** ilustra o consumo do estoque em relação ao tempo decorrido. Você se lembra?

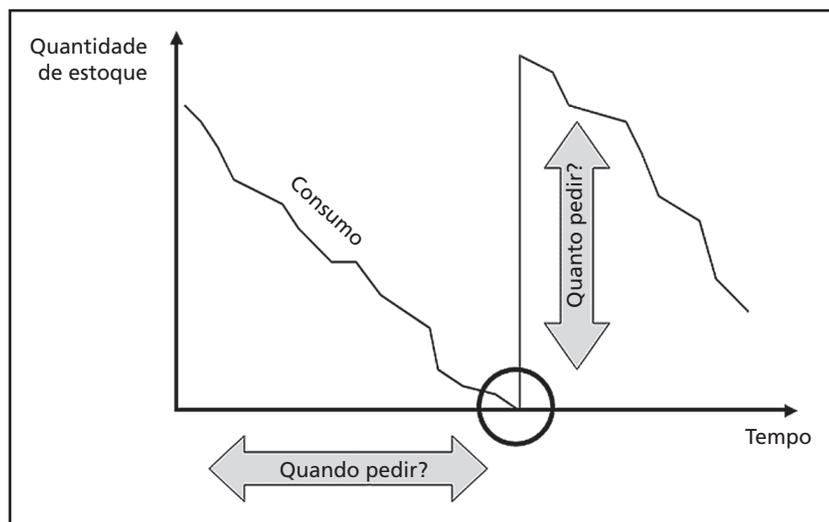


Figura 15.1: Modelo genérico do consumo de estoque.

Fonte: Adaptado de Corrêa e Corrêa (2004).

Portanto, esta aula é dedicada aos modelos matemáticos que ajudam os administradores a gerenciar melhor os estoques. Repare que esses modelos dão suporte à decisão, mas a “palavra final” sempre será do gestor, que deve ter capacidade de aceitar ou não os resultados obtidos pelos cálculos do sistema; neste sentido, toda a experiência profissional do gerente é fundamental.

TIPOS DE DEMANDA

Você reparou na relação existente entre o estoque e a demanda? O modelo de estoque utilizado pela organização depende do comportamento da demanda.

Fica claro que, quanto maior o nível de incerteza da demanda, maior será a necessidade de manter estoques; de outra forma: quanto maior o nível de certeza da demanda, menos estoques é preciso manter, pois, sabendo-se antecipadamente o quanto é vendido, pode-se produzir a quantidade necessária. Para cada situação há um tipo de demanda: independente e dependente.

Demanda independente é aquela que decorre dos pedidos dos clientes, normalmente caracterizada pelos pedidos de produtos finais. Para Corrêa e Corrêa (2004), é necessário recorrer às estimativas para que se possa ter uma idéia do consumo futuro. O nível de incerteza é atribuído por fatores externos à organização, como:

- desempenho dos concorrentes;
- novos produtos introduzidos no mercado;
- política econômica;
- outros.

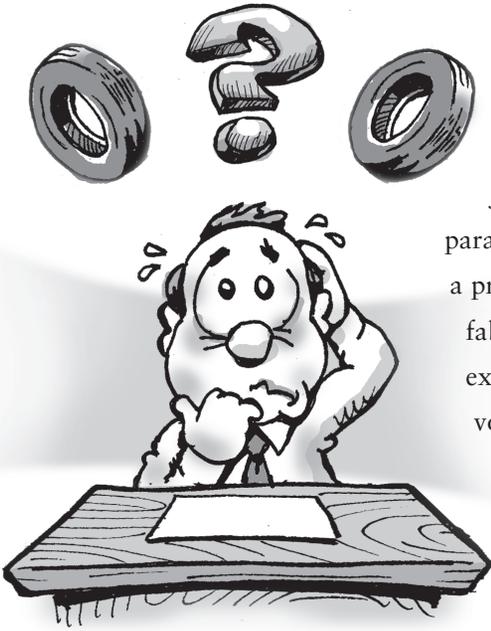
Essas estimativas decorrem de modelos quantitativos e qualitativos chamados *modelos de previsão de demanda* (a próxima aula tratará desse assunto com mais detalhes).

A *demanda dependente* permite, ao contrário, que o consumo futuro seja previsto (calculado) com base em fatores que estão sob o controle da empresa. Geralmente, são componentes, peças ou itens que farão parte do produto final de outras organizações.

Talvez a melhor forma de entender esses conceitos seja através de um exemplo. Apresento a vocês o Sr. João e o Sr. José; ambos são donos de fábricas de pneus para automóveis.

O Sr. João é dono de uma fábrica que fornece exclusivamente pneu para uma grande montadora de automóveis. Todo mês a montadora faz os pedidos de pneus de acordo com a produção estimada de seus automóveis. Para cada automóvel a ser vendido, a montadora faz um pedido de cinco pneus (já contando com o sobressalente). Dessa forma, o Sr. João não tem muito com que se preocupar, pois sabe exatamente quanto e quando produzir. Assim, o tipo de demanda para a empresa do Sr. João é dependente.





O Sr. José não teve a mesma sorte de seu companheiro de negócio. Sua fábrica não vende para nenhuma empresa exclusivamente; ao contrário, o Sr. José vende apenas para o varejo (pessoas que compram para uso próprio ou para revender). Você consegue imaginar a preocupação que ele tem? Como saber quanto e quando fabricar os pneus sem ter previamente uma quantidade exata para isso, pois, neste caso, a demanda está sujeita à vontade dos clientes finais, que é variável e inconstante? O máximo que o Sr. José pode fazer é estimá-la, recorrer a modelos matemáticos e à sua própria experiência para chegar a um valor próximo da quantidade fabricada e, ainda assim, correr o risco de errar, gerando sérios problemas, seja pelo excesso, seja pela

falta de pneus. Portanto, o tipo de demanda para a fábrica do Sr. José é independente.

O que isso tudo tem a ver com os modelos de estoques? Em seu entendimento, quem você acha que está precisando de ajuda? O dorminhoco do Sr. João ou o estressado do Sr. José?

Sem dúvida, o mais necessitado é o Sr. José. Os modelos de estoques serão muito mais úteis para ele, auxiliando-o na difícil decisão de quanto e quando pedir seus materiais; isso o ajudará a diminuir um pouco seu estresse.

Por fim, vale lembrar que, dependendo das atividades comerciais da empresa, os dois tipos de demanda podem acontecer simultaneamente. Uma empresa pode vender itens no varejo e ter outros itens (componentes de produtos finais) vendidos para outras empresas.

Atividade 1

Suponha que o Sr. José decidiu diversificar a produção e passou a fabricar argolas de borracha para compor uma peça do motor de geladeira. A fábrica que monta a geladeira compra esses itens em pedidos mensais. Além disso, o Sr. José percebeu que poderia também vender as argolas de borracha para as lojas de assistência técnica. Identifique o tipo de demanda para cada item fabricado.

a. As argolas de borracha vendidas para a montadora de geladeira.

b. As argolas de borracha vendidas para a assistência técnica.

c. A geladeira vendida para as grandes lojas.

Respostas Comentadas

a. As argolas de borracha vendidas para a montadora de geladeira são consideradas demanda dependente, pois, dependendo da quantidade de geladeiras produzidas, os pedidos de argolas vão ser feitos nas quantidades exatas para a fábrica do Sr. José.

b. Em relação às argolas vendidas para a assistência técnica, o caso é diferente, pois o pedido para esses itens depende da vontade do consumidor em realizar a manutenção de seu refrigerador. Assim, esses pedidos podem variar em quantidades ou simplesmente não existir. E agora, José? Não tem outro jeito: o Sr. José terá de prever essas quantidades e estocar. Isso caracteriza a demanda do tipo independente.

d. É o mesmo caso da letra (b). A montadora de geladeira deverá estimar a quantidade a ser vendida e estocar. Logo, é uma demanda do tipo independente também.



"E agora, José?" é o verso mais marcante da poesia José, do mineiro Carlos Drummond de Andrade (1902-1987), que é considerado por muitos estudiosos um dos mais importantes poetas da literatura brasileira. Esta poesia foi publicada em seu primeiro livro, *Algumas poesias* de 1930, cuja primeira edição só teve 500 exemplares. "José" traz uma visão de mundo complexa, de algo que vai se acabando; essa temática reflete as incertezas da vida. De certa forma, o que o Sr. José tem vivenciado em sua empresa.

Para conhecer mais Carlos Drummond de Andrade e suas obras, você pode visitar os sites www.carlosdrummond.com.br (site oficial); www.memoriaviva.com.br/drummond/index.htm.

CUSTOS DOS ESTOQUES – QUANTO PEDIR

Antes de entrar propriamente no cálculo dos custos dos estoques, vamos analisar um exemplo bastante simples: as compras do mês. Você certamente já fez compras do mês; talvez não tenha percebido, mas faz sempre uma opção entre quanto e quando comprar. Então, em sua opinião, o que sai mais barato? Ir uma única vez ao supermercado e comprar tudo o que precisaria para durar todo o mês? Ou ir duas ou três vezes e comprar em quantidades menores?

De forma simplificada, para chegar à resposta você teria de calcular o custo de desembolsar capital antes de realmente precisar e os custos e riscos de armazenagem (despesa) dos produtos comprados. Teria, também, de calcular os custos de deslocamento até o supermercado, incluindo combustível, estacionamento e desgaste do veículo, por exemplo. Assim, sua decisão seria pela opção que oferecesse menor custo.

Em uma organização, a situação é bem parecida. Ela deve decidir pela quantidade que ofereça menor custo de manutenção de estoque e que, ao mesmo tempo, permita ter menores custos de colocação de pedidos.

Para Martins e Alt (2000), podemos classificar os *custos totais* envolvidos no estoque em três categorias:

- *custos diretamente proporcionais* à quantidade em estoque;
- *custos inversamente proporcionais* à quantidade em estoque;
- *custos independentes* da quantidade estocada.

O somatório desses custos resulta no valor do Custo Total, que ajuda a empresa a avaliar o impacto financeiro de manter seus estoques. Vamos estudar cada um deles para depois retornar ao cálculo do Custo Total.

Os *custos diretamente proporcionais* ocorrem quando os custos crescem com o aumento da quantidade média estocada. Por exemplo: quanto maior o estoque, mais caro é mantê-lo. Do mesmo modo, quanto maior a quantidade de itens armazenados, maior é a área necessária e maior o custo de aluguel. Poderia citar mais exemplos de custos, como de manuseio, de perda de mercadoria, de furtos e roubos e de obsolescência.

Os custos diretamente proporcionais (Cdp) seriam, matematicamente falando, o somatório dos valores dos custos mencionados. Para facilitar, vamos separar o custo de capital investido (Cc), e consideraremos os outros custos, como custos de armazenagem (Ca). Assim, temos:

$$Cdp = Ca + Cc \quad (1).$$

Como o estoque é visto como um investimento, e, sendo assim, o retorno pode ser de dias, meses ou até mesmo anos depois do desembolso, é comum levar em consideração a taxa de juros. Então nossa nova expressão fica:

$$Cdp = Ca + (ixP) \quad (2),$$

onde i é a taxa de juros e P o valor do capital investido.

Bem, vamos agora dar sentido a esse monte de siglas por meio de um exemplo resolvido.

Exemplo 1

Um determinado item tem um custo de armazenagem mensal de R\$ 0,60 por unidade e preço de compra unitário (capital investido) de R\$ 2,00. Considerando uma taxa de juros de 12% (ou 0,12) ao mês, é simples calcular o custo diretamente proporcional (Cdp).

Dados: Fórmula: $Cdp = Ca + (ixP)$

$Ca = R\$ 0,60$ unidade/mês $Cdp = 0,60 + (0,12 \times 2,00)$

$i = 0,12$ a.m.

$Cdp = 0,60 + 0,24$

$P = R\$ 2,00$ /unid.

$Cdp = R\$ 0,84$ / unid. / mês

Isso significa que, para cada item comprado, a empresa gasta R\$ 0,84 por unidade por mês. A Tabela 15.1 confirma por que esses custos são chamados diretamente proporcionais.

Tabela 15.1: Custos diretamente proporcionais

Quantidade pedida (unidade)	Valores (em reais)
1	0,84
2	1,68
3	2,52
4	3,36

Observe que os custos aumentam proporcionalmente à medida que a quantidade pedida (comprada) aumenta. A Figura 15.2 representa graficamente esta situação.

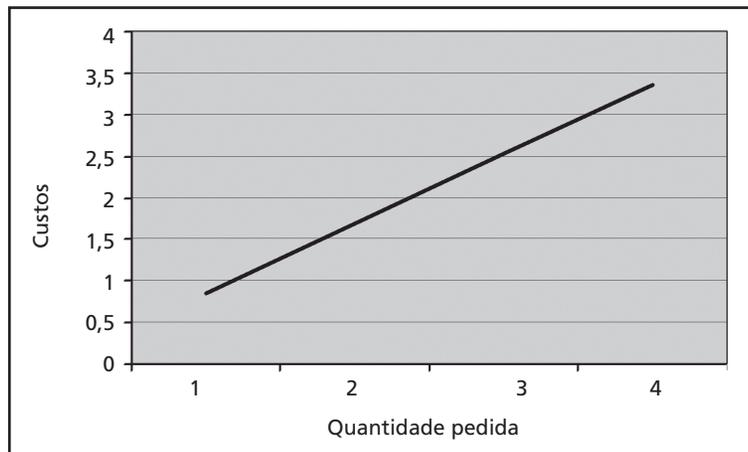


Figura 15.2: Variação do custo diretamente proporcional à quantidade pedida.

Por fim, temos de incluir a quantidade média em estoque para considerar a rotatividade comum característica desse sistema. Então, a fórmula final fica sendo:

$$Cpd = [Ca + (ixP)]x\frac{Q}{2} \quad (3).$$

A inserção do estoque médio ($Q/2$) na fórmula do custo diretamente proporcional é justificada pelo fato de que, ao longo de um período de tempo, a quantidade em estoque é variada; assim, para efeito de cálculo do custo, considera-se o valor médio.

O grande problema desse cálculo é a avaliação exata desses vários fatores de custos, como o de armazenagem, em que deve ser atribuído um valor para o aluguel dos armazéns. No caso do manuseio, a empresa deve ser capaz de atribuir o custo relativo ao desgaste dos equipamentos. Martins e Alt (2000) argumentam que, por meio de um sistema de custeio adequado, esses custos podem ser avaliados com boa precisão.

A segunda categoria de custos que compõe o cálculo do Custo Total de estoques são os *custos inversamente proporcionais*. Tais custos, ao contrário do tipo anterior, diminuem com o aumento da quantidade média em estoque; isto é: quanto mais elevados os estoques, menores serão os valores desses custos; ou, se você preferir, quanto menor a quantidade em estoque maior será o custo.

Os custos inversamente proporcionais (C_{ip}) são caracterizados, basicamente, pelos custos de pedir (lembra do exemplo do supermercado no início da aula?), que envolvem pedido, cotação, frete, recebimento dos materiais e outros. Para efeito de cálculo, vamos chamar todos esses custos de *custo de pedir* (C_p).

O custo de pedir está relacionado à quantidade de vezes em que a empresa vai efetuar o pedido. Se ela pedir uma única vez a quantidade suficiente para o ano todo (o que raramente acontece), o custo de pedir será o menor possível (uma única transação). Entretanto, se ela pedir, por exemplo, cinco vezes ao ano, o custo de pedir deverá ser multiplicado por cinco, e assim por diante. Com isso temos:

$$C_{ip} = C_p \times \left(\frac{D}{Q} \right) \quad (4),$$

onde D é a demanda a ser atendida (por um período de tempo) e Q é a quantidade pedida ou comprada, aquela mesma dos custos diretamente proporcionais (Fórmula 3). Veja um exemplo para ilustrar.

Exemplo 2

A empresa ACME, a partir das informações do ano anterior, computou todas as despesas do departamento de compras, englobando custos como mão-de-obra, materiais de escritório, aluguel da sala, postagens, fax e telefone, chegando a um valor médio de R\$ 10,00 por colocação de pedido. Para calcular os custos indiretamente proporcionais incorridos na emissão do pedido para um item de estoque cuja demanda

é de 1.500 unidades por ano, de acordo com a quantidade de vezes a seguir, é necessário considerar as hipóteses:

- a. comprar uma única vez por ano;
- b. comprar duas vezes por ano;
- c. comprar cinco vezes por ano;
- d. comprar 10 vezes por ano.

Dados:

$$C_p = \text{R\$ } 10,00/\text{pedido}$$

$$D = 1.500 \text{ unid./ano}$$

Fórmula:

$$Cip = C_p \times \left(\frac{D}{Q} \right)$$

a. Comprando uma única vez 1.500 unidades, teremos $Q = 1.500$.

$$\begin{array}{l} Cip = C_p \times (D / Q) \\ Cip = 10 \times (1.500 / 1.500) \end{array} \longleftrightarrow \begin{array}{l} Cip = 10 \times 1 \\ Cip = \text{R\$ } 10,00 \end{array}$$

b. Comprando duas vezes por ano, $Q = 750$.

$$\begin{array}{l} Cip = C_p \times (D / Q) \\ Cip = 10 \times (1.500 / 750) \end{array} \longleftrightarrow \begin{array}{l} Cip = 10 \times 2 \\ Cip = \text{R\$ } 20,00 \end{array}$$

c. Comprando cinco vezes por ano, $Q = 300$.

$$\begin{array}{l} Cip = C_p \times (D / Q) \\ Cip = 10 \times (1.500 / 300) \end{array} \longleftrightarrow \begin{array}{l} Cip = 10 \times 5 \\ Cip = \text{R\$ } 50,00 \end{array}$$

d. Comprando dez vezes por ano, $Q = 150$.

$$\begin{array}{l} Cip = C_p \times (D / Q) \\ Cip = 10 \times (1.500 / 150) \end{array} \longleftrightarrow \begin{array}{l} Cip = 10 \times 10 \\ Cip = \text{R\$ } 100,00 \end{array}$$

Observando a **Tabela 15.2** e a **Figura 15.3**, você percebe a proporcionalidade inversa, isto é, quanto menor o estoque (quantidade pedida) maior o custo de pedir.

Tabela 15.2: Custos indiretamente proporcionais

Quantidade pedida (unidade)	Valores (em reais)
1.500	10,00
750	20,00
300	50,00
150	100,00
...	...

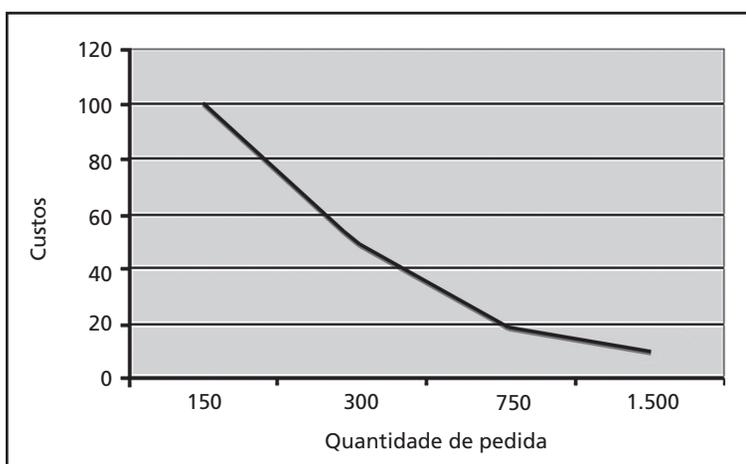


Figura 15.3: Variação do custo indiretamente proporcional à quantidade pedida.

A última categoria envolve os *custos independentes* (C_i). Como o próprio nome induz, esses custos independem do estoque médio mantido pela empresa. Como exemplo, podemos citar o aluguel do armazém: independente do fato de ele estar cheio ou vazio, o valor do aluguel é o mesmo, assim como a energia elétrica utilizada pelo armazém; são valores fixos que devem ser considerados no cálculo dos Custos Totais.

Agora que você já conhece as três categorias de custos: diretamente proporcionais, indiretamente proporcionais e os independentes, podemos introduzir a fórmula do Custo Total (CT), que representa o somatório dos três tipos de custos estudados (veja a Figura 15.4). Assim, temos:

$$Cpd = [Ca + (ixP)]x\frac{Q}{2} \quad (3)$$

+

$$Cip = Cpx\left(\frac{D}{Q}\right) \quad (4)$$

$$CT = [Ca + (ixP)]x\frac{Q}{2} + Cpx\frac{D}{Q} + Ci \quad (5)$$

Em resumo, a fórmula do Custo Total permite que a empresa avalie os custos envolvidos na aquisição e manutenção dos estoques; pode não ser muito preciso, mas de qualquer forma é um excelente parâmetro para planejamento e controle dos estoques.

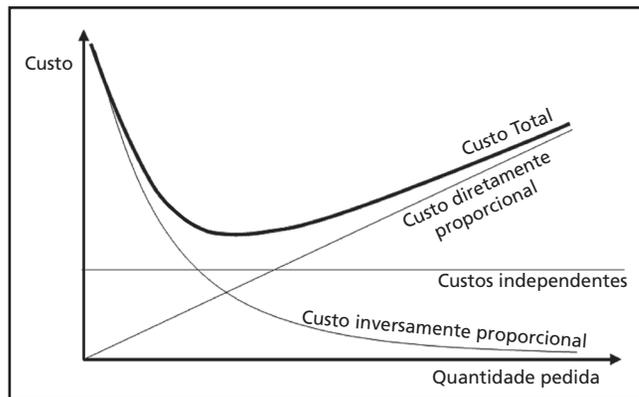


Figura 15.4: Gráfico do Custo Total.

Então, vamos a mais um exemplo para praticarmos melhor este conceito.

Exemplo 3

Como determinar o Custo Total anual do estoque da empresa Só-Placas, que comercializa um componente para computadores cuja demanda anual é de 40.000 unidades? O produto tem preço unitário de R\$ 2,00. A taxa de juros praticada por este mercado é de 24% ao ano; os custos anuais de armazenagem são de R\$ 0,80 por unidade; os custos para fazer o pedido são estimados em R\$ 25,00 por pedido, e os custos fixos (independentes) chegam a R\$ 150,00 por ano. Calcule o Custo Total de estoque para lotes de compra de 1.000, 1.200 e 1.400 unidades.

Dados do problema:

Custo de armazenagem (C_a) = R\$ 0,80/unid.

Taxa de juros (i) = 0,24 ao ano

Capital investido (P) = R\$ 2,00/unid.

Custo do pedido (C_p) = R\$ 25,00/pedido

Demanda a ser atendida (D) = 40.000 unid./ano

Custo independente (C_i) = R\$150,00/ano

Fórmula:

$$CT = [Ca + (ixP)]x\frac{Q}{2} + Cpx\frac{D}{Q} + Ci \quad (5)$$

Então vamos ao cálculo do Custo Total para as quantidades pedidas.

- Para um lote de compra de 1.000 unidades (Q = 1.000);

$$\begin{aligned} CT &= [0,80 + (0,24 \times 2)] \times (1.000 / 2) + 25 \times (40.000 / 1.000) + 150,00 \\ CT &= 640,00 + 1.000,00 + 150,00 \\ CT &= R\$ 1.790,00/\text{ano} \end{aligned}$$

- Para um lote de compra de 1.200 unidades (Q = 1.200);

$$\begin{aligned} CT &= [0,80 + (0,24 \times 2)] \times (1.200 / 2) + 25 \times (40.000 / 1.200) + 150,00 \\ CT &= 768,00 + 833,33 + 150,00 \\ CT &= R\$ 1.751,33 /\text{ano} \end{aligned}$$

- Para um lote de compra de 1.400 unidades (Q = 1.400);

$$\begin{aligned} CT &= [0,80 + (0,24 \times 2)] \times (1.400 / 2) + 25 \times (40.000 / 1.400) + 150,00 \\ CT &= 896,00 + 714,28 + 150,00 \\ CT &= R\$ 1.760,28/\text{ano} \end{aligned}$$

A Tabela 15.3 mostra um resumo dos resultados obtidos pelo cálculo do Custo Total. Tente perceber algo de estranho nestes resultados.

Tabela 15.3: Custo Total dos estoques em função do lote de compra

Tamanho do lote (unidades/pedido)	Valores (reais/ano)
1.000	1.790,00
1.200	1.751,33
1.400	1.760,28

Percebeu? Quando o lote de compra aumentou de 1.000 para 1.200 unidades, o Custo Total diminuiu quase R\$ 40,00. Mas quando o lote aumentou 200 unidades, de 1.200 para 1.400 unidades, o Custo Total voltou a aumentar pouco mais de R\$ 9,00. Estranho, não é?

Na verdade, não tem nada de estranho; ao contrário, é muito lógico. Porque se há custos que aumentam de acordo com o aumento da quantidade, em contrapartida temos custos que diminuem com o aumento da quantidade; em algum momento esses valores serão praticamente iguais.

Assim, em nosso exemplo, existe uma quantidade de lote de compra que torna o Custo Total o menor possível, provavelmente um valor entre 1.200 e 1.400 unidades. Vamos calcular outros valores de lotes (veja a Tabela 15.4) usando a mesma fórmula do Custo Total.

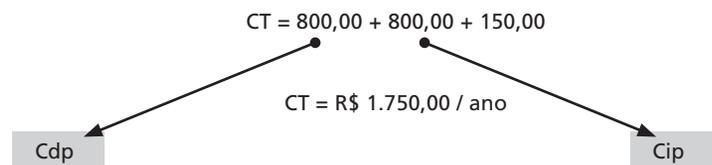
Tabela 15.4: Custo Total dos estoques em função do lote de compra

Tamanho do lote (unidades/pedido)	Valores (reais/ano)
1.000	1.790,00
1.200	1.751,33
1.240	1.750,05
1.250	1.750,00
1.260	1.750,05
1.400	1.760,28

A conclusão é simples: se o lote de compra for igual a 1.250 unidades por ano, a empresa Só-Placas terá o menor Custo Total de estoques, *matematicamente falando*, pois as diferenças são muito pequenas e, na prática, o lote de compra de uma empresa pode gerar um custo que não é matematicamente o menor, mas estrategicamente é o mais adequado.

Por fim, vamos calcular o Custo Total para um lote de compra de 1.250 unidades, só para confirmar e fazer uma última análise.

$$CT = [0,80 + (0,24 \times 2)] \times (1.250 / 2) + 25 \times (40.000 / 1.250) + 150,00$$



Repare mais uma coisa: os custos diretamente proporcionais e os inversamente proporcionais foram iguais. Isso não é coincidência; toda vez que os valores desses custos forem iguais ou praticamente iguais, o lote de compra praticado será o que oferece o menor Custo Total (veja a Figura 15.5).

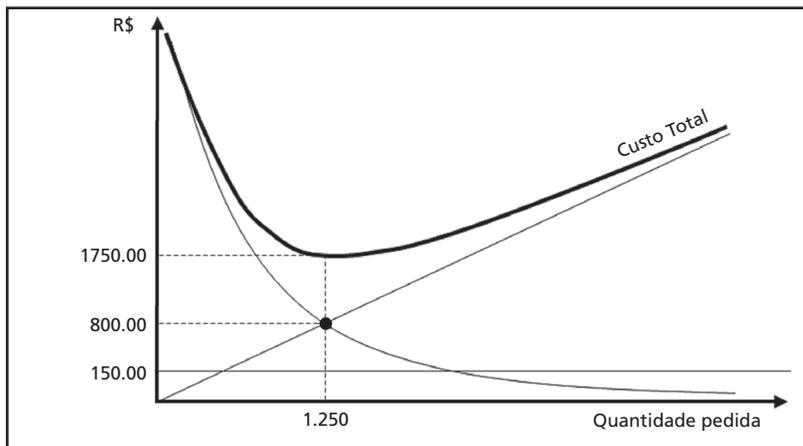


Figura 15.5: Lote de compra com o menor Custo Total.

Resta somente uma questão a ser respondida. Como determinar a quantidade a ser pedida (comprada), cujo valor do Custo Total será o menor possível? Dito de outra forma: existe algum modelo para calcular o lote de compra mais barato, mais econômico?

Existe, sim. Ele é chamado *Lote Econômico de Compra* ou simplesmente LEC. A próxima seção tratará deste assunto mais detalhadamente; por ora, exercite seus conhecimentos sobre o cálculo do Custo Total.

Atividade 2

Uma empresa que fabrica um aparelho eletrônico fez uma cotação para comprar um componente essencial para a produção do equipamento. O componente X25 é fornecido pela empresa Hightech, que só pode entregar em lotes de 400 unidades; apesar de ter um preço por unidade mais em conta, a transação comercial ainda é feita por fax, tornando a colocação do pedido mais cara. O componente K10, fornecido pela empresa X-Tech, pode ser comprado pela internet, barateando a transação. Em compensação, apresenta um preço de compra um pouco mais alto. A X-Tech só pode entregar em lotes de 500 unidades. Veja mais dados na tabela a seguir.

Dados/Produtos	X25	K10
Demanda (unid./ano)	3.000	3.000
Preço de compra (R\$/unid.)	6,00	10,00
Custo de pedir (R\$/pedido)	30,00	23,00
Taxa (% a.a.)	12	12
Custo de armazenagem (R\$/unid.ano)	0,30	0,90

A decisão da empresa será baseada no valor do Custo Total. De acordo com os dados do problema, qual deverá ser o componente comprado pela empresa?

Resposta Comentada

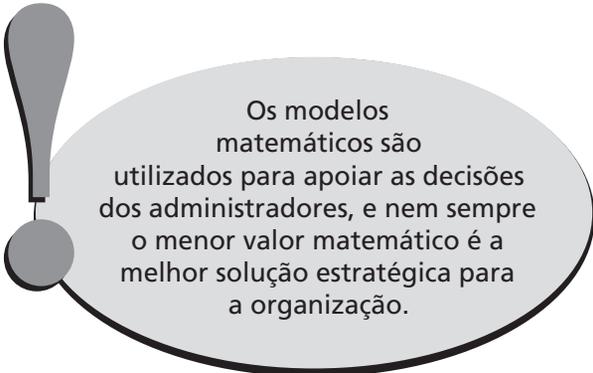
- Para o componente X25 com um lote de compra de 400 unidades ($Q = 400$);

$$CT = [0,30 + (0,12 \times 6)] \times (400 / 2) + 30 \times (3.000 / 400)$$
$$CT = 408,00 + 225,00$$
$$CT = R\$ 633,00/\text{ano}$$

- Para o componente K10 com um lote de compra de 500 unidades ($Q = 500$);

$$CT = [0,90 + (0,12 \times 10)] \times (500 / 2) + 23 \times (3.000 / 500)$$
$$CT = 525,00 + 138,00$$
$$CT = R\$ 663,00/\text{ano}$$

Note que a diferença é de R\$ 30,00 no Custo Total Anual, o que matematicamente nos leva a optar pelo componente X25, da empresa Hightech. Mas lembre que, na prática, outros fatores devem ser considerados, como o espaço do armazém. Será que a empresa tem área para armazenar as 400 unidades compradas? E se ela tiver espaço apenas para 300 unidades? Nessa situação, ela terá de considerar o aluguel de outro almoxarifado.



Os modelos matemáticos são utilizados para apoiar as decisões dos administradores, e nem sempre o menor valor matemático é a melhor solução estratégica para a organização.

Atividade 3

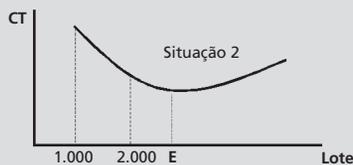
Uma empresa compra atualmente um de seus itens de estoque em lotes de 2.000 unidades. Por problemas de caixa, ela deseja reduzir o tamanho do lote para 1.000 unidades. Se todos os demais fatores de custos permanecerem constantes (Cdp, Cip e Ci), qual será o reflexo no Custo Total?

Resposta Comentada

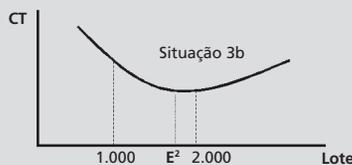
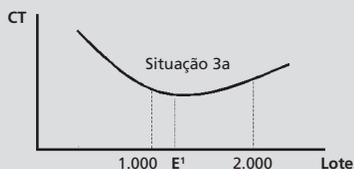
Neste caso, nós temos três situações a serem analisadas. A primeira: se a quantidade econômica (vamos chamar de "E") for maior que 2.000 unidades. A segunda: se a quantidade econômica for menor que 1.000 unidades; e a última: se E estiver entre 1.000 e 2.000 unidades.



Se a quantidade E for maior que 2.000 unidades, a redução do lote de compra para 1.000 vai incorrer em aumento no Custo Total, o que agravaria o problema de caixa da empresa.



Se a quantidade E for menor que 1.000 unidades, a redução do lote de compra para 1.000 vai incorrer em uma diminuição no Custo Total, o que solucionaria o problema de caixa da empresa.



Se a quantidade E for maior que 1.000 unidades e menor que 2.000 unidades, a situação é mais complexa, pois quanto mais próxima a quantidade E1 (Situação 3a) ficar do valor de 1.000, menor será o Custo Total incorrido pela diminuição do lote de compra da empresa. Entretanto, quanto mais próxima a quantidade E2 (Situação 3b) ficar do valor de 2.000 unidades, maior será o Custo Total incorrido pela diminuição do lote.

LOTE ECONÔMICO DE COMPRA (LEC)

Você já deve ter percebido a importância do Lote Econômico de Compra. O LEC é a quantidade pedida que, matematicamente, permite que o valor do Custo Total seja o menor. Para Slack *et al.* (2002), essa abordagem tenta encontrar o melhor equilíbrio entre as vantagens e desvantagens de manter estoque. A Figura 15.6 representa graficamente o LEC.

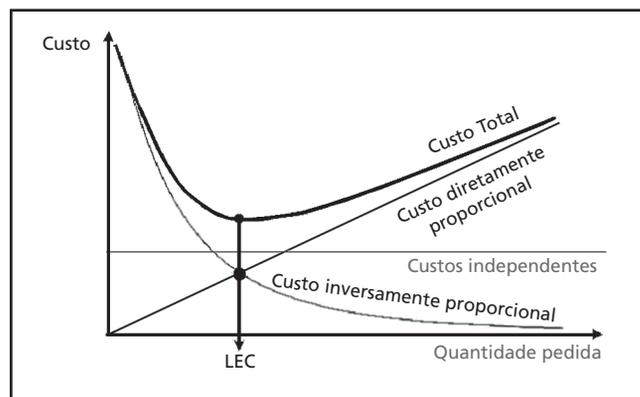


Figura 15.6: Representação gráfica do Lote Econômico de Compra.

A fórmula para o cálculo do LEC usa praticamente os mesmos fatores de custo utilizados no cálculo do Custo Total. Existe apenas uma pequena diferença: na verdade é uma simplificação.

$$LEC = \sqrt{\left(\frac{2x C_p x . D}{C_e}\right)} \quad (6),$$

onde:

D – é a demanda

C_p – é apenas o custo colocação do pedido

C_e – é o custo de estocagem ($C_a + x P$).

Quase sempre o valor do custo de estocagem (C_e) embute a taxa de juros e o preço de compra, facilitando assim os cálculos. O custo de estocagem no LEC, na verdade, se compara ao custo diretamente proporcional na fórmula do Custo Total. Nada melhor que um exemplo para entender melhor.

Exemplo 4

Um atacadista de materiais de construção obtém seu cimento de um fornecedor único. A demanda de cimento é razoavelmente constante ao longo do ano. No último ano, a empresa vendeu 2.000 toneladas de cimento. Seus custos estimados de colocação de um pedido são de R\$ 25,00, e os custos de manutenção de estoque são de R\$ 12,00 por tonelada por ano. Determine o LEC para a empresa.

Dados do problema:

$$D = 2.000t$$

$$C_p = \text{R\$ } 25,00/\text{pedido}$$

$$C_e = \text{R\$ } 12,00/t.\text{ano}$$

Fórmula:

$$LEC = \sqrt{\left(\frac{2xC_p x D}{C_e}\right)} \quad (6)$$

Solução:

$$LEC = \sqrt{\left(\frac{2x25x2.000}{12}\right)}$$

$$LEC = \sqrt{\left(\frac{100.000}{12}\right)}$$

$$LEC = 91,28t$$

Continuando nosso exemplo: depois de calcular o LEC da empresa, o gerente de produção sente que colocar um pedido de exatamente 91,28 toneladas parece ser algo preciso demais. Qual seria o impacto nos Custos Totais se optar por colocar um pedido de 100 toneladas?

$$CT = [Ca + (ixP)]x\frac{Q}{2} + C_p x \frac{D}{Q} + C_i \quad (5)$$

Então, vamos calcular o Custo Total para uma quantidade de 91,28t; depois calcularemos o custo para 100t. Com isso poderemos avaliar o impacto sobre o custo.

- Para $Q = 91,28$:

$$CT = 12 \times (91,28 / 2) + 25 \times (2.000 / 91,28)$$

$$CT = 547,68 + 547,76$$

$$CT = \text{R\$ } 1.095,44/\text{ano}$$

- Para $Q = 100$:

$$CT = 12 \times (100 / 2) + 25 \times (2.000 / 100)$$

$$CT = 600,00 + 500,00$$

$$CT = \text{R\$ } 1.100,00/\text{ano}$$

O custo extra referente ao pedido de 100 toneladas foi de R\$ 4,56; logo, o pedido de uma quantidade mais conveniente não causará grandes impactos financeiros para a organização.

Cabe ressaltar que a abordagem do Lote Econômico de Compra apresenta algumas limitações. Por exemplo, ela considera que a demanda é constante em todo o período de cálculo. Você viu que a maioria dos produtos é caracterizada por demanda independente. Outra crítica é que um intervalo de quantidades razoavelmente grande pode gerar diferenças mínimas no Custo Total final.

Apesar desses pressupostos, o LEC é amplamente aplicável na maioria das situações em que cada pedido de reabastecimento chega como entrega simples. Às vezes, entretanto, os pedidos chegam gradualmente ao longo de um período e, nesses casos, outro modelo é mais utilizado: o Lote Econômico de Produção (LEP).

LOTE ECONÔMICO DE PRODUÇÃO (LEP)

O Lote Econômico de Produção tem a mesma finalidade do LEC; a diferença é que ele é aplicado na produção dos itens, e não na compra deles. O LEP permite que a organização encontre a melhor quantidade de produção, como no LEC, e assim pratique os menores Custos Totais de estoque em processo (lembra da massa do pãozinho na aula passada?).

Vale destacar que alguns autores preferem usar a expressão Lote Econômico de Fabricação.

Um exemplo típico é a ordem de produção para um lote de peças a ser produzido em uma máquina. Esta vai começar a produzir as peças e entregá-las em um fluxo mais ou menos contínuo, aumentando os níveis de estoque dessa peça. Ao mesmo tempo, o estoque também diminui, pois alimenta outros setores de produção. Após o lote ter sido completado, a máquina vai seguir produzindo outro item, e a demanda continua a consumir o nível de estoque.

De forma mais simples: em vez de a demanda consumir todo o lote, como no LEC, à medida que se produz se consome (simultaneamente) o lote. Essa característica é que torna o LEP diferente do LEC.

A fórmula do LEP é bem parecida com a do Lote Econômico de Compra, contemplando apenas a característica de simultaneidade da produção com o consumo.

$$LEP = \sqrt{\left(\frac{2x C_p x D}{C_{ex} \left(1 - \frac{D}{P} \right)} \right)} \quad (7)$$

Onde:

D – demanda consumida do item

P – quantidade produzida

C_p – custo de preparação

C_e – custo de estocagem

Exemplo 5

O gerente da fábrica que engarrafa refrigerantes precisa decidir qual tamanho de lote de produção de cada tipo de refrigerante irá pedir para que as linhas de produção processem. A demanda de cada tipo de refrigerante é razoavelmente constante em 80.000 unidades por mês (um mês tem 160 horas de produção). As linhas de engarrafamento enchem a uma taxa de 3.000 unidades por hora, mas levam uma hora para mudar entre os diferentes refrigerantes. O custo de cada troca (uso de mão-de-obra e capacidade de produção parada) está calculado em R\$ 100,00 por hora. Os custos de manutenção de estoque em processo são cotados a R\$ 0,10 por unidade por mês.

Dados do problema:

$D = 80.000$ unid./mês

$C_p = R\$ 100,00$ /preparação

$C_e = R\$ 0,10$ /unid.mês

Fórmula:

$$LEP = \sqrt{\left(\frac{2x C_p x D}{C_{ex} \left(1 - \frac{D}{P} \right)} \right)} \quad (7)$$

Solução:

$$LEP = \sqrt{\left(\frac{2 \times 100 \times 80.000}{0,10 \times \left(1 - \frac{80.000}{480.000} \right)} \right)}$$

$$LEP = \sqrt{\left(\frac{16.000.000}{0,084} \right)}$$

$$LEP = 13.801 \text{ unid./lote}$$

Assim, o tamanho do lote de produção que o gerente deverá pedir às linhas de produção é de 13.801 unidades.

Atividade 4

Considerando os dados da Atividade 2, determine o LEC para os componentes X25 e K10.

Dados/Produtos	X25	K10
Demanda (unid./ano)	3.000	3.000
Preço de compra (R\$/unid.)	6,00	10,00
Custo de Pedir (R\$/pedido)	30,00	23,00
Taxa (% a.a.)	12	12
Custo de armazenagem (R\$/unid.ano)	0,30	0,90

Resposta Comentada

• Para o componente X25:

$$LEC = \sqrt{\left(\frac{2 \times 30 \times 3.000}{0,30 + 0,12 \times 6,00} \right)} \quad LEC = \sqrt{\left(\frac{180.000}{1,02} \right)}$$

$$LEC = 420 \text{ unidades}$$

- Para o componente K10:

$$LEC = \sqrt{\left(\frac{2 \times 30 \times 3.000}{0,30 + 0,12 \times 6,00}\right)} \quad LEC = \sqrt{\left(\frac{180.000}{1,02}\right)}$$

$$LEC = 256 \text{ unidades}$$

Fazendo a interpretação do resultado, se a empresa conseguisse negociar com o fornecedor dos componentes X25, ela poderia ter seu Custo Total matematicamente reduzido, se utilizasse um lote de compra de 420 unidades, em vez de 400 unidades. No caso do componente K10, a negociação deveria ser feita para ter lotes de compra de 256 unidades.

Atividade 5

Uma empresa fabricante produz uma peça usinada que é utilizada na fabricação de seu produto final, com demanda mensal de 2.500 unidades. A peça fabricada tem um custo de preparação de R\$ 33,00, e a quantidade produzida por mês pelo centro de usinagem é estimada em 48.000 unidades. Por fim, o custo de estocagem é de R\$ 0,25 ao mês. Determine o Lote Econômico de Produção.

Dados do problema:

D = 2.500 unid./mês

P = 48.000 unid./mês

C_p = R\$ 33,00/preparação

C_e = R\$ 0,25/unid.mês

Fórmula:

$$LEP = \sqrt{\left(\frac{2 \times C_p \times D}{C_e \times \left(1 - \frac{D}{P}\right)}\right)} \quad (7)$$

Resposta

$$LEC = \sqrt{\left(\frac{2 \times 30 \times 3.000}{0,30 + 0,12 \times 6,00}\right)} \quad LEC = \sqrt{\left(\frac{180.000}{1,02}\right)}$$

$$LEP = 833 \text{ unid.lote}$$

Atividade 6

A partir dos dados da Atividade 5, o tamanho do lote de produção que deverá ser pedido é de 833 unidades. Mas como ficaria se a empresa conseguisse reduzir o custo de preparação (troca) para R\$ 15,00, devido à instalação de uma nova máquina (mais moderna)? O que acontece com o LEP? Aumenta ou diminui?

Resposta Comentada

$$LEP = \sqrt{\frac{2 \times 15 \times 2.500}{0,25 \times \left(1 - \frac{2.500}{48.000}\right)}} \qquad LEP = \sqrt{\frac{75.000}{0,2375}}$$

$$LEP = 561 \text{ unid.lote}$$

Com a nova máquina, o tempo de preparação é reduzido; com isso, o tempo que antes era improdutivo passou a ser produtivo, permitindo que se fabrique menor quantidade por lote.

CONCLUSÃO

Você estudou uma das questões mais importantes sobre planejamento e controle do estoque: a decisão de quanto a empresa deveria pedir para manter o custo do estoque o mais baixo possível sem comprometer o atendimento da demanda. Isso depende do correto balanceamento entre os custos associados à armazenagem e os custos associados à colocação do pedido.

Essa decisão pode ser auxiliada por modelos matemáticos. Entretanto, por mais precisos que sejam, os modelos de estoque devem ser utilizados somente para dar suporte ao gerente de produção, pois não substituem a experiência acumulada pelos profissionais.

O estudo dos Lotes Econômicos de Compra e Produção (LEC e LEP) são tópicos tradicionais na área de gestão da produção. Embora estejam perdendo suas aplicações diante do novo contexto industrial, impulsionado pelos conceitos do *Just in Time*, fazem parte do programa de qualquer disciplina dessa área, pois trazem sempre a preocupação com a minimização dos custos.

A sua aplicação de forma adequada, contando com os recursos de Tecnologia da Informação, hoje disponíveis em praticamente qualquer sistema computacional de gestão de estoques, configura uma base de dados a ser consultada instantaneamente, permitindo que o cálculo das quantidades econômicas de compra e de produção traga benefícios à organização.

Atividade Final

Com a aquisição de uma nova máquina de alta tecnologia, um fornecedor propôs a substituição dos produtos A e B (que atualmente os fornece para a empresa) por um novo produto C, que, na prática, substituirá tanto o produto A quanto o produto B. Você, como gerente de produção, vai basear sua decisão nos modelos de Lote Econômico de Compra e de Custo Total de acordo com os dados dos produtos. O que você recomendaria ao presidente da fábrica? Continuar comprando A e B ou passar a comprar somente o produto C? Despreze os custos independentes, visto que eles tendem a se equivaler.

Fatores	A	B	C
Demanda (unid.ano)	40.000	60.000	100.000
Preço (R\$/unid.)	5,00	14,00	10,00
Custo de pedir (R\$/pedido)	200,00	312,50	750,00
Taxa de juros (% ao ano)	20	20	20
Custo de armazenagem (R\$/unid.ano)	0,50	0,10	0,50

Resposta Comentada

Fórmulas:

$$CT = [Ca + (i \times P)] \times \frac{Q}{2} + Cp \times \frac{D}{Q} + Ci \quad (5) \quad LEC = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot Cp \cdot D}{Ce} \right)} \quad (6)$$

• Determinando o LEC e o Custo Total do produto A:

$$LEC_A = \sqrt{\left(\frac{2 \times 200 \times 40.000}{(0,50 + 0,20 \times 5)} \right)} \cong 3.266 \text{ unid. lote}$$

$$CT_A = (0,50 + 0,20 \times 5) \times \frac{3.266}{2} + 200 \times \frac{40.000}{3.266} + 0 \cong R\$ 4.899,00/\text{ano}$$

• Determinando o LEC e o Custo Total do produto B:

$$LEC_B = \sqrt{\left(\frac{2 \times 312,50 \times 60.000}{(0,10 + 0,20 \times 14)} \right)} \cong 3.596 \text{ unid. lote}$$

$$CT_B = (0,10 + 0,20 \times 14) \times \frac{3.596}{2} + 312,50 \times \frac{60.000}{3.596} \cong R\$ 10.428,00/\text{ano}$$

• Determinando o LEC e o Custo Total do produto C:

$$LEC_C = \sqrt{\left(\frac{2 \times 750 \times 100.000}{(0,50 + 0,20 \times 10)} \right)} \cong 7.746 \text{ unid. lote}$$

$$CT_C = (0,50 + 0,20 \times 10) \times \frac{7.746}{2} + 750 \times \frac{100.000}{7.746} + 0 \cong R\$ 19.365,00/\text{ano}$$

Com os resultados obtidos, é possível analisar se é vantajosa ou não a proposta do fornecedor.

A empresa, continuando a comprar os produtos A e B, tem um Custo Total anual de:

$$CT_A = R\$ 4.899,00/\text{ano} + CT_B = R\$ 10.428,00/\text{ano}$$

$$CT_{A+B} = R\$ 15.327,00/\text{ano}.$$

Optando pelo produto C, a empresa passará a ter um Custo Total anual de:

$$CT_C = R\$ 19.365,00/\text{ano}.$$

Portanto, como gerente de produção, você deverá recomendar ao presidente da fábrica que, em termos de custos, será mais econômico manter a proposta de continuar comprando os produtos A e B. A proposta de substituição pelo produto C incorreria em um aumento anual nos custos de R\$ 4.038,00.

Vale dizer que, na prática, outras variáveis estratégicas deveriam ser levadas em conta na decisão do gerente, como: preferência do consumidor e produtos concorrentes, dentre outras; não apenas os resultados matemáticos.

- O planejamento e controle dos estoques estão diretamente relacionados ao tipo de demanda de um produto, que pode ser *dependente* (quando vinculada à fabricação de outro produto) ou *independente* (quando está sujeita à vontade e necessidades dos consumidores).
- O modelo de Custo Total se divide em três categorias: *custos diretamente proporcionais* (quanto maior a quantidade pedida maiores são os custos de estoque), *custos inversamente proporcionais* (quanto maior a quantidade pedida menores são os custos de estoque) e, por fim, os *custos independentes* (independem da quantidade pedida – são fixos).
- A abordagem mais comum para determinar a quantidade de um pedido é a fórmula do Lote Econômico de Compra (LEC). Essa fórmula pode ser adaptada para diferentes tipos de perfil de estoque, usando diferentes pressupostos de comportamento de estoque (LEP).
- O Lote Econômico de Produção (LEP) é uma adaptação do LEC para um tipo de comportamento de demanda. O LEP considera que, à medida que a quantidade vai sendo produzida por uma máquina, ela também vai sendo consumida, isto é, produção e consumo ocorrem ao mesmo tempo.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Agora você já sabe aplicar modelos para decidir quanto pedir; na próxima aula, falaremos de modelos de estoques para decidir quando pedir. Veremos também como as organizações classificam seus estoques para tratar com graus de importância diferentes.

SITES RECOMENDADOS

- <http://www.sebraesp.com.br/>, neste *site*, na seção “melhorando seu negócio”, você pode encontrar vários conceitos discutidos nesta aula.
- <http://www.proage.com.br/proage/exe/empresa/publicacoes/sobressalentes.pdf> – este é um artigo que trata das novas técnicas utilizadas na gestão de estoque.

APLICATIVO RECOMENDADO

Estado da produção	
Estoque	Preço
0	
1,0 Kg	0,83 Cp.
Açúcar	
1,0 Kg	1,57 Cp.
Limão	
1 l	0,20 Cp.
Água mineral	
88 Un	0,85 Cp.
Salgadinhos	
Empregados	
Pagamentos/Dia:	0,00

Seu dinheiro: 126,80
Dia atual: 2

Tempo
Dia encoberto.
Não é bom para ninguém.
Próxima previsão...
Temperatura máxima: 22°C
Possibilidade de chuva: 75%

Boletim de vendas

Copos produzidos:	0
Copos vendidos:	0
Custo unitário:	R\$ 0,17
Rentabilidade:	0,00
Salgadinhos Vend.:	12

Vendas: R\$ 14,40
Custo: R\$ 10,20

Venda

	0 Qty. +
	0,50 Preço/copo
	1,20 Preço/Unit

Ir em frente

Sair Sobre Placar

O aplicativo que está disponível na plataforma CEDERJ, na sala da disciplina, em Exercícios e Complementos, simula uma banca de limonada que você terá de gerenciar com sucesso, baseando-se na previsão do tempo. Para tanto, precisa controlar bem seus estoques para não deixar de vender nem deixar sobrar, porque limonada e salgado de ontem não dá para engolir.

Análise dos estoques – quando pedir

AULA

16

Metas da aula

Definir a importância dos modelos matemáticos na decisão de quando pedir; apresentar as abordagens mais comuns de estoque para identificar o tempo de reabastecimento de materiais, considerando o nível de atendimento ao cliente e a minimização dos custos.

Ao final do estudo desta aula, você deverá ser capaz de:

- identificar as variáveis que influenciam a decisão de quando emitir um pedido de materiais;
- calcular o ponto de pedido ou ponto de ressuprimento;
- calcular a quantidade a ser pedida de acordo com o consumo;
- identificar as diferenças na aplicação dos modelos de revisão contínua e de revisão periódica.

Pré-requisitos

Para melhor compreensão do conteúdo desta aula, você deverá recordar temas de aulas anteriores, como: os conceitos básicos sobre os estoques (Aula 14); a definição de demanda independente (Aula 15); os modelos de Lote Econômico de Compras (LEC) e Custo Total, vistos também na Aula 15.

INTRODUÇÃO

Na aula passada, você estudou uma das duas decisões estratégicas que um gerente de produção precisa tomar em relação ao estoque: a decisão de quanto comprar (LEC) ou de quanto fabricar (LEP). Nesta aula, você verá como os gerentes lidam com a decisão de quando exatamente comprar para conciliar a demanda com a produção.

Cabe ressaltar, mais uma vez, que os modelos matemáticos utilizados são apenas ferramentas e devem ser considerados para apoiar uma decisão, pois, apesar de serem muito precisos, desconsideram uma quantidade de variáveis do mundo real que somente um profissional experiente pode analisar satisfatoriamente e, com isso, tomar a decisão final.

A nossa preocupação agora é em relação ao tempo, isto é, quando exatamente pedir materiais ao fornecedor para evitar o custo de manutenção do estoque (comprar muito antes do que se precisa) e evitar, também, possíveis faltas de produtos (comprar depois do que se precisa). A **Figura 16.1** retoma o comportamento genérico do consumo do estoque.

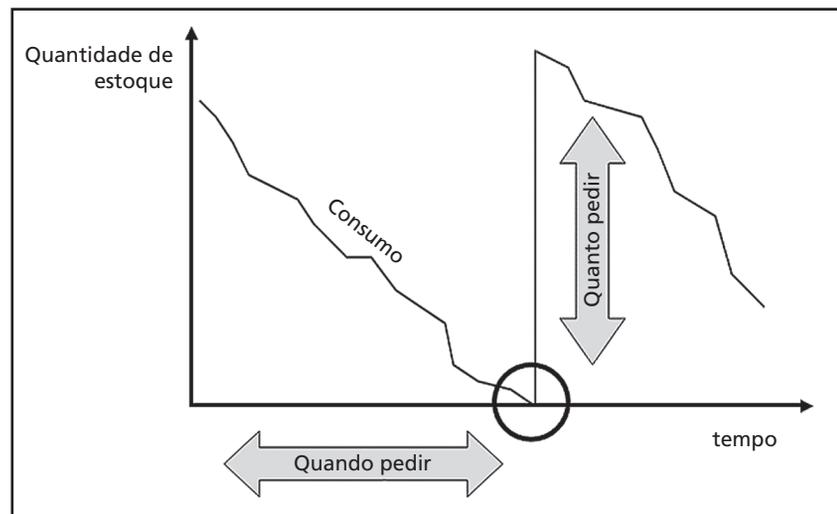


Figura 16.1: Modelo genérico do consumo de estoque.
(Adaptado de Corrêa e Corrêa, 2004.)

Para lidar com a decisão de quando pedir, vamos apresentar dois modelos: o modelo de reposição contínua e o modelo de reposição periódica. Mas antes você precisa se familiarizar com alguns termos (veja a **Figura 16.2**).

VARIÁVEIS E TERMOS UTILIZADOS NO GRÁFICO DOS ESTOQUES

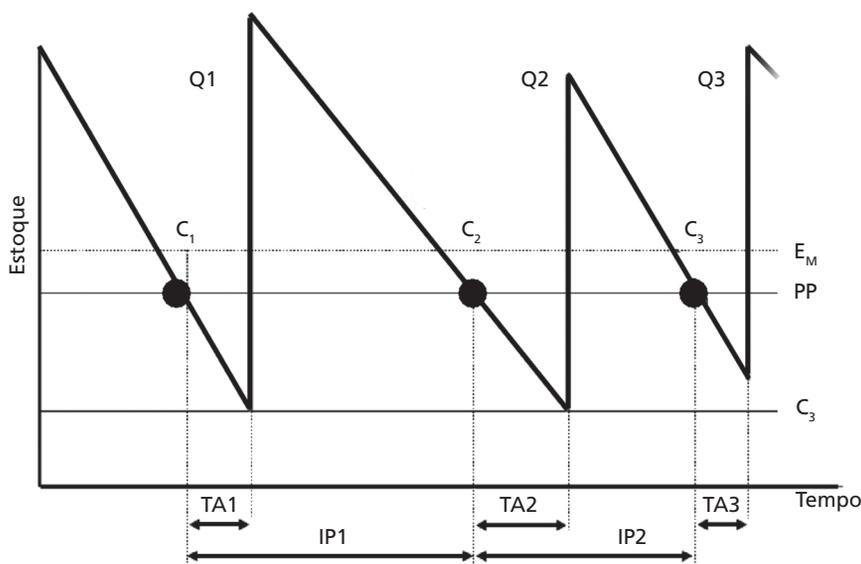


Figura 16.2: Termos usados no gráfico de estoque.

O gráfico representa os consumos (C_1 , C_2 e C_3), as quantidades entregues e adicionadas ao estoque (Q_1 , Q_2 e Q_3), os tempos de atendimento decorrentes entre o pedido e a entrega dos materiais (TA_1 , TA_2 e TA_3) e os intervalos entre os pedidos feitos pela empresa (IP_1 e IP_2).

Repare que, toda vez que o consumo atinge o valor do ponto de pedido (PP) preestabelecido, a empresa dispara o pedido de materiais, que chega exatamente quando o consumo é igual ao valor do estoque de segurança (ES), evitando possíveis problemas com a falta de mercadorias. Por fim, E_M é o estoque médio.

Fazendo uma análise mais detalhada do gráfico em questão (**Figura 16.2**), podemos deduzir algumas relações lógicas:

- O estoque médio (E_m) é a soma do estoque de segurança com a metade da quantidade comprada:

$$E_m = ES + \left(\frac{Q}{2}\right)$$

- O ponto de pedido ou reposição pode ser determinado pelo resultado da multiplicação entre o tempo de atendimento ou tempo de ressuprimento e o consumo, somado ao estoque de segurança:

$$PP = (TA \times C) + ES$$

- O intervalo entre os pedidos é o inverso do número de pedidos emitidos por um determinado período (N):

$$IP = \left(\frac{1}{N}\right)$$

- O número de pedidos emitidos por um determinado pedido é calculado dividindo o consumo pela quantidade pedida:

$$N = \left(\frac{C}{Q} \right)$$

Vamos então transformar essa “sopa de letrinhas” em um exemplo mais prático.

Exemplo 1

A peça Z20 é um item de estoque comprado pela empresa Z-Trix. Com um consumo de 500 unidades/mês, a empresa mantém um estoque de segurança de 80 unidades, e a entrega é efetuada em 5 dias úteis. Supondo que as compras sejam feitas em lotes de 2.000 unidades e que o mês produtivo tem 20 dias úteis, é possível determinar:

- a. ponto de pedido (PP)
- b. intervalo entre os pedidos (IP)

Dados:

ES = 80 unidades

Q = 2.000 unidades

C = 500 unidades/mês

TA = 5 dias $\times \frac{1}{2} = 0,25$ mês



Como as unidades estão em mês, temos de transformar o tempo de atendimento, dado em dias, para mês, considerando apenas o número de dias úteis. Normalmente as empresas trabalham com dias úteis ou produtivos, pois a grande maioria não trabalha final de semana, excluindo assim esses dias do calendário da empresa. Então, o mês de janeiro, por exemplo, com 31 dias, passa a ter 22 dias úteis (31 dias – 4 sábados – 4 domingos – 1 feriado), considerados produtivos.

Solução:

a. calculando o ponto de pedido (PP):

$$PP = (TA \times C) + ES$$

$$PP = (0,25 \times 500) + 80$$

$$PP = 125 + 80$$

$$PP = 205 \text{ unidades}$$

Isso significa que, quando o consumo atingir a quantidade de 205 unidades em estoque, ou no 75º dia útil, a empresa disparará o pedido para a compra de materiais. Assim, 5 dias depois a empresa recebe as 2.000 unidades pedidas, ao mesmo tempo que o estoque chega à marca de 80 unidades (exatamente o valor do estoque de segurança).

b. intervalo entre os pedidos (IP):

$$IP = \frac{1}{N}, \text{ onde } N = \frac{C}{Q}; \text{ logo, } N = \frac{500}{2.000} \therefore N = 0,25 \text{ pedido/mês.}$$

$$\text{Então, } IP = \frac{1}{0,25} \therefore IP = 4 \text{ meses entre os pedidos.}$$

A Figura 16.3 ilustra este exemplo na forma de gráfico de estoque:

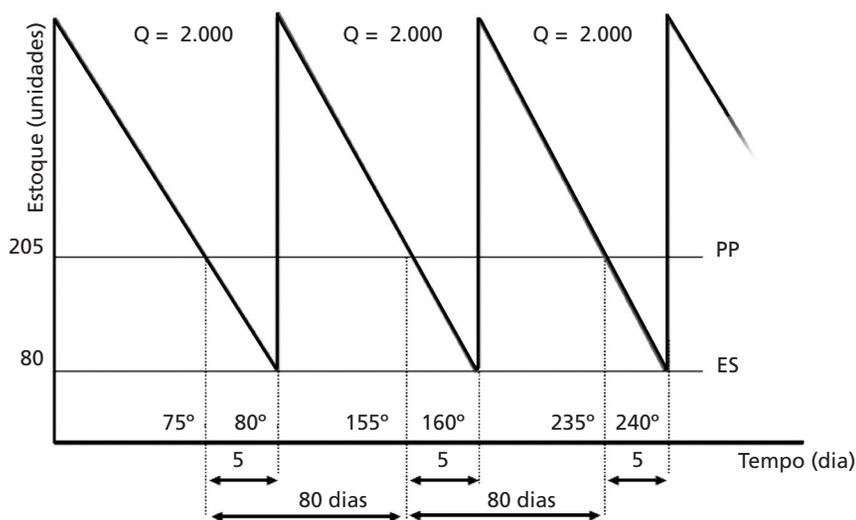


Figura 16.3: Gráfico do estoque da peça Z20.

Fica bastante claro que, com um pedido de 2.000 unidades e com um consumo de 500 unidades/mês, vão ser necessários 4 meses (ou 80 dias úteis) até que a empresa faça um novo pedido de materiais, e assim sucessivamente.

Atividade 1

O consumo anual de sapatos da ABC Shoes é de 12.000 pares. A empresa opera durante 280 dias por ano, e o tempo de ressuprimento do estoque para os sapatos é de 100 dias. Calcule o ponto de pedido (PP) para o produto, considerando o estoque de segurança de 150 pares.

Resposta Comentada

$$ES = 150 \text{ pares}$$

$$C = 12.000 \text{ pares/ano}$$

$$TA = 100 \text{ dias} \times \frac{1}{280} = 0,35 \text{ ano}$$

Calculando o ponto de pedido (PP):

$$PP = (TA \times C) + ES$$

$$PP = (0,35 \times 12.000) + 150$$

$$PP = 4.200 + 150$$

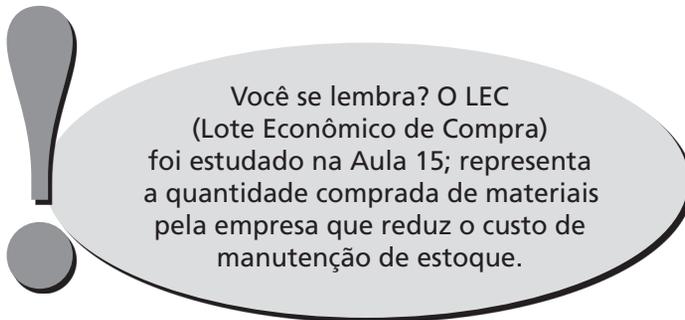
$$PP = 4.350 \text{ pares}$$

Logo, quando a quantidade em estoque alcançar 4.350 pares, a empresa ABC Shoes deverá fazer o pedido de materiais, na quantidade que lhe parecer conveniente.

MODELO DE REPOSIÇÃO CONTÍNUA

Agora que você já viu as variáveis e os termos relacionados aos estoques, podemos apresentar os modelos matemáticos mais comuns para tratar a decisão de quando pedir.

O modelo de reposição contínua, ou modelo de ponto de reposição, consiste em emitir um pedido de compras com quantidade igual ao lote econômico (LEC), ou outro critério utilizado pelo administrador responsável pelo estoque, sempre que o nível de estoques atingir o ponto de pedir.



Para Martins e Alt (2000), algumas considerações importantes devem ser observadas na utilização deste modelo:

- quando o consumo (C) for variável, o que muitas vezes ocorrerá, deve-se utilizar o valor do consumo médio;
- o mesmo é válido para o tempo de atendimento (TA) – quando for variável, utiliza-se o tempo de atendimento médio;
- o estoque de segurança (ES) é fixado em função das variações no consumo, no tempo de atendimento e no nível de serviço que a empresa deseja;
- o risco de ficar sem estoques passa a ocorrer após a emissão do pedido de compra, pois, se o consumo for maior que a média utilizada na determinação do ponto de pedido, a empresa poderá ficar sem estoques antes do recebimento da mercadoria. Assim, o risco é função do consumo em relação ao tempo de atendimento.

Exemplo 2

A empresa SanSan, fabricante de autopeças, deseja implantar o modelo de reposição contínua para o item S23 de seu estoque. Ela trabalha, em média, 20 dias por mês. Levantamentos dos últimos 6 meses mostraram que o consumo médio é de 300 unidades por mês; o tempo de atendimento médio é de 10 dias úteis, o custo de pedido (C_p) é de R\$ 25,00 por pedido e o custo de estocagem (C_e) é de R\$ 0,04 por unidade por mês. Sabendo-se ainda que a empresa trabalha com um estoque de segurança de 50 unidades, é possível determinar os parâmetros do modelo e o custo total de estocagem.

Solução:

- Aplicando os dados ao modelo do LEC:

$$LEC = \sqrt{\frac{2 \times C_p \times D}{C_e}} \quad LEC = \sqrt{\left(\frac{2 \times 25 \times 300}{0,04}\right)} \quad \therefore LEC = 612,37 \text{ unidades}$$

(Arredondaremos o valor do LEC para 600 unidades por pedido, porque, como já vimos, uma variação de 2% (12,37 unidades) no tamanho do lote não altera significativamente o valor do custo de estocagem.)

- Calculando o ponto do pedido (PP):

$$PP = (TA \times C) + ES$$

$$PP = \left(\frac{10}{20} \times 300\right) + 50$$

$$PP = (150) + 50$$

$$PP = 200 \text{ unidades}$$

Assim, de acordo com a regra do modelo, sempre que o estoque atingir nível igual ou inferior a 200 unidades, a empresa emitirá um pedido de compras de 600 unidades.

- Calculando os outros parâmetros do estoque:

Intervalo entre os pedidos (IP):

$$IP = \frac{1}{N}, \text{ onde } N = \frac{C}{Q}; \text{ logo, } N = \frac{300}{600} \quad \therefore N = 0,50 \text{ pedido/mês.}$$

$$\text{Então, } IP = \frac{1}{0,50} \quad \therefore IP = 2 \text{ meses entre os pedidos}$$

Estoque médio (Em):

$$Em = ES + \left(\frac{Q}{2}\right), \text{ ou, neste caso, } Em = ES + \left(\frac{LEC}{2}\right)$$

$$Em = 50 + \left(\frac{600}{2}\right), \text{ portanto, } Em = 350 \text{ unidades}$$

- Por fim, determinando o custo total de estoque:

$$CT = [Ca + (i \times P)] \times \frac{Q}{2} + Cp \times \frac{D}{Q} + Ci$$

ou, neste exemplo,

$$CT = Ca \times Em + Cp \times \frac{D}{LEC}$$

$$CT = 0,04 \times 350 + 25 \times \frac{300}{600}$$

$$CT = 14,00 + 12,50 \therefore CT = R\$26,50$$

Acompanhe o consumo diário do item S23 (do exemplo 2) durante 30 dias úteis e identifique os eventos mais importantes, considerando um estoque inicial (Ei) de 240 unidades.

Tabela 16.1: Movimentação diária do estoque do item S23 por 30 dias

Dia	Ei	Evento	Saída	Saldo	Dia	Ei	Evento	Saída	Saldo
1	240		14	226	16	624		12	612
2	226		15	211	17	612		13	599
3	211		17	194	18	599		17	582
4	194		20	174	19	582		14	568
5	174		11	163	20	568		19	549
6	163		21	142	21	549		15	534
7	142		11	131	22	534		14	520
8	131		10	121	23	520		16	504
9	121		12	109	24	504		17	487
10	109		12	97	25	487		13	474
11	97		14	83	26	474		12	462
12	83		15	68	27	462		19	443
13	68		15	53	28	443		20	423
14	53	600	17	636	29	423		11	412
15	636		12	624	30	412		16	396

A partir da **Tabela 16.1**, podemos observar:

- a demanda é variável, porém com média de 300 unidades/mês, ou 15 unidades/dia;
- o saldo no fim do terceiro dia atinge o ponto de pedido, pois o estoque chegou a 194 unidades, superando o valor de 200 unidades. Assim, no início do dia seguinte, um pedido de 600 unidades (LEC) vai ser emitido. O prazo de entrega é de 10 dias úteis;
- no início do 14º dia, a empresa recebe as 600 unidades pedidas e as adiciona ao estoque;
- no fim do 30º dia, o estoque atingiu o nível de 396 unidades;
- o estoque médio no período foi de 353,23 unidades (encontrado pelo somatório da multiplicação do dia e seu respectivo saldo final, divididos por 30).

Se continuarmos com a movimentação do item S23 nos próximos 30 dias, teremos (**Tabela 16.2**):

Tabela 16.2: Movimentação diária do estoque do item S23 pelos 30 dias seguintes

Dia	Ei	Evento	Saída	Saldo	Dia	Ei	Evento	Saída	Saldo
31	396		18	378	46	168		13	155
32	378		10	368	47	155		12	143
33	368		12	356	48	143		15	128
34	356		13	343	49	128		15	113
35	343		17	326	50	113		13	100
36	323		15	311	51	100		13	87
37	311		15	296	52	87		20	67
38	296		14	282	53	67	600	21	646
39	282		17	265	54	646		18	628
40	265		20	245	55	628		12	616
41	245		11	234	56	616		10	606
42	234		20	214	57	606		16	590
43	214		14	200	58	590		14	576
44	200	emitir	15	185	59	576		15	561
45	185		17	168	60	561		16	545

A Tabela 16.2 também nos permite tirar algumas conclusões:

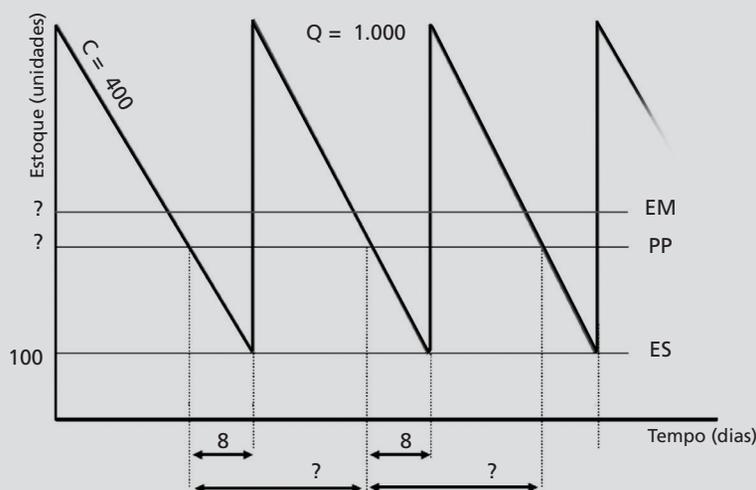
- no fim do 43º dia, o ponto de pedido foi atingido. Assim, no início do dia seguinte, novo pedido de compra de 600 unidades é emitido;
- o intervalo entre os pedidos é de 40 dias ($43 - 3$) ou 2 meses, pois o mês produtivo é de 20 dias úteis;
- o estoque médio para o período de 60 dias úteis é de 339,11;
- o estoque final no 60º dia é de 545 unidades.

Cabe ressaltar que o mais importante é que a cada 2 meses (ou 40 dias úteis), continuamente, a empresa vai emitir um pedido de compra de materiais, que no exemplo dado será de 600 unidades (LEC).

Portanto, este exemplo ilustrou a aplicação prática do modelo de revisão contínua e como ele apóia a decisão de quando fazer o pedido.

Atividade 2

A empresa Deskolar fabrica cadeiras escolares. Analise os dados apresentados pelo gráfico de estoque do modelo DS18 a seguir e calcule o ponto de pedido, o intervalo entre os pedidos e o estoque médio. Considere o mês produtivo com 30 dias.



Resposta Comentada

• Calculando o ponto do pedido (PP):

$$PP = (T_a \times C) + ES$$

$$PP = \left(\frac{8}{30} \times 400 \right) + 100$$

$$PP = (106,6) + 100$$

$$PP = 207 \text{ unidades}$$

Intervalo entre os pedidos (IP):

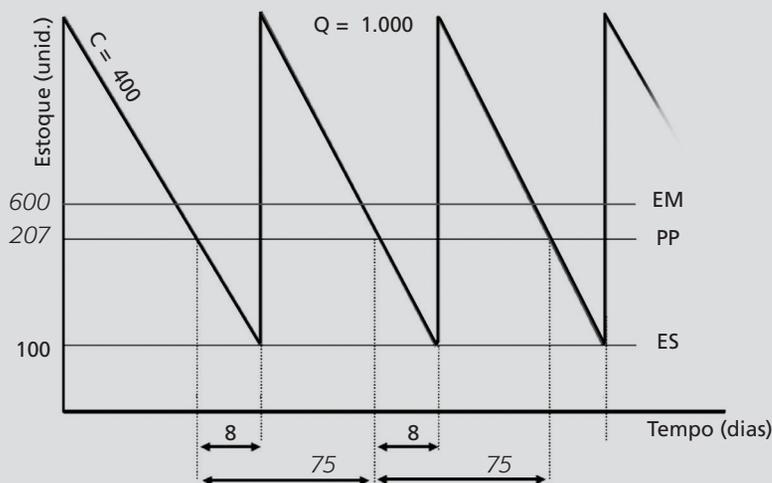
$$IP = \frac{1}{N}, \text{ onde } N = \frac{C}{Q}; \text{ logo } N = \frac{400}{1000} \therefore N = 0,40 \text{ pedido/mês.}$$

$$\text{Então, } Em = \frac{1}{0,40} \therefore IP = 2,5 \text{ meses entre os pedidos.}$$

Estoque médio (Em):

$$Em = ES + \left(\frac{Q}{2} \right) \text{ ou, neste caso, } Em = 100 + \left(\frac{1.000}{2} \right)$$

$$Em = 600 \text{ unidades}$$



Quando o nível do estoque atingir aproximadamente 207 unidades, a empresa emitirá um pedido de 1.000 unidades e em 8 dias irá recebê-lo. O próximo pedido ocorrerá 2,5 meses depois (ou 75 dias).

Como você percebeu, o modelo de reposição contínua permite que a empresa emita um pedido de ressuprimento toda vez que o estoque atinge determinada quantidade (PP), independentemente do tempo. Em nossos exemplos, os intervalos de tempos foram iguais (fixos) porque consideramos o consumo estável (sem variações). Se tivéssemos levado em consideração as variações de consumo (como acontece na realidade dos negócios), perceberíamos que os intervalos entre os pedidos seriam, também, variáveis ou diferentes.

MODELO DE REPOSIÇÃO PERIÓDICA

Ao contrário do modelo de reposição contínua, o modelo de reposição periódica consiste em emitir os pedidos de compra em intervalos de tempo fixos, independentemente da quantidade em estoque (normalmente superior ao estoque de segurança).

As quantidades pedidas (Q) serão iguais à diferença entre o estoque máximo ($Emáx$) e o estoque disponível no dia da emissão do pedido de compras (S). O estoque máximo corresponde ao LEC (ou outro, a critério do gerente de produção) somado ao estoque de segurança (ES).

$$Emáx = ES + Q$$

Assim, para a aplicação do modelo devemos, em primeiro lugar, determinar o LEC e o intervalo entre os pedidos (IP) e então fixar o estoque de segurança (ES). Lembre-se de que N é o número de pedidos por intervalo de tempo. Então:

$$IP = \frac{1}{N} \quad \therefore \quad N = \frac{C}{Q}; \quad \text{logo,} \quad IP = \frac{Q}{C}.$$

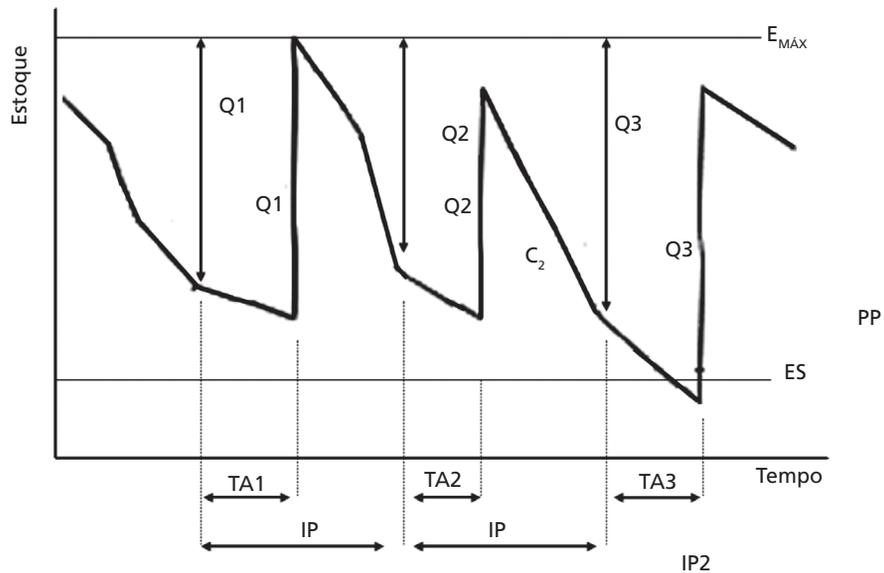


Figura 16.4: Gráfico do modelo de reposição periódica.

Dessa forma, como no modelo de reposição contínua, se os valores do consumo e do tempo de atendimento são variáveis, utilizam-se os valores médios. Para Martins e Alt (2000), no modelo de reposição periódica o tempo de atendimento não é um parâmetro tão importante quanto no modelo anterior, porque é a empresa que estabelece quando pedir e, com isso, pode embutir esse tempo quando for emitir o pedido de compra.

O estoque de segurança é fixado em função das variações no consumo, no tempo de atendimento e no nível de serviço. O risco de ficar sem estoques passa a ocorrer após a emissão do pedido de compras, pois, como o próximo pedido somente será emitido após o decurso de um prazo predeterminado, caso o consumo seja muito maior que o previsto corre-se o risco de o estoque se esgotar antes do recebimento do próximo pedido.

Exemplo 3

Um item de demanda independente (Aula 15) é consumido a uma razão de 600 unidades/mês. A empresa acha prudente manter estoque de segurança de 150 unidades. O custo de pedido é de R\$ 42,00 por pedido, e os custos de estocagem são de R\$ 0,20 por unidade/mês. É simples calcular os parâmetros do modelo de reposição periódica.

Aplicando os dados ao modelo do LEC:

$$LEC = \sqrt{\frac{2 \times Cp \times D}{Ce}} \quad LEC = \sqrt{\frac{2 \times 42 \times 600}{0,20}} \therefore LEC = 501,99 \text{ unidades}$$

Encontrando esse resultado, arredondaremos o valor do LEC para 500 unidades por pedido.

Calculando o estoque máximo (Emáx):

$$Emáx = ES + Q; \text{ no caso, } Emáx = ES + Q$$

$$Emáx = 150 + 500 \quad \therefore \quad Emáx = 650 \text{ unidades.}$$

Calculando o intervalo entre os pedidos (IP):

$$IP = \frac{Q}{C} \quad \therefore \quad IP = \frac{500}{600} = 0,833 \text{ mês.}$$

Se considerarmos o mês de 30 dias, a cada 25 (0,833 x 30) dias deve ser emitido um pedido de compras. A quantidade comprada será a diferença entre o estoque máximo e o saldo do dia da emissão do pedido. Vamos analisar a **Tabela 16.3**.

Tabela 16.3: Movimentação diária do produto em estoque

Dia	Ei	Evento	Saída	Saldo	Dia	Ei	Evento	Saída	Saldo
1	180	400	25	555	16	248		18	230
2	555		25	530	17	230		17	213
3	530		22	508	18	213		21	192
4	508		23	485	19	192		23	169
5	485		24	461	20	169	emitir	25	144
6	461		18	443	21	144		20	124
7	443		19	424	22	124		20	104
8	424		14	410	23	104		22	82
9	410		26	384	24	82		22	60
10	384		27	357	25	60		24	36
11	357		23	334	26	36	481	22	495
12	334		23	311	27	495		23	472
13	311		20	291	28	472		21	451
14	291		22	269	29	451		25	426
15	269		21	248	30	426		15	411

Supondo um tempo de atendimento de 5 dias úteis, no dia 1º a empresa recebe 400 unidades, mediante um pedido emitido 5 dias antes. A quantidade de 400 unidades foi encontrada pela subtração do Emáx com a quantidade disponível em estoque desse dia (650 – 250). Obviamente, quando a empresa a recebe, o estoque disponível está menor devido ao consumo diário do item em estoque.

Como o intervalo entre os pedidos é de 25 dias, o próximo pedido ocorrerá no dia 20 do mês corrente, pois já se passaram 5 dias desde a colocação do primeiro pedido. Logo, no 20º dia a empresa novamente emitirá um pedido de 481 unidades (650 – 169), estoque máximo menos o estoque “em mãos” desse dia, recebendo os produtos no 26º dia.

Atividade 3

Suponha que o item RS400 utilizado na montagem de bombas hidráulicas tenha um consumo anual de 12.000 unidades, que o custo de pedir é de R\$ 400,00 por pedido e que o custo de estocagem é de R\$ 9,60 por unidade por ano. O estoque de segurança do item é de 250 unidades e o tempo de ressurgimento é de 10 dias, com a empresa trabalhando 240 dias por ano. Determine o período entre as previsões e a quantidade pedida se o saldo em estoque nesse dia for igual a 590 unidades.

Resposta Comentada

Aplicando os dados ao modelo do LEC:

$$LEC = \sqrt{\left(\frac{2 \times C_p \times D}{C_e}\right)} \quad LEC = \sqrt{\left(\frac{2 \times 400 \times 12.000}{9,6}\right)} \quad \therefore LEC = 1.000 \text{ unidades}$$

Calculando o estoque máximo (Emáx):

$$Emáx = ES + Q \text{ no caso, } Emáx = ES + LEC \quad \therefore Emáx = 250 + 1.000$$

$$Emáx = 1.250 \text{ unidades.}$$

Calculando o intervalo entre os pedidos (IP):

$$\text{Transformando o consumo anual em diário: } C = \frac{12.000}{240} = 50 \text{ unidades/dia}$$

$$IP = \frac{Q}{C} \quad \therefore \frac{1.000}{50} = 20 \text{ dias.}$$

Logo, a cada 20 dias úteis, ou 12 vezes ao ano, será feita uma revisão dos estoques desse item, e, se tudo correr bem, deverá ser encomendado um lote de aproximadamente 1.000 unidades.

A quantidade a ser pedida, se o saldo for igual a 590 unidades, é de:

$$Q = Emáx - 590 \rightarrow Q = 1.250 - 590 \rightarrow Q = 660 \text{ unidades.}$$

CONCLUSÃO

Na definição da política de estoques a ser seguida pela empresa, a escolha dos modelos de estoques adequados é muito importante não só para o pronto atendimento ao cliente como também para a minimização dos custos.

Em relação aos modelos apresentados nesta aula, enquanto o modelo de reposição contínua trabalha no eixo das quantidades, propondo a reposição dos estoques quando seu nível ultrapassa determinada quantidade, o modelo de reposição periódica trabalha no eixo dos tempos, estabelecendo datas nas quais serão analisadas a demanda e as demais condições dos estoques para decidir pela sua reposição.

Por fim, cabe lembrar que o consumo, o lote de compra, o tempo de atendimento e o intervalo entre os pedidos são considerados invariáveis para efeito de cálculo, desprezando as variações existentes no mundo real dos negócios. Entretanto, a prática diária exige que esses valores sejam considerados variáveis.

Atividade Final

Alexandre é gerente de produção de uma fábrica de suporte para cortinas para boxes e todo fim de mês ele analisa o estoque do produto. O consumo anual desse suporte é de 4.500 unidades; o custo unitário anual de estocagem é de aproximadamente R\$ 0,12 por unidade; os custos de pedido são da ordem de R\$ 30,00 por pedido e o tempo de atendimento é de 10 dias. A empresa trabalha com 250 dias por ano, e o estoque de segurança é de 200 unidades. Determine:

- o tamanho do lote econômico;
- o ponto de ressuprimento;
- o custo total do estoque;
- o número ideal de pedidos por ano;
- o número ideal de dias entre os pedidos.

Respostas Comentadas

Dados:

$C = 4.500$ unidades/ano ou 18 unidades/dia ($4.500/250$)

$C_e = R\$ 0,12$ unidades/ano

$C_p = R\$ 30,00$ por pedido

$TA = 10$ dias

$ES = 200$ unidades

a. Calculando o LEC:

$$LEC = \sqrt{\left(\frac{2 \times C_p \times D}{C_e}\right)} \quad LEC = \sqrt{\left(\frac{2 \times 30 \times 4.500}{0,12}\right)} \quad \therefore LEC = 1.500 \text{ unidades}$$

b. Calculando o ponto de ressuprimento (PP):

$$PP = (TA \times C) + ES$$

$$PP = (10 \times 18) + 200$$

$$PP = (180) + 200$$

$$PP = 380 \text{ unidades}$$

c. Calculando o Custo Total do estoque (CT):

$$CT = [Ca + (i \times P)] \times \frac{Q}{2} + C_p \times \frac{D}{Q} + Ci$$

$$CT = C_e \times \frac{LEC}{2} + C_p \times \frac{D}{LEC}$$

$$CT = 0,12 \times \frac{1.500}{2} + 30 \times \frac{D}{1.500}$$

$$CT = 90 + 90 \Leftrightarrow CT = R\$180,00$$

d. Tomando a quantidade de 1.500 unidades calculada pelo Lote Econômico, o número ideal (mais barato) é de 3 vezes por ano para atingir um consumo anual de 4.500 unidades.

e. O número ideal de dias entre os pedidos é determinado pela aplicação do LEC na fórmula do intervalo entre os pedidos (IP):

$$IP = \frac{Q}{C} \Leftrightarrow IP = \frac{1.500}{4.500} = 0,333 \text{ ano ou } 83,25 \text{ dias } (0,333 \times 250)$$

Em resumo, a cada 83 dias um lote de 1.500 unidades vai ser recebido, e o pedido vai ser emitido 10 dias antes, exatamente no momento em que o nível do estoque atingia a marca do estoque de segurança, que é de 200 unidades.

Esta aula tratou da questão de quando uma organização deve repor seu estoque, considerando tanto o nível de atendimento quanto a minimização dos custos.

Essa questão depende também do consumo, pois os pedidos são geralmente programados para manter certo nível de estoque médio de segurança até que o pedido chegue. O nível do estoque de segurança é influenciado pela variabilidade do consumo e do tempo de atendimento por parte do fornecedor.

O uso do nível de ressuprimento como um gatilho para a colocação de um pedido de reabastecimento necessita da revisão contínua dos níveis de estoque. Isso consome tempo e pode ser muito caro para a empresa. Uma abordagem alternativa é fazer pedidos de reabastecimento de tamanhos de lotes variados e períodos de tempo fixos (revisão periódica).

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Agora você já sabe aplicar modelos para decidir quanto e quando pedir. Na próxima aula, falaremos de modelos de previsão de demanda. Esses modelos auxiliam o gerente de produção na difícil tarefa de tentar prever os valores das vendas futuras e, assim, compatibilizá-los com a capacidade produtiva e com os estoques disponíveis na organização.

SITE RECOMENDADO

http://www.sebraesp.com.br/topo/produtos/consultoria/gest%C3%A3o%20empresarial/palestras/arquivos_slides_pdf/palestra_adm_estoques_proces_adequadamente.pdf - traz uma apresentação feita pelo engenheiro Júlio Tadeu de Alencar (Sebrae-SP), tratando do gerenciamento eficaz do estoque.

Modelos de previsão de demanda

AULA 17

Metas da aula

Apresentar a importância estratégica dos modelos de previsão de demanda para o processo de tomada de decisão; explicar o processo de elaboração de previsão de demanda; definir os principais métodos de cálculo de previsão.

Ao final do estudo desta aula, você deverá ser capaz de:

- identificar os métodos qualitativos e quantitativos de previsão;
- calcular a previsão de demanda por meio dos modelos quantitativos (séries temporais, médias móveis e suavização exponencial);
- avaliar matematicamente o comportamento do consumo de produtos em um determinado horizonte de tempo.

Pré-requisitos

Para melhor compreensão do conteúdo desta aula, você deverá recordar temas de aulas anteriores, como: os tipos de resposta à demanda que as empresas podem utilizar (Aula 5); a influência do planejamento da capacidade produtiva sobre os níveis de estoque da empresa (Aula 9); os conceitos básicos sobre os estoques (Aula 14); a definição de demanda independente (Aula 15); os modelos matemáticos de estoque apresentados nas Aulas 15 e 16.

INTRODUÇÃO

A previsão de demanda é a primeira técnica utilizada na Gestão da Produção. Trata-se de uma técnica que usa dados passados na projeção de valores futuros. Com base na previsão, estabelecem-se políticas de controle para sistemas de estoques, demanda de máquinas e materiais, planos de produção, seqüenciamento de ordens e demanda de pessoal, dentre outras.

A representação simplificada de um sistema de previsão está apresentada na **Figura 17.1**. O sistema é alimentado por dados históricos, normalmente provenientes de arquivos de vendas da empresa. A partir dos dados, elabora-se um modelo para previsão (quantitativo ou qualitativo) que permite o cálculo da previsão propriamente dita. Ela se baseia exclusivamente no comportamento histórico da demanda, desconsiderando eventos especiais que possam incidir futuramente sobre o processo gerador dos dados. Assim, é importante incorporar no sistema a avaliação e a experiência gerencial, de forma a corrigir a previsão para contemplar eventos que não venham ocorrendo sistematicamente no processo e que tenham a possibilidade de acontecer.

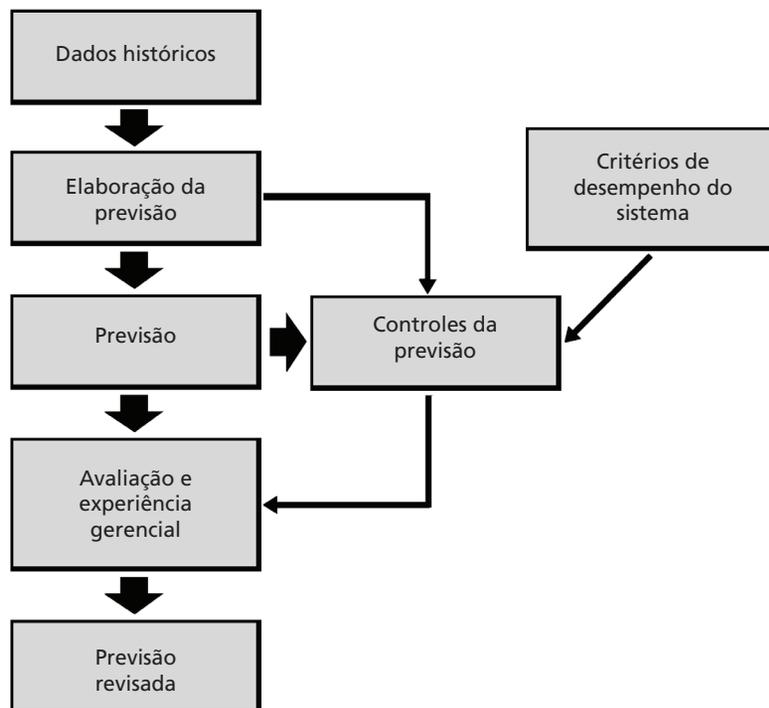


Figura 17.1: Representação de um sistema de previsão.

Como resultado, tem-se a previsão revista, incorporando o julgamento de especialistas. Por fim, o controle do sistema, baseado em critérios de desempenho estabelecidos para ele, que define a periodicidade com que os modelos de previsão serão revistos e atualizados.

POR QUE FAZER PREVISÕES?

Muitas decisões tomadas pelos administradores envolvem recursos como máquinas, equipamentos, instalações, materiais e pessoas. Esses recursos têm uma característica importante para o gestor: *inércia decisória*. Mas o que é inércia decisória?

Para Corrêa e Corrêa (2004), as decisões com relação a esses recursos levam tempo para serem efetivadas, ou seja, a situação permanece inalterada, inerte, durante esse período de tempo, mesmo depois de a decisão ter sido tomada.

Na aula passada pudemos verificar um exemplo de inércia decisória. Lembra do tempo de atendimento (TA)? A empresa emitia um pedido de materiais (decisão) e esperava determinado número de dias para recebê-lo. Durante esse tempo de espera, efetivamente, nada podia ser feito (inércia), só com a chegada dos materiais é que a organização poderia considerar o pedido.

Veja outro exemplo sugerido por Slack *et al.* (2002): se a organização decidir expandir e instalar uma nova fábrica, só um bom tempo depois da decisão tomada é que a fábrica vai estar disponível e operante. Fica claro que a inércia decisória neste caso é maior que a compra de materiais.

Isso significa que, para que o gestor tome uma boa decisão, é necessário que ele tenha uma visão de futuro a mais clara possível, para que a decisão tomada hoje seja adequada não ao presente, mas ao momento futuro em que a decisão de fato for efetivada. Essa visão de futuro necessária vem exatamente dos modelos de previsão de demanda.

Assim, as previsões são necessárias para dar suporte ao processo de tomada de decisão na organização. Como diferentes decisões têm inércias decisórias diferentes (levam diferentes períodos de tempo para tomar efeito), previsões de diferentes horizontes são necessárias para um adequado suporte à decisão (**Figura 17.2**).

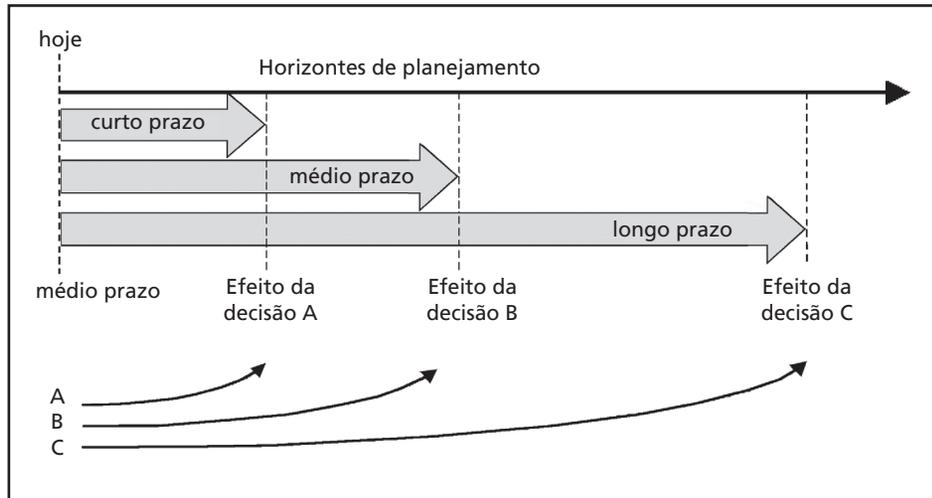


Figura 17.2: Horizontes diferentes de previsão de demanda.

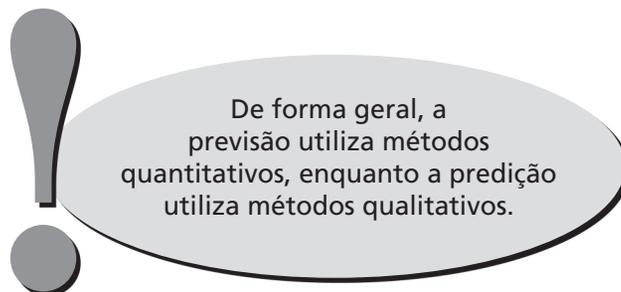
DIFERENÇA ENTRE PREVISÃO E PREDIÇÃO

As determinações do que se espera acontecer num certo horizonte de tempo com relação a certo fator podem ser classificadas como *previsões* ou *predições*.

As previsões estão mais relacionadas à projeção de dados passados no futuro; por isso, são mais aplicáveis quando se possuem dados históricos suficientes, que permitam uma descrição estatística do fator (demanda) considerado, e quando o ambiente que influencia esse fator apresenta características razoavelmente estáveis e conhecidas.

As predições se relacionam mais a situações novas e desconhecidas (com grandes incertezas), como, por exemplo, a predição de demanda de um novo produto; com isso torna-se necessária a utilização de informações de natureza subjetiva.

Portanto, enquanto a previsão procura projetar o passado no futuro, a predição procura estimar o comportamento futuro de determinado fator em face da mudança e de novos aspectos que influenciam de modo significativo esse comportamento.



MODELOS QUALITATIVOS

Os modelos qualitativos são usados quando não existem dados históricos ou quando estes são escassos. Tais modelos vêm encontrando crescente aplicação prática devido à alta customização dos produtos, o que resulta em séries históricas com poucos dados devido ao rápido ciclo de vida dos produtos e ao crescente lançamento de novos produtos no mercado.

Modelos qualitativos são baseados em opiniões de especialistas. Estes analisam situações similares, em conjunto com os dados existentes, para prever valores futuros de demanda. As técnicas mais difundidas de predição estão associadas à pesquisa de mercado, e incluem a utilização de grupos focados e técnicas de consenso. Das técnicas de consenso, a mais difundida é o método Delphi, introduzido na seqüência.

O método Delphi, criado em 1950 na Rand Corporation, é um método qualitativo que busca o consenso de opiniões em um grupo de especialistas. O método baseia-se no uso estruturado do conhecimento, experiência e criatividade dos participantes. A premissa básica é de que o julgamento coletivo, organizado adequadamente, é superior a opiniões individuais.

O método Delphi é, sem dúvida, o mais importante para prever o comportamento de um determinado produto. Mas não é o único. A Tabela 17.1 apresenta os métodos de predição e suas características.

Tabela 17.1: Métodos qualitativos (predição)

Método	Descrição	Horizonte	Custo
Equipes de vendas compostas	Os cálculos dos vendedores de campo são agregados	Curto a médio	Baixo a médio
Opinião dos executivos	Os gerentes de MKT, finanças, produção preparam uma previsão conjunta	Curto a longo	Baixo a médio
Analogia histórica	Previsão pela comparação com produto idêntico introduzido previamente	Curto a longo	Baixo a médio
Delphi	Receber respostas de peritos a uma série de perguntas e revisar os cálculos	Longo	Médio a alto
Pesquisa de mercado	Questionários e reuniões são usados para obter dados sobre o comportamento antecipado do consumidor	Médio a longo	Alto

MODELOS QUANTITATIVOS

Os métodos quantitativos são os métodos de previsão baseados em séries de dados históricos nas quais se procura, por meio de análises, identificar padrões de comportamento para que estes sejam, então, projetados para o futuro.

Segundo Corrêa e Corrêa (2004), uma série de dados histórica é uma seqüência de dados sobre determinada variável no mesmo período de tempo (dias, meses, anos). O uso de métodos quantitativos pressupõe que a previsão do futuro é baseada apenas nos dados do passado.

MODELO DE SÉRIES TEMPORAIS OU HISTÓRICAS

Uma série temporal de dados tem em geral três componentes principais: tendência, ciclicidade e aleatoriedade.

A *tendência* é a orientação para baixo ou para cima dos dados históricos. A *ciclicidade* é o padrão de variação dos dados de uma série que se repetem a cada determinado intervalo de tempo (chocolate na Páscoa e vendas de Natal são exemplos de ciclicidade). A *aleatoriedade* é a variação natural da série histórica devido a fatores diversos como economia, política governamental e vontade do consumidor, dentre outros. A **Figura 17.3** ilustra esses conceitos.

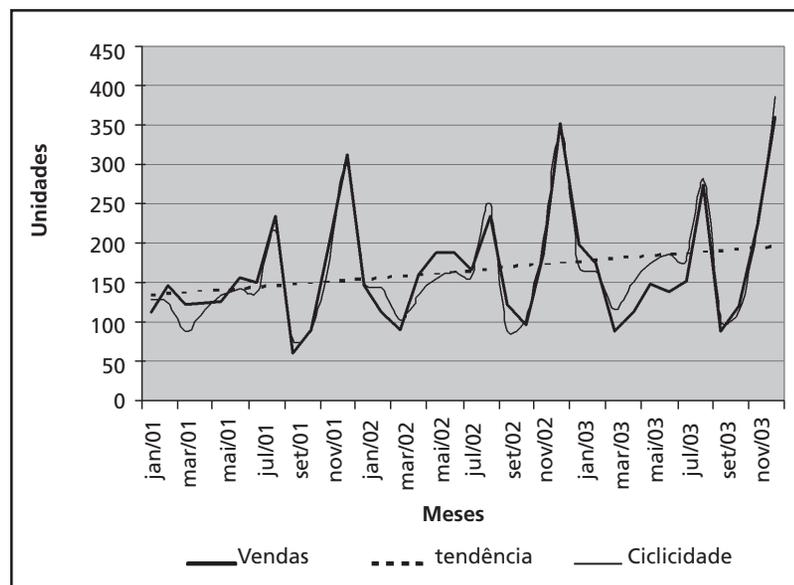


Figura 17.3: Série histórica de dados para as vendas de um produto.

A melhor maneira de entender o modelo de séries é recorrendo a um exemplo prático.

Exemplo 1

A empresa VendeTudo deseja fazer a previsão de vendas de um modelo de ventilador para o ano de 2004. Por já estar no mercado há mais de dez anos, a empresa tem um banco de dados com todas as séries temporais das vendas reais praticadas. A **Tabela 17.2** apresenta as vendas dos últimos três anos. Assuma que estamos no final de dezembro de 2003.

Tabela 17.2: Três últimos anos das vendas reais do ventilador da VendeTudo

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2001	1.400	1.500	1.300	1.200	1.000	850	750	950	1.000	1.100	1.200	1.350
2002	1.500	1.600	1.400	1.350	1.050	1.000	900	800	1.100	1.200	1.300	1.400
2003	1.600	1.700	1.400	1.300	1.000	1.000	900	800	1.000	1.100	1.200	1.500

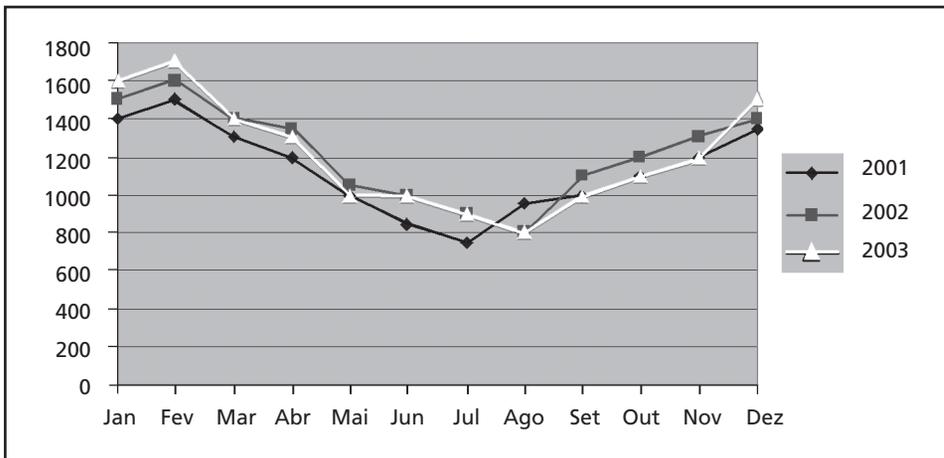


Figura 17.4: Gráfico das vendas reais do ventilador da VendeTudo.

Solução

• 1º passo: calcular o valor médio mensal em cada ano (somando os valores de cada mês/ano e dividindo por 12). Assim, temos, para o ano de 2001(A_{2001}):

$$A_{2001} = \left(\frac{1.400 + 1.500 + 1.300 + 1.200 + 1.000 + 850 + 750 + 950 + 1.000 + 1.100 + 1.200 + 1.350}{12} \right) = 1.133,33$$

Tabela 17.3: Valor médio mensal em cada ano da série histórica

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Soma	Média
2001	1.400	1.500	1.300	1.200	1.000	850	750	950	1.000	1.100	1.200	1.350	13.600	1.133,33
2002	1.500	1.600	1.400	1.350	1.050	1.000	900	800	1.100	1.200	1.300	1.400	14.600	1.216,67
2003	1600	1700	1400	1300	1000	1000	900	800	1000	1100	1200	1500	14.500	1.208,33

• 2º passo: calcular a variação mensal das vendas em relação ao valor médio mensal de cada ano. Para o ano de 2001, temos:

$$MedJan2001 = \left(\frac{VendasReais}{MédiaAnual} \right) \Leftrightarrow MedJan2001 = \left(\frac{1.400}{1.133,33} \right) = 1,235$$

$$MedFev2001 = \left(\frac{VendasReais}{MédiaAnual} \right) \Leftrightarrow MedFev2001 = \left(\frac{1.500}{1.133,33} \right) = 1,324$$

E assim sucessivamente. A **Tabela 17.4** mostra a variação mensal em cada ano. Este passo permite identificar os meses que ficam acima da média (valores maiores do que 1) e os meses que ficam abaixo da média (valores menores do que 1).

Tabela 17.4: Variação para mais e para menos das vendas em cada ano

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2001	1,235	1,324	1,147	1,059	0,882	0,750	0,662	0,838	0,882	0,971	1,059	1,191
2002	1,233	1,315	1,151	1,110	0,863	0,822	0,740	0,658	0,904	0,986	1,068	1,151
2003	1,324	1,407	1,159	1,076	0,828	0,828	0,745	0,662	0,828	0,910	0,993	1,241

• 3º passo: calcular a média total por mês. Somando os valores do mês em cada ano: janeiro (Jan2001 + Jan2002 + Jan2003), fevereiro (Fev2001 + Fev2002 + Fev2003) e dividindo pelo total de anos utilizado na série – neste exemplo, três anos (2001, 2002, 2003). O objetivo deste passo é tentar identificar um padrão médio de comportamento em cada mês ao longo dos anos. Logo, para o mês de janeiro:

$$MedJan = \left(\frac{MedJan2001 + MedJan2002 + MedJan2003}{3} \right)$$

$$MedJan = \left(\frac{1,235 + 1,233 + 1,324}{3} \right) = 1,264$$

Tabela 17.5: Comportamento médio de cada mês ao longo da série de dados

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2001	1,235	1,324	1,147	1,059	0,882	0,750	0,662	0,838	0,882	0,971	1,059	1,191
2002	1,233	1,315	1,151	1,110	0,863	0,822	0,740	0,658	0,904	0,986	1,068	1,151
2003	1,324	1,407	1,159	1,076	0,828	0,828	0,745	0,662	0,828	0,910	0,993	1,241
Total	3,792	4,046	3,456	3,244	2,573	2,400	2,146	2,158	2,614	2,867	3,120	3,583
Média	1,264	1,349	1,152	1,081	0,858	0,800	0,715	0,719	0,871	0,956	1,040	1,194

A linha da média destacada na **Tabela 17.5** permite concluir que, historicamente, o consumo do produto de janeiro a abril fica acima da média, com uma pequena tendência de queda. Em maio e junho a tendência de queda continua, e o consumo passa a ser abaixo da média em novembro. De julho a dezembro, o consumo aumenta e volta a ficar acima da média. Essas são as informações que o modelo de séries temporais oferece; é desnecessário dizer o quão importantes elas são.

4º passo: fazer a projeção para 2004.

Neste caso, suponha que a empresa pretende (estima) vender 15.000 ventiladores em 2004; com isso, a média de venda mensal estimada será igual a 1.250 unidades (15.000/12).

Para encontrar o valor de venda previsto em cada mês de 2004, basta multiplicar o índice que identifica o comportamento de cada mês (encontrado no terceiro passo) pelo valor mensal médio que a empresa espera vender (1.250).

Previsão (janeiro 2004) = $1,264 \times 1.250 = 1.580$ unidades.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média	1,264	1,349	1,152	1,081	0,858	0,800	0,715	0,719	0,871	0,956	1,040	1,194
Previsão	1.580	1.686	1.440	1.352	1.072	1.000	894	899	1.089	1.195	1.300	1.493

Atividade 1

Analise as séries temporais das vendas realizadas nos últimos três anos do perfume B240 (mostradas na tabela a seguir) e projete a demanda para o ano de 2007. A previsão é vender um total de 3.600 unidades em 2007. Assuma que estamos no final de 2006.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2004	230	240	220	450	480	250	300	250	150	320	320	180
2005	220	230	240	460	490	260	250	260	180	290	290	190
2006	250	230	240	430	470	250	280	260	200	310	320	220
2007												

Resposta Comentada

Vamos seguir os passos sugeridos pelo exemplo 1.

1º) Calcular o valor médio mensal em cada ano:

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Soma	Média
2004	230	240	220	450	480	250	300	250	150	320	320	180	3.390	282,5
2005	220	230	240	460	490	260	250	260	180	290	290	190	3.360	280,0
2006	250	230	240	430	470	250	280	260	200	310	320	220	3.460	288,3

2º) Calcular a variação mensal das vendas em relação ao valor médio mensal de cada ano:

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2004	0,81	0,85	0,78	1,59	1,70	0,88	1,06	0,88	0,53	1,13	1,13	0,64
2005	0,79	0,82	0,86	1,64	1,75	0,93	0,89	0,93	0,64	1,04	1,04	0,68
2006	0,87	0,80	0,83	1,49	1,63	0,87	0,97	0,90	0,69	1,08	1,11	0,76

3º) Calcular a média total por mês ao longo dos anos:

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2004	0,81	0,85	0,78	1,59	1,70	0,88	1,06	0,88	0,53	1,13	1,13	0,64
2005	0,79	0,82	0,86	1,64	1,75	0,93	0,89	0,93	0,64	1,04	1,04	0,68
2006	0,87	0,80	0,83	1,49	1,63	0,87	0,97	0,90	0,69	1,08	1,11	0,76
Soma	2,47	2,47	2,47	4,73	5,08	2,68	2,93	2,72	1,87	3,24	3,28	2,08
Média	0,82	0,82	0,82	1,58	1,69	0,89	0,98	0,91	0,62	1,08	1,09	0,69

4º) Fazer a projeção para 2007:

A estimativa é de 3.600 unidades vendidas em 2007. A estimativa mensal é de $3.600/12 = 300$ unidades. Multiplicando essa média pelos índices médios das séries, temos a previsão de vendas por mês do perfume B240:

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Previsão 2007	247	247	247	473	508	268	293	272	187	324	328	208

MODELOS DE MÉDIAS MÓVEIS

Os modelos de médias móveis consideram que a melhor estimativa do futuro é dada pela média de n últimos períodos. Podem-se usar médias móveis de três (MM3) períodos, de quatro (MM4) períodos ou mais.

	Vendas reais de copos	Média móvel de 3 períodos MM3
Janeiro	154	
Fevereiro	114	
Março	165	
Abril	152	$(154+114+165) / 3 = 114,3$
Mai	176	$(114+165+152) / 3 = 143,7$
Junho	134	$(165+152+176) / 3 = 164,3$
Julho	123	$(152+176+134) / 3 = 154,0$
Agosto	154	$(176+134+123) / 3 = 144,3$
Setembro	134	$(134+123+154) / 3 = 137,0$
Outubro	156	$(123+154+134) / 3 = 137,0$
Novembro	123	$(154+134+156) / 3 = 148,0$
Dezembro	145	$(134+156+123) / 3 = 137,0$

Figura 17.5: Exemplo de cálculo de média móvel, com venda de copos. (Adaptado de Corrêa e Corrêa, 2004.)

O cálculo de médias móveis, conforme descrito, assume que as médias consideradas são médias aritméticas simples (Figura 17.5), mas nada impede que se prefira usar uma média não-aritmética – uma média ponderada (Figura 17.6), por exemplo. Algumas empresas preferem atribuir pesos de ponderação maiores para períodos mais recentes, na crença de que um passado mais recente tem uma importância maior para o cálculo da média.

	Vendas reais de copos	Média móvel de 3 períodos ponderada com pesos 3, 2 e 1
Janeiro	154	
Fevereiro	114	
Março	165	
Abril	152	$[(1*154) + (2*114) + (3*165)] / 6 = 146,2$
Mai	176	$[(1*114) + (2*165) + (3*152)] / 6 = 150,0$
Junho	134	$[(1*165) + (2*152) + (3*176)] / 6 = 166,2$
Julho	123	$[(1*152) + (2*176) + (3*134)] / 3 = 151,0$
Agosto	154	$[(1*176) + (2*134) + (3*123)] / 6 = 135,5$
Setembro	134	$[(1*134) + (2*123) + (3*154)] / 6 = 140,3$
Outubro	156	$[(1*123) + (2*154) + (3*134)] / 6 = 138,8$
Novembro	123	$[(1*154) + (2*134) + (3*156)] / 6 = 148,3$
Dezembro	145	$[(1*134) + (2*156) + (3*123)] / 6 = 135,8$

Figura 17.6: Exemplo de cálculo de média ponderada, com os mesmos valores de vendas dos copos. (Adaptado de Corrêa e Corrêa, 2004.)

Exemplo 2

De acordo com os dados apresentados a seguir, é possível calcular a previsão para junho por meio da:

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai
Vendas reais	1.400	1.500	1.300	1.200	1.000

- Média móvel de três períodos (MM3);
- Média móvel de três períodos (MM4);
- Média móvel de três períodos ponderada (MMP3), pesos: 3, 2 e 1;
- Média móvel de quatro períodos ponderada (MMP4), pesos: 4, 3, 2 e 1.

Solução

- Calculando a MM3:

$$F_{jun} = \frac{A_{mai} + A_{abr} + A_{mar}}{3},$$

onde F é o valor da previsão e A é o valor das vendas reais. Assim, o valor da previsão para junho é o resultado da soma dos últimos três meses (maio, abril e março) dividido por três.

$$F_{jun} = \frac{1.000 + 1.200 + 1.300}{3} = 1.167 \text{ unidades}$$

b. Calculando a MM4:

$$F_{jun} = \frac{A_{mai} + A_{abr} + A_{mar} + A_{fev}}{4}$$

$$F_{jun} = \frac{1.000 + 1.200 + 1.300 + 1.500}{4} = 1.250 \text{ unidades}$$

c. Calculando MMP3, atribuindo pesos 3, 2 e 1:

$$F_{jun} = \frac{A_{mai} \times p3 + A_{abr} \times p2 + A_{mar} \times p1}{6},$$

onde F é o valor da previsão, A , o valor das vendas reais e p , o valor do peso atribuído pela empresa para dar graus de importância aos períodos anteriores mais recentes. Assim, o valor da previsão para junho é o resultado do somatório do produto entre as vendas reais e os respectivos pesos dos últimos três meses (maio, abril e março), dividido pela soma dos pesos.

$$F_{jun} = \frac{1.000 \times 3 + 1.200 \times 2 + 1.300 \times 1}{6} = 1.117 \text{ unidades}$$

d. Calculando a MMP4, atribuindo pesos 4, 3, 2 e 1:

$$F_{jun} = \frac{A_{mai} \times p4 + A_{abr} \times p3 + A_{mar} \times p2 + A_{fev} \times p1}{10}$$

$$F_{jun} = \frac{1.000 \times 4 + 1.200 \times 3 + 1.300 \times 2 + 1.500 \times 1}{10} = 1.120 \text{ unidades}$$

Atividade 2

Nos últimos três meses, as vendas reais de um gaveteiro plástico foram de 250 unidades para o mês de janeiro, 274 unidades para o mês de fevereiro e 235 unidades para o mês de março. Calcule a previsão de demanda para o mês de abril, utilizando o modelo de média móvel trimestral simples e ponderada (com os pesos 5, 3 e 1). Se a venda real no mês de abril for de 229 unidades, calcule a previsão para o mês de maio, utilizando o modelo de média móvel quadrimestral simples e ponderada (com os pesos 6, 3, 2 e 1).

Resposta Comentada

Previsão para abril aplicando o modelo MM3:

$$F_{abr} = \frac{250 + 274 + 235}{3} = 253 \text{ unidades}$$

Previsão para abril aplicando o modelo MMP3, pesos 5, 3 e 1:

$$F_{abr} = \frac{235 \times 5 + 274 \times 3 + 250}{9} = 250 \text{ unidades}$$

Previsão para maio aplicando o modelo MMP4:

$$F_{mai} = \frac{250 + 274 + 235 + 229}{4} = 247 \text{ unidades}$$

Previsão para maio aplicando o modelo MMP4, pesos 6, 3, 2 e 1:

$$F_{mai} = \frac{229 \times 6 + 235 \times 3 + 274 \times 2 + 250}{12} = 247 \text{ unidades}$$

MODELO DE SUAVIZAMENTO EXPONENCIAL

Um caso particular de médias ponderadas de dados passados, com peso de ponderação caindo exponencialmente quanto mais antigos foram os dados, é aquele resultante do uso da técnica de suavizamento exponencial (Figura 17.7). O modelo básico é:

$$F_t = [A_{t-1}]x(\alpha) + [(F_{t-1}) \times (1 - \alpha)]$$

Onde:

F_t é o valor da previsão que se deseja calcular;

F_{t-1} é o valor da previsão feita para o período anterior;

A_{t-1} é o valor da venda real no período anterior;
 α é um número entre 0 e 1. A escolha do valor de alfa depende das características da demanda; em geral, um alfa com valor alto é aplicado a demandas com muitas variações.

Repare que todos os modelos de previsão apresentados até o momento consideravam apenas os valores das vendas reais (A) para efeito de cálculo. O modelo de suavizamento exponencial, além de utilizar os valores das vendas, também considera a previsão feita no período anterior (F_{t-1}); isto ocorre porque o modelo tenta acompanhar as variações ocorridas nos valores das vendas reais, diferentemente dos modelos anteriores.

Vendas reais de copos	Suavizamento exponencial com alfa 0,1	Suavizamento exponencial com alfa 0,8
Janeiro	154	150
Fevereiro	114	150,4
Março	165	146,8
Abril	152	148,6
Maio	176	148,9
Junho	134	151,6
Julho	123	149,9
Agosto	154	147,2
Setembro	134	147,9
Outubro	156	146,5
Novembro	123	147,4
Dezembro	145	145,0

uma previsão (feita em dezembro)

Figura 17.7: Exemplo de previsões usando suavizamento exponencial, ainda com os valores de vendas de copos. (Adaptado de Corrêa e Corrêa, 2004.)

Observe a **Figura 17.8**; ela representa a plotagem das previsões calculadas na **Figura 17.7**, que utilizou diferentes valores para alfa (0,1 e 0,8). Quando se usa um alfa próximo de 0, a tendência é de que a previsão seja bastante “suavizada”, ou seja, que os efeitos das variações aleatórias fiquem atenuados na geração das previsões. Quando se utiliza um alfa próximo de 1, a previsão gerada fica mais “brusca”, com menos atenuação dos efeitos da aleatoriedade.

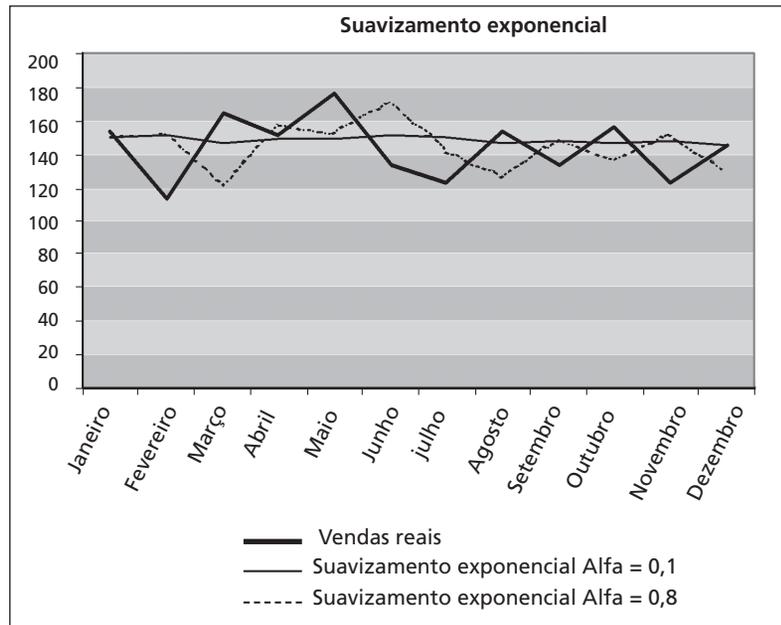


Figura 17.8: Gráfico das previsões feitas com alfa = 0,1 e alfa = 0,8. (Adaptado de Corrêa e Corrêa, 2004.)

Exemplo 3

Nosso objetivo é calcular a previsão para junho aplicando o modelo de suavizamento exponencial, usando alfa = 0,2 e alfa = 0,7.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai
Previsão	1.470	1.515	1.365	1.215	1.000
Real	1.450	1.530	1.350	1.210	1.050

Para alfa = 0,2:

$$F_t = [(A_{t-1}) \times (\alpha)] + [F_{t-1}] \times (1 - \alpha)$$

$$F_{jun} = [(A_{mai}) \times (0,2)] + [(F_{maio}) \times (1 - 0,2)]$$

$$F_{jun} = [(1.050) \times (0,2)] + [(1.000) \times (0,8)]$$

$$F_{jun} = 210 + 800$$

$$F_{jun} = 1.010 \text{ unidades}$$

Para $\alpha = 0,7$:

$$F_{jun} = [(A_{mai}) \times (0,7)] + [(F_{maio}) \times (1 - 0,7)]$$

$$F_{jun} = [(1.050) \times (0,7)] + [(1.000) \times (0,3)]$$

$$F_{jun} = 735 + 300$$

$$F_{jun} = 1.035 \text{ unidades}$$

Como era de se esperar, a previsão para $\alpha = 0,7$ é menos atenuada, sendo mais sensível à variação da demanda.

Atividade 3

A proprietária de uma empresa de locações de equipamentos precisa saber qual o volume de alugueis de impressoras para alguns de seus clientes principais para poder prever a quantidade de suprimentos que irão junto. Os dados das últimas dez semanas são:

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alugueis	26	28	30	26	27	22	26	24	20	23

Prepare uma previsão, usando suavizamento exponencial com $\alpha = 0,2$ para as semanas de 6 a 10, considerando que a previsão feita para a semana 5 seja de 21 alugueis.

$$F_t = [(A_{t-1}) \times (\alpha)] + [(F_{t-1}) \times (1 - \alpha)]$$

Resposta Comentada

Previsão para a semana 6:

$$F_6 = [(27) \times (0,2)] + [(21) \times (0,8)] = 22,2 \text{ unidades}$$

Previsão para a semana 7:

$$F_7 = [(22) \times (0,2)] + [(22,2) \times (0,8)] = 22,16 \text{ unidades}$$

Previsão para a semana 8:

$$F_8 = [(26) \times (0,2)] + [(22,16) \times (0,8)] = 22,92 \text{ unidades}$$

Previsão para a semana 9:

$$F_9 = [(24) \times (0,2)] + [(22,92) \times (0,8)] = 23,13 \text{ unidades}$$

Previsão para a semana 10:

$$F_{10} = [(20) \times (0,2)] + [(23,13) \times (0,8)] = 22,50 \text{ unidades}$$

Note que, com um valor de $\alpha = 0,2$, a previsão acompanha a variação dos alugueis, mesmo que de forma bem suave.

CONCLUSÃO

As previsões são uma parte essencial das funções de um gestor, porque orientam a produção, a capacidade produtiva e os sistemas de programação das ordens de fabricação, além de afetar o planejamento financeiro, as políticas de marketing e pessoal.

Mais que apenas prevista, a demanda das organizações também deve ser gerenciada. Os modelos matemáticos que você viu são utilizados como balizadores, como um valor provável, mas, por melhor que seja o modelo de previsão de demanda, a única certeza é de que ele estará errado; diferente disso, não seria previsão e sim adivinhação.

Outro ponto importante é que a empresa também pode criar ou modificar a demanda, tanto em termos de quantidade como de momento, através de atividades de marketing, promoções, propagandas, esforço de vendas, entre outros.

Atividades Finais

A empresa Ar Doce Ar, com sede em Nova Friburgo, fabrica aquecedores. Os valores das vendas reais dos últimos 12 meses são os seguintes:

Vendas reais de condicionadores de ar

Mês	Vendas	Mês	Vendas
Janeiro	88	Julho	101
Fevereiro	95	Agosto	96
Março	90	Setembro	90
Abril	93	Outubro	85
Maió	100	Novembro	93
Junho	105	Dezembro	100

1. Calcule a previsão para:

- maio e novembro pelo método de MM3;
- abril e agosto pelo método de MMP3, cujos pesos são 3, 2 e 1;
- junho e setembro pelo método de MMP4, cujos pesos são 0,5, 0,3, 0,2 e 0,1;
- outubro e dezembro pelo método de MM4.

2. Utilizando os dados das vendas reais mostrados na tabela 1 e as previsões feitas por você nos itens a e c do exercício anterior, elabore a previsão pelo método suavizamento exponencial para os períodos pedidos:

- junho e dezembro cujo α é igual a 0,10.
- junho e dezembro cujo α é igual a 0,40.
- julho e outubro cujo α é igual a 0,25.
- julho e outubro cujo α é igual a 0,80.

3. Faça uma comparação dos resultados obtidos na questão anterior entre os itens a e b e entre os itens c e d, verificando qual o valor de alfa mais eficiente.

Respostas Comentadas

1.a. Calculando a previsão para maio e novembro pelo método de MM3:

$$F_{MAI} \frac{93+90+95}{3} = 92,6 \text{ unidades} \quad F_{NOV} \frac{85+90+96}{3} = 90,3 \text{ unidades}$$

1.b. Calculando a previsão para abril e agosto pelo método de MMP3 cujos pesos são 3, 2 e 1:

$$F_{ABR} \frac{90 \times 3 + 95 \times 2 + 88}{6} = 91,3 \text{ unidades} \quad F_{AGO} \frac{96 \times 3 + 101 \times 2 + 105}{6} = 99,1 \text{ unidades}$$

1.c. Calculando a previsão para junho e setembro pelo método de MMP4 cujos pesos são 0,5, 0,3, 0,2 e 0,1.

$$F_{JUN} \frac{100 \times 0,5 + 93 \times 0,3 + 90 \times 0,2 + 95 \times 0,1}{1,1} = 95,8 \text{ unidades}$$

$$F_{SET} \frac{96 \times 0,5 + 101 \times 0,3 + 105 \times 0,2 + 100 \times 0,1}{1,1} = 99,3 \text{ unidades}$$

1.d. Calculando a previsão para outubro e dezembro pelo método de MM4:

$$F_{OUT} \frac{90+96+101+105}{4} = 98 \text{ unidades} \quad F_{DEZ} \frac{93+85+90+96}{4} = 91 \text{ unidades}$$

2.a. Calculando a previsão para junho e dezembro cujo α é igual a 0,10:

$$F_{JUN}[(100) \times (0,1)] + [(92,6) \times (0,9)] = 93,3 \text{ unidades}$$

$$F_{DEZ}[(93) \times (0,1)] + [(90,3) \times (0,9)] = 90,5 \text{ unidades}$$

2.b. Calculando a previsão para junho e dezembro cujo α é igual a 0,40:

$$F_{JUN}[(100) \times (0,4)] + [(92,6) \times (0,6)] = 95,5 \text{ unidades}$$

$$F_{DEZ}[(93) \times (0,4)] + [(90,3) \times (0,6)] = 91,3 \text{ unidades}$$

2.c. Calculando a previsão para julho e outubro cujo α é igual a 0,25.

$$F_{JUL}[(105) \times (0,25)] + [(95,8) \times (0,75)] = 98,1 \text{ unidades}$$

$$F_{OUT}[(90) \times (0,25)] + [(99,3) \times (0,75)] = 96,9 \text{ unidades}$$

2.d. Calculando a previsão para julho e outubro cujo α é igual a 0,80.

$$F_{JUL}[(105) \times (0,8)] + [(95,8) \times (0,2)] = 103,1 \text{ unidades}$$

$$F_{OUT}[(90) \times (0,8)] + [(99,3) \times (0,2)] = 91,8 \text{ unidades}$$

3. Antes de analisarmos os resultados, vamos montar uma tabela para facilitar a visualização dos dados.

Meses	Vendas reais	$\alpha = 0,1$	$\alpha = 0,4$
Junho	105	93,3	95,5
Dezembro	100	90,5	91,3

Para os meses de junho e dezembro, um alfa de 0,4 se mostrou mais eficiente, por fazer a previsão se aproximar mais do valor das vendas reais. Isso, conforme você viu nesta aula, ocorre porque os valores das vendas durante o ano apresentam uma variação significativa, fazendo com que o valor de alfa seja relativamente mais alto.

Meses	Vendas reais	$\alpha = 0,1$	$\alpha = 0,4$
Julho	101	98,1	103,1
Outubro	85	96,9	91,8

O mesmo acontece com os meses de julho e outubro: mais uma vez, o maior valor de alfa é que aproxima a previsão da venda real. Se durante o ano os valores fossem mais estáveis, um alfa próximo de zero seria mais adequado.

Para exercitar este modelo, tente experimentar outros valores para alfa e verifique o "melhor" para a empresa Ar Doce Ar. Lembre-se de que o valor de alfa deve estar entre 0 e 1.

RESUMO

Existe uma grande variedade de métodos de previsão de demanda, divididos em duas categorias: qualitativos e quantitativos. As abordagens qualitativas empregam critério, experiência, intuição e diversos outros fatores difíceis de serem quantificados, que geralmente são utilizados na predição de dados. As abordagens quantitativas usam dados históricos e relações causais para projetar demandas futuras. Nenhum método de previsão é perfeito sob todas as condições. E, mesmo quando a administração encontra uma técnica satisfatória, o profissional deve continuar monitorando e controlando o comportamento do consumo de seus produtos.

Esta aula apresentou alguns modelos quantitativos que, de forma simples, utilizam os valores das vendas reais para fazer uma projeção das vendas para o futuro. Os modelos de séries temporais e de médias móveis, basicamente, atuam nesse sentido já o modelo de suavizamento exponencial, além de fazer essa projeção, utiliza um fator (alfa) para suavizar o impacto da variação da demanda.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, você começará a estudar os planos de produção. Os planos de produção são, em essência, a forma com que a empresa consegue transformar as estimativas de vendas (previsão) em produtos acabados. Somando aos conceitos de estoque e de previsão, os planos de produção formam uma "massa" de conhecimentos indispensáveis para a gestão da produção.

Planejamento agregado

AULA 18

Metas da aula

Apresentar a importância estratégica dos planos de produção ao longo do horizonte de tempo; explicar o processo de formulação de estratégias que dirigem o planejamento agregado; definir o processo de fabricação por meio dos planos de produção.

Ao final do estudo desta aula, você deverá ser capaz de:

- identificar o método de tentativa e erro na elaboração do plano agregado;
- calcular os custos produtivos de um plano agregado;
- listar as principais estratégias utilizadas em um planejamento agregado;
- avaliar as estratégias que dirigem um plano agregado.

Pré-requisitos

Para melhor compreensão do conteúdo desta aula, você deverá recordar temas de aulas anteriores, como: a influência do planejamento da capacidade produtiva sobre os níveis de estoque da empresa (Aula 9); os conceitos básicos sobre os estoques (Aula 14); os modelos matemáticos de previsão de demanda (Aula 17).

INTRODUÇÃO

A partir desta aula, você estudará como a Gestão da Produção transforma a previsão de demanda (assunto tratado na Aula 17) em ordens de fabricação e, conseqüentemente, em produtos finais, gerenciando a capacidade produtiva e os estoques.

Em um sistema produtivo, na definição das metas e estratégias, faz-se necessário formular planos para atingi-las, administrar os recursos humanos sobre os recursos materiais e acompanhar esta ação, permitindo a correção de prováveis desvios. No conjunto de atribuições da função Produção, essas atividades são desenvolvidas pelo setor de Planejamento e Controle da Produção (PCP).

O PCP tem a responsabilidade específica de cuidar da fabricação dos produtos ou da prestação de serviços. Ele também é conhecido como Planejamento, Programação e Controle da Produção (PPCP).

Para atingir seus objetivos, o PCP administra informações vindas de diversas áreas da organização. Da Engenharia do Produto são necessárias informações contidas nas listas de materiais e desenhos técnicos; da Engenharia do Processo, os roteiros de fabricação e os *lead times* (tempos de fabricação); no Marketing buscam-se os planos de vendas e pedidos firmes, Compras informa as entradas e saídas dos materiais em estoque; dos Recursos Humanos são necessários os programas de treinamento; Finanças fornece o plano de investimentos e o fluxo de caixa, dentre outros relacionamentos.

Essas informações, oriundas de diversas funções da organização, permitindo o inter-relacionamento com a produção, formam o chamado planejamento estratégico.

A partir do planejamento estratégico o PCP elabora uma série de planos interdependentes ao longo de um horizonte de tempo que se inicia com um plano de longo prazo denominado planejamento agregado. Este plano, com o tempo, gera um plano de médio prazo chamado planejamento mestre, que, por sua vez, é convertido em um plano de curto prazo representado pelo planejamento das necessidades de materiais e, por fim, transforma-se em um plano de curtíssimo prazo – a programação da produção. Esse conjunto de planos relacionados e consecutivos forma a estrutura básica de qualquer processo produtivo; é chamado hierarquia do planejamento e controle da produção (**Figura 18.1**).

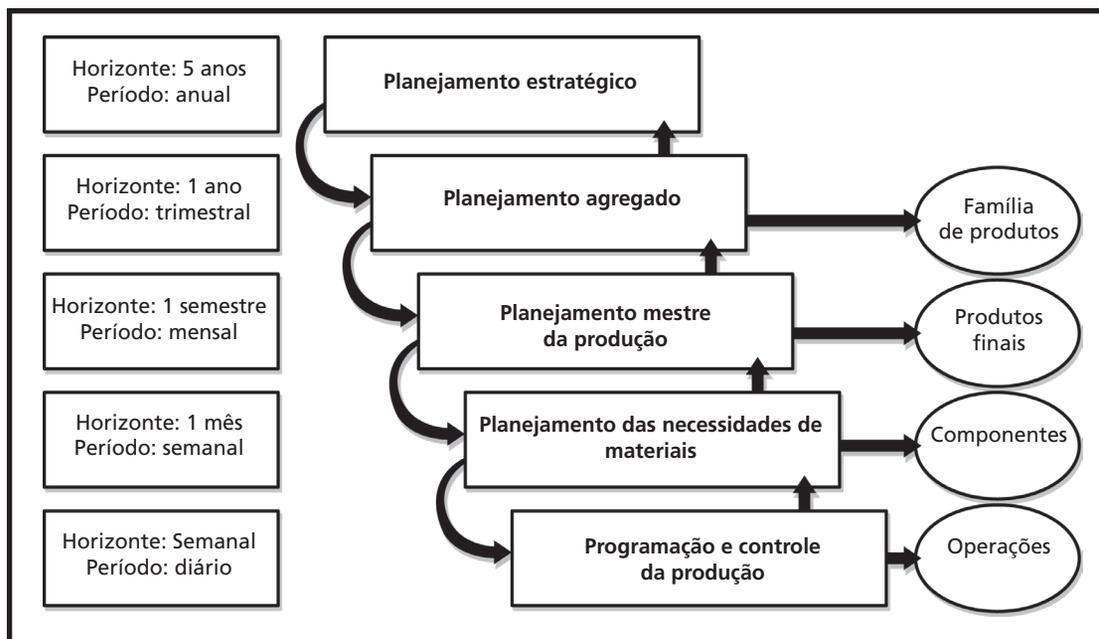


Figura 18.1: Hierarquia do PCP: o processo do planejamento da produção, que tem como principal referência o planejamento estratégico.

O planejamento estratégico, como o próprio nome diz, consiste em gerar condições estratégicas favoráveis para que a empresa possa decidir rapidamente perante as oportunidades e as ameaças, otimizando assim suas vantagens competitivas. Esse plano não faz parte do foco principal da área de produção, foi apenas citado para criar um ponto de partida.

Esta aula abordará o planejamento agregado da produção, apresentando os conceitos e práticas de elaboração de planos, de acordo com o comportamento da demanda e da capacidade da produção.

PLANEJAMENTO AGREGADO (PA)

Para Corrêa e Corrêa (2004), o planejamento agregado é um processo de planejar a quantidade a ser produzida, em longo prazo, por meio de ajustes da cadência (nível) de produção, da disponibilidade de mão-de-obra, de estoques e outras variáveis. O objetivo do PA é atender às demandas irregulares de mercado pela efetiva utilização dos recursos da empresa.

É evidente que as demandas nem sempre podem ser atendidas, e os planejadores devem balancear a variabilidade de demanda com a disponibilidade produtiva, geralmente mais estável.

Como você estudou na aula passada, as decisões levam tempo para serem efetivadas ou serem de fato operacionalizadas (lembra do conceito de inércia decisória?). O planejamento agregado utiliza a previsão de demanda para decidir sobre o futuro mais distante, com relação às decisões que consomem mais tempo para serem implementadas – decisões de longo prazo. (Por exemplo, decisões sobre acréscimos significativos de capacidade produtiva; instalação de novas fábricas; novos produtos e novos processos.)

Outro fator que devemos considerar é que quanto maior o horizonte da previsão maior será a incerteza, isto é, maior será a probabilidade de erro nos valores estimados, assim como temos menos incerteza do que acontecerá amanhã do que daqui a dois anos. O erro da previsão cresce à medida que o horizonte aumenta (Figura 18.2).

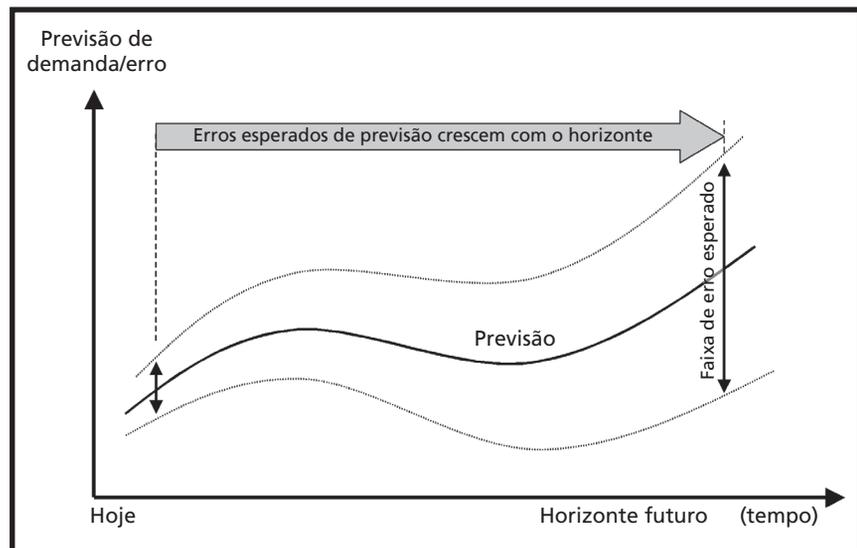


Figura 18.2: Aumento crescente do erro em relação ao horizonte de tempo.

Você deve estar se perguntando como operacionalizar então um plano de produção com informações tão inexatas, com um nível de incerteza tão grande. A resposta é: por meio do planejamento agregado da produção. Este plano agrupa as informações em famílias de produtos, sendo desnecessário fazer a previsão para cada produto final com um horizonte tão longo. Dessa forma, com a agregação de dados o erro da

previsão tende a ser reduzido (Figura 18.3). Portanto, o importante é saber, por exemplo, quantos sanduíches no total uma lanchonete vai vender daqui a dois anos, não qual sanduíche específico (*cheesebacon*, *cheesebúrguer* ou *hambúrguer*). É claro que essa preocupação com o produto final é relevante, mas para horizontes de tempo menores.

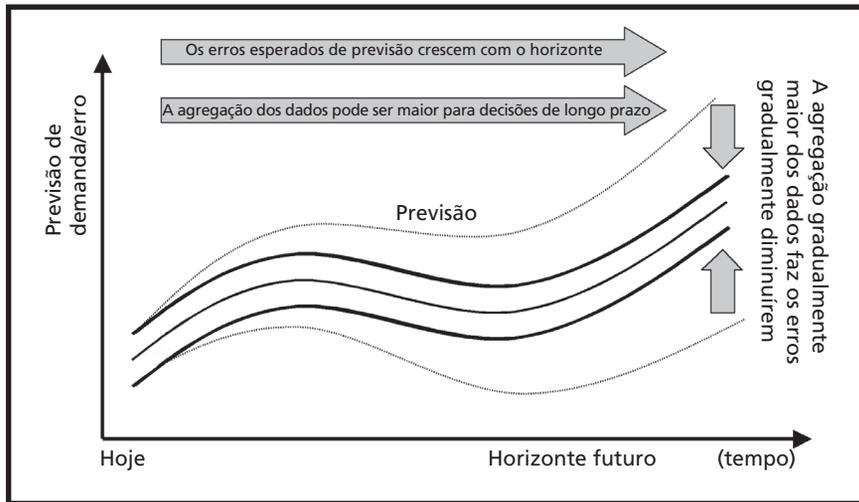


Figura 18.3: A agregação dos dados diminui os erros da previsão.

Esse efeito diminuidor do erro da previsão ocorre porque a agregação desconsidera as estimativas individuais; assim, um desvio para mais (valor real menor que o valor da demanda prevista) estimado para um produto final acaba sendo compensado por um desvio para menos (valor real maior que o valor da demanda prevista) estimado para outro produto final pertencente à mesma família de produtos. No exemplo da lanchonete, a falta de um sanduíche pode compensar a sobra de outro. O número total de sanduíches produzidos terá um percentual menor.

ESTRATÉGIAS ADOTADAS PELO PA

As estratégias do planejamento agregado são como diretrizes disponíveis aos planejadores da produção. Elas incluem tanto o uso de uma única estratégia (estratégia pura) como combinações delas (estratégia mista). As principais estratégias puras usadas nas atividades de fabricação são:

1. variação de tamanho de equipe de trabalho;
2. utilização de tempo ocioso e tempo extra;

3. variação dos níveis de estoque;
4. aceite de pedidos para atendimento futuro;
5. subcontratação ou tercerização;
6. variação de capacidade produtiva.

Cada estratégia proporciona à organização uma flexibilidade diferente como resposta à demanda incerta. Contudo, os benefícios devem ser comparados aos custos de compensação, que podem ser representados por custos de treinamento para as novas equipes de trabalho, de demissão, de horas extras, de transporte e de menor atendimento a clientes. A aceitação de pedidos para atendimento posterior pode resultar em perda de clientes, já que muitos não podem esperar.

Para determinar qual estratégia adotar (pura ou mista), uma das formas é tomar como base o custo total de cada uma delas. Algumas estratégias acompanham a demanda, sob pena de variar a força de trabalho (empregando, demitindo, com horas extras ou até subcontratando), gerando custos relativos à folha de pagamento; em compensação, os custos de estoque (armazenagem) e os custos de perda de clientes por falta são minimizados.

Segundo Slack *et al.* (2002), outras estratégias, inversamente, privilegiam um nível de produção e estoque constante, ou seja, minimizando a variação da força de trabalho, podendo gerar altos custos de estoque quando a demanda ficar abaixo do nível de produção. Na prática, uma estratégia mista tende a produzir uma melhor solução.

Segundo Tubino (1997), o PA visa minimizar os custos e maximizar os benefícios para os clientes; com isso, deve-se selecionar a estratégia que demande maior eficiência dos recursos produtivos.

Basicamente existem três grupos de estratégias. São elas:

a. *Estratégia de produção constante*: apresenta um ritmo constante, independentemente das variações previstas na demanda, permitindo a utilização mais eficiente dos recursos produtivos. O ponto negativo deste grupo de estratégias é que pode acarretar custos significativos de manutenção de estoques (Figura 18.4).

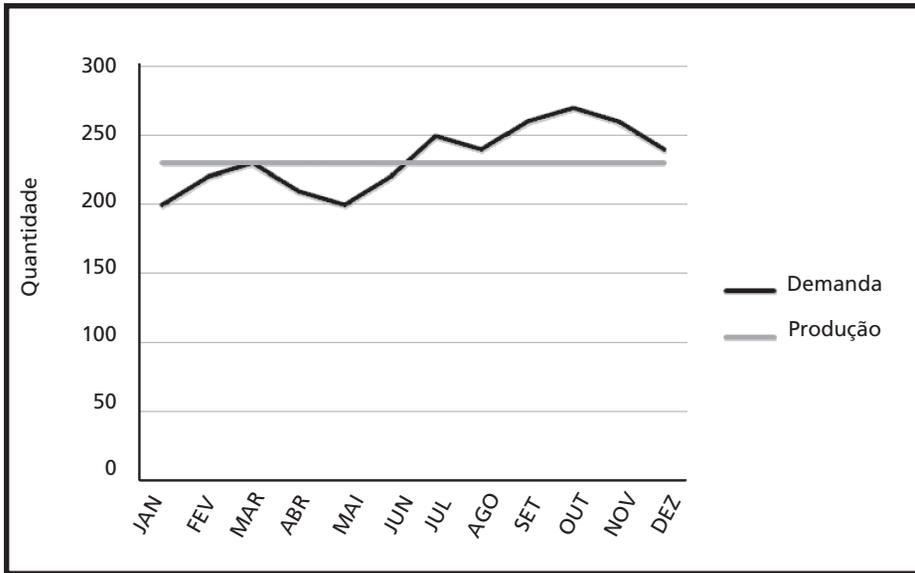


Figura 18.4: Estratégia de produção constante. Nos momentos em que a produção é maior que a demanda, formam-se estoques.

b. *Estratégia de acompanhamento da demanda:* mantém a taxa de produção casada com a demanda, ou seja, mantém um ritmo de produção acompanhando a demanda, evitando estoques pela flexibilização da produção. Esta é a alternativa mais viável para sistemas produtivos que exigem a presença do consumidor no momento da execução ou tenham variação significativa da demanda. Conseqüentemente, os níveis de produção variáveis acarretam custos altos de contratação e demissão da mão-de-obra, horas extras e subcontratações, entre outros (Figura 18.5).

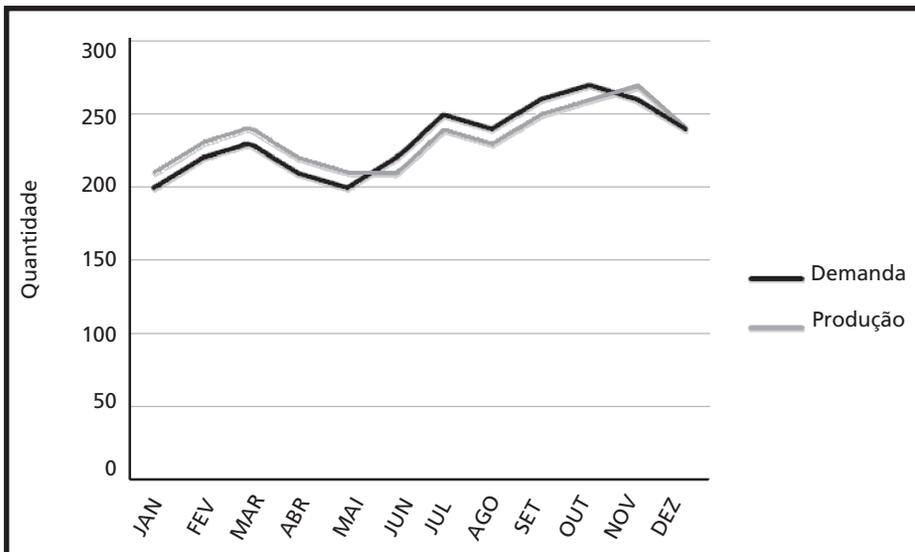


Figura 18.5: Estratégia de acompanhamento da demanda. A tendência é de serem linhas paralelas.

c. *Estratégia mista*: varia a taxa de produção em patamares, consistindo na combinação das anteriores, buscando acompanhar a demanda por meio da alteração da taxa de produção em patamares de tempo que permitam certo ritmo de produção e redução dos níveis de estoque (Figura 18.6).

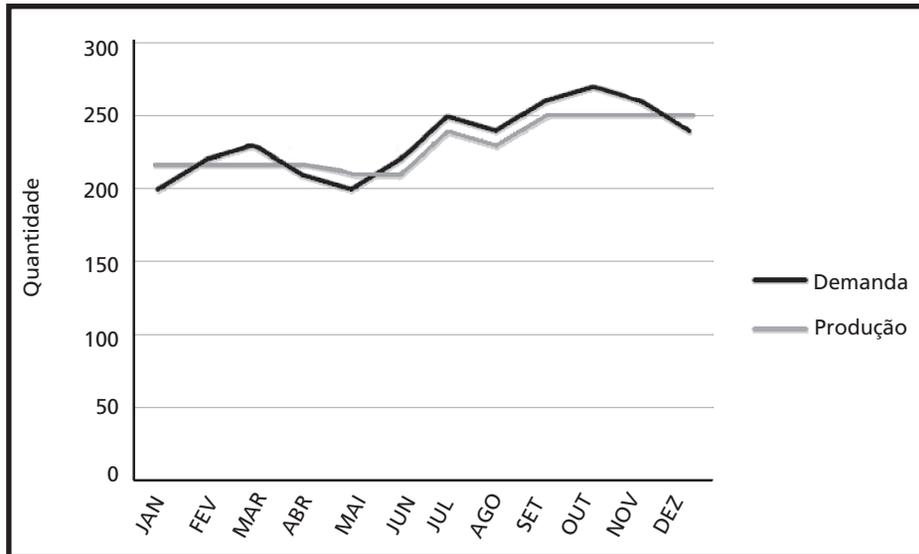


Figura 18.6: Estratégia mista.

ELABORANDO O PLANEJAMENTO AGREGADO

O planejamento agregado necessita de informações para ser operacionalizado, e um dos primeiros passos é reunir essas informações que serão úteis para o estabelecimento da estratégia a ser utilizada pela produção (Tabela 18.1).

Tabela 18.1: Informações necessárias para o planejamento agregado

Informações	Descrição
Recursos	Equipamentos, instalações, força de trabalho, taxa de produção
Previsão de demanda	Demanda prevista para os produtos
Políticas alternativas	Subcontratação, horas extras, postergações de pedidos, estoques
Dados de custos	Produção normal, armazenagem, subcontratações, horas extras

Na preparação do PA, várias técnicas podem ser utilizadas, sendo, em geral, classificadas em técnicas matemáticas (modelos de programação linear) e técnicas de tentativa e erro (utilizadas nos exemplos a seguir).

Os passos necessários para gerar o PA podem ser divididos em nove etapas. São elas:

1. agrupar os produtos afins (em famílias);
2. estabelecer o horizonte e os períodos de tempo a serem incluídos no plano agregado;
3. determinar a previsão de demanda desses produtos para os períodos, no horizonte de planejamento;
4. determinar a capacidade de produção pretendida por período, para cada alternativa disponível (turno normal, turno extra, subcontratação etc.);
5. definir políticas de produção e estoques que balizarão o plano (manter taxa de estoque de segurança, não atrasar entregas e buscar estabilidade para mão-de-obra por pelo menos seis meses);
6. determinar os custos de cada alternativa de produção disponível;
7. desenvolver planos de produção alternativos e calcular os custos decorrentes;
8. analisar as restrições de capacidade produtiva;
9. eleger o plano mais viável estrategicamente.

EXEMPLO PRÁTICO DA APLICAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS

A empresa TechNew produz dispositivos para o motor de impressoras de jato de tinta. Ela deseja desenvolver um plano agregado de produção para um horizonte de dois anos com períodos de replanejamento trimestrais. Os dados de estoque, previsão de demanda e custos são apresentados na **Tabela 18.2**.

Tabela 18.2: Dados da techNew

Período	1° Trim.	2° Trim.	3° Trim.	4° Trim.	5° Trim.	6° Trim.	7° Trim.	8° Trim.	TOTAL
Demanda	200	200	200	300	400	300	200	200	2000
Estoque inicial	50	Custo de estocagem R\$/unidade/trimestre							
Custos produtivos (R\$/unid.)	2								
Turno normal	4	Custo de atraso R\$/unidade/trimestre.							
Turno extra	6	20							
Subcontratação	10								

Vamos então desenvolver planos agregados com estratégias diferentes e comparar o resultado final, elegendo se possível a solução mais adequada em termos de custos de produção.

Analisemos antes os dados do exemplo.

- a demanda constitui-se de valores estimados por algum modelo quantitativo e qualitativo de previsão (Aula 17). Esses valores representam o quanto a empresa espera vender daqui a dois anos;
- o estoque inicial é a quantidade que se estima ter em estoque antes de elaborar o plano propriamente dito; os custos de estocagem representam o custo unitário em se manter o dispositivo armazenado por trimestre;
- os custos produtivos envolvem os custos diretos de produção; são os custos de produzir um dispositivo por trimestre. O turno normal representa a produção dentro do horário de funcionamento da fábrica. O turno extra indica a necessidade de se produzir depois do turno normal de trabalho, acarretando um custo maior devido ao pagamento de horas extras. A subcontratação é um recurso utilizado para aumentar a capacidade produtiva, comprando de terceiros o produto final ou semi-acabado, gerando mais um aumento nos custos produtivos;

- o custo de atraso representa o custo de não entregar a mercadoria no prazo, gerando insatisfação ou até mesmo perda do cliente. Esse custo é um dos mais altos, porque envolve retrabalho, campanhas para reconquistar clientes e marketing.

Na primeira alternativa a ser analisada (Tabela 18.3), vamos supor que a estratégia adotada seja manter a capacidade produtiva constante de 250 unidades (média da demanda, quando possível) por trimestre e utilizar os estoques para absorver as variações da demanda. Nesta primeira alternativa de plano, vamos admitir atrasos e transferências de entrega para os períodos seguintes.

Tabela 18.3: Alternativa 1 – Capacidade produtiva constante

Período	1º Trim.	2º Trim.	3º Trim.	4º Trim.	5º Trim.	6º Trim.	7º Trim.	8º Trim.	TOTAL
Demanda	200	200	200	300	400	300	200	200	2.000
PRODUÇÃO em unidades									
Normal	250	250	250	250	250	250	250	250	2000
Horas ext.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Subcontra.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESTOQUES em unidades									
Inicial	50	100	150	200	150	0	0	0	
Final	100	150	200	150	0	0	0	50	
Médio	75	125	175	175	75	0	0	25	650
Atraso	0	0	0	0	0	50	0	0	50
CUSTOS PRODUTIVOS em R\$									
Normal	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	8.000
Extra	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Subcontra.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CUSTOS DE ESTOCAGEM em R\$									
Estoque	150	250	350	350	150	0	0	50	1.300
CUSTOS DE ATRASOS em R\$									
Atrasos	0	0	0	0	0	1000	0	0	1.000
TOTAL DA ALTERNATIVA 1 (R\$)									
10.300,00									

A dinâmica de cálculo é muito simples: para o primeiro trimestre a demanda prevista é de 200 unidades e a empresa produziu 250 unidades (seguindo sua estratégia); logo, teremos uma sobra de 50 unidades, que, somadas às 50 unidades do estoque inicial, fecha o estoque com 100 unidades. Este valor representa o estoque inicial do trimestre seguinte, e o processo se repete até o quarto trimestre.

No quarto trimestre, a demanda prevista supera a produção em 50 unidades. Isso não gera inconveniente algum, porque a empresa pode utilizar o estoque para cobrir esta deficiência. Assim, o estoque passa a ter 150 unidades.

O problema mais grave ocorre no sexto trimestre, pois a demanda supera a produção em 50 unidades e o estoque da empresa está zerado; conseqüentemente, a empresa deixa de atender seus clientes neste período. Mesmo atendendo no trimestre seguinte, o risco desta operação é muito alto; nem todas as empresas conseguem negociar satisfatoriamente, sem maiores prejuízos com seus clientes.

Como você pôde verificar na **Tabela 18.3**, a alternativa 1 do plano de produção apresenta um custo total de R\$ 10.300,00, sendo:

R\$ 8.000,00 referentes à produção em regime normal das 2.000 unidades (2.000 unidades x R\$ 4,00);

R\$ 1.300,00 de custos de armazenagem do estoque médio de 650 unidades (650 unidades x R\$ 2,00). Repare que o cálculo do valor do estoque é feito pelo valor médio $E_{médio} = (E_{inicial} + E_{final}) / 2$.

E R\$ 1.000,00 pelo atraso de entregas, no sexto trimestre, de 50 unidades (50 unidades x R\$ 20,00).

Na segunda alternativa (**Tabela 18.4**), vamos admitir a introdução de turnos extras de até 40 unidades por trimestre, um ritmo de produção normal de 230 unidades e a possibilidade de atrasar e entregar pedidos nos períodos seguintes.

Tabela 18.4: Alternativa 2 (variando a força de trabalho com horas extras)

Período	1º Trim.	2º Trim.	3º Trim.	4º Trim.	5º Trim.	6º Trim.	7º Trim.	8º Trim.	TOTAL
Demanda	200	200	200	300	400	300	200	200	2.000
PRODUÇÃO em unidades									
Normal	230	230	230	230	230	230	230	230	1.840
Horas ext.	0	0	20	40	40	40	0	0	140
Subcontra.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESTOQUES em unidades									
Inicial	50	80	110	160	130	0	0	0	
Final	80	110	160	130	0	0	0	30	
Médio	65	95	135	145	65	0	0	15	520
Atraso	0	0	0	0	0	30	0	0	30
CUSTOS PRODUTIVOS em R\$									
Normal	920	920	920	920	920	920	920	920	7.360
Extra	0	0	120	240	240	240	0	0	840
Subcontra.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CUSTOS DE ESTOCAGEM em R\$									
Estoque	130	190	270	290	130	0	0	30	1.040
CUSTOS DE ATRASOS em R\$									
Atrasos	0	0	0	0	0	600	0	0	600
TOTAL DA ALTERNATIVA 2 (R\$) 9.840,00									

Analisando a Tabela 18.4, a alternativa 2 do plano de produção com a inclusão de turnos extras apresenta um custo total de R\$ 9.840,00, inferior ao da alternativa 1. Desse total:

R\$ 7.360,00 são referentes à produção em regime normal das 1.840 unidades;

R\$ 840,00 de custos de horas extras para produzir 140 unidades, R\$ 1.040,00 de custos de armazenagem do estoque médio de 520 unidades e R\$ 600,00 devidos ao atraso de entrega, no sexto trimestre, de 30 unidades por trimestre.

Podemos concluir que a alternativa 2 apresentou-se mais viável, em termos de custos produtivos, porque gerará uma economia de R\$ 460,00 para a empresa. Apesar de ter uma produção mais cara (por utilizar horas extras), conseguiu reduzir a quantidade em atraso de 50 para 30 unidades e o nível de estoque ao final do horizonte de tempo.

Estas são apenas duas das várias alternativas passíveis de serem desenvolvidas. Poderíamos analisar a ampliação da fábrica a partir do quarto trimestre, ou obrigar o plano a manter um estoque mínimo de segurança de 50 unidades. Com a utilização de método de análise de tentativa e erro, quanto mais alternativas forem testadas, mais provavelmente uma alternativa parecerá melhor matematicamente.

Existem modelos matemáticos que geram automaticamente o melhor plano de produção em relação a um determinado conjunto de restrições. Esses modelos são uma alternativa ao método de tentativa e erro, que, didaticamente, é um exercício interessante para acumular conhecimentos da dinâmica do chão-de-fábrica.

Atividade 1

Uma fábrica de tampas para canetas precisa elaborar um plano de produção agregado. Os dados são apresentados na tabela a seguir.

Dados sobre a produção de tampas para canetas

Período	1° Trim.	2° Trim.	3° Trim.	4° Trim.	TOTAL
Demanda	900	1.300	1.000	1.500	4.700 unidades

Estoque Inicial	300 unid.	Custo de estocagem R\$/unidades/trimestre
Custos Produtivos (R\$/unidade)		4,00
Turno normal	6,00	
Turno extra	12,00	Custo de atrasos R\$/unidades/trimestre
Subcontratação	40,00	100,00

Observações:

- A capacidade máxima do turno normal de produção é de 1.200 unidades/trimestre.
- O turno extra pode ser de no máximo de 10% da capacidade máxima do turno normal de produção por trimestre.
- A subcontratação máxima é de 20% da capacidade máxima do turno normal de produção por trimestre.

A partir desses dados, atenda ao que é pedido.

a. Elaborar um plano de produção com a seguinte política estratégica:

- manter a capacidade constante do turno normal;
- deixar no máximo 50 unidades no último trimestre em estoque;
- atender 100% da demanda;
- não ter mais de 10% de subcapacidade (produzir abaixo da capacidade normal de produção); caso ocorra, resultará em um custo de R\$ 5,00 por unidade/trimestre.

b. Elaborar um plano de produção com a seguinte política estratégica:

- variar a capacidade de produção normal em no máximo +8% e 5%;
- zerar o estoque ao longo do horizonte;
- atender 110% da demanda;
- até 5% de atraso (capacidade normal por trimestre) não implica custos, devido a acordos contratuais.

c. Eleger a melhor estratégia para a fábrica.

Período	1° Tri	2° Tri	3° Tri	4° Tri	TOTAL
Demanda					
PRODUÇÃO em unidades					
Normal					
Horas extras					
Subcontra					
ESTOQUE em unidades					
Inicial					
Final					
Médio					
Ociosidade					
Atraso					
CUSTOS PRODUTIVOS em R\$					
Normal					
Extra					
Subcontra.					
Ociosidade					
Estoque					
CUSTOS DE ATRASOS em R\$					
Atrasos					

Respostas Comentadas

a. Antes de elaborar o plano agregado com a política sugerida, vale a pena realizar algumas análises.

O total da demanda é de 4.700 unidades; o total produzido nesse ano será de 4.800 unidades (1.200×4); logo, se a produção trabalhar no máximo, superará a demanda.

O problema é que, com isso, não será utilizado o estoque. Segundo a política, tem-se de deixar um máximo de 50 unidades em estoque ao final do 4º trimestre, ou seja, a empresa tem de consumir 250 unidades até o final do ano (300 unidades do estoque inicial menos as 50 que devem permanecer estocadas).

A solução é usar a subcapacidade permitida. Em vez de trabalhar com 1.200 unidades, vamos produzir menos para que, gradativamente, se consumam os estoques, lembrando de não ultrapassar a faixa de 10% imposta pela política.

Assim, teremos: 4.700 unidades a serem atendidas menos 250 unidades de estoque a serem consumidas. Logo, produziremos 4.450 unidades em quatro trimestres, ou aproximadamente 1.112 unidades/trimestre. Note que esse valor é inferior ao teto de subcapacidade estabelecido, já que corresponde a 7,25%.

Agora que sabemos quanto produzir por trimestre, vamos ao cálculo do custo total da política em questão.

Período	1º Tri	2º Tri	3º Tri	4º Tri	TOTAL
Demanda	900	1.300	1.000	1.500	4.700
PRODUÇÃO em unidades					
Normal	1.112	1.112	1.112	1.112	4.448
Horas extras	0	0	0	0	0
Subcontra.	0	0	0	0	0
ESTOQUE em unidades					
Inicial	300	512	324	436	—
Final	512	324	436	48	—
Médio	406	418	380	242	1.446
Ociosidade	0	0	0	0	0
Atraso	0	0	0	0	0
CUSTOS PRODUTIVOS em R\$					
Normal	6.672	6.672	6.672	6.672	26.688
Extra	0	0	0	0	0
Subcontra.	0	0	0	0	0
Ociosidade	0	0	0	0	0
Estoque	1.624	1.672	1.520	968	5.784
CUSTOS DE ATRASOS em R\$					
Atrasos	0	0	0	0	0
Política 1 (R\$) 32.472,00					

O custo total da política 1 é de R\$ 32.472,00. Repare que mantivemos a capacidade constante em 1.112 unidades/trimestre, consumimos 252 unidades do estoque (para deixar no máximo 50 unidades) e utilizamos 7,25% de subcapacidade, não gerando custos desnecessários.

b. Da mesma forma, vamos fazer algumas análises.

Nesta política, podemos variar a capacidade no turno normal, então podemos produzir até no máximo 1.296 unidades (+8%) e até no mínimo 1.140 unidades (-5%).

Temos de preparar a produção para produzir 10% acima da demanda, totalizando 5.170 unidades.

Consumiremos todas as 300 unidades em estoque e ainda poderemos deixar de entregar 5% ou 60 unidades por trimestre, sem custos adicionais.

Vamos então montar o plano de produção respeitando estas restrições.

Período	1° Tri	2° Tri	3° Tri	4° Tri	TOTAL
Demanda	990	1430	1100	1650	5.170
PRODUÇÃO em unidades					
Normal	1140	1296	1100	1274	4.810
Horas extras	0	0	0	0	0
Subcontra.	0	0	0	0	0
ESTOQUE em unidades					
Inicial	300	450	316	316	—
Final	450	316	316	0	—
Médio	375	383	316	158	1.232
Ociosidade	0	0	0	0	0
Atraso	0	0	0	60	60
CUSTOS PRODUTIVOS em R\$					
Normal	6.840	7.776	6.600	7.644	28.860
Extra	0	0	0	0	0
Subcontra.	0	0	0	0	0
Ociosidade	0	0	0	0	0
Estoque	1.500	1.532	1.264	632	4.928
CUSTOS DE ATRASOS em R\$					
Atrasos	0	0	0	6.000	Não considerado
Política 2 R\$ 33.788,00					

A política 2 totalizou R\$ 33.788,00. A capacidade produtiva variou entre 1.140 e 1.296 unidades para atender uma demanda de 5.710 unidades, consumimos todas as 300 unidades em estoque e deixamos de atender 60 unidades sem custos adicionais.

c. Em termos de custos, a melhor política é a de número 1, pois permite uma economia de R\$ 1.116,00, mas na realidade das empresas somente a análise de custos não é suficiente; algumas vezes uma estratégia mais cara pode trazer uma vantagem competitiva maior em longo prazo.

Atividade 2

Utilizando os dados da Atividade 1, tente formular outras estratégias que diminuam os custos totais de produção.

Período	1° Tri	2° Tri	3° Tri	4° Tri	TOTAL
Demanda					
PRODUÇÃO em unidades					
Normal					
Horas extras					
Subcontra.					
ESTOQUE em unidades					
Inicial					
Final					
Médio					
Ociosidade					
Atraso					
CUSTOS PRODUTIVOS em R\$					
Normal					
Extra					
Subcontra.					
Ociosidade					
Estoque					
CUSTOS DE ATRASOS em R\$					
Atrasos					

CONCLUSÃO

Em empresas com grande variedade de produtos, agrupam-se os produtos em famílias para facilitar a previsão, no sentido de reduzir o erro. A demanda para essas famílias é denominada demanda agregada.

O planejamento agregado compatibiliza os recursos necessários com a demanda sem deixar de atender o cliente e mantém os custos produtivos baixos.

Para reduzir os custos produtivos, a estratégia utilizada para dirigir o PA deve evitar a utilização da capacidade extra ou subcontratação, tentando minimizar os níveis de estoque e evitando, também, gerar atrasos, que, além de muito caros, podem acarretar perda de clientes.

Dado o perfil da demanda agregada, existem vários planos que podem atendê-la. A escolha deve levar em consideração os custos de cada plano e os objetivos e estratégias da organização, pois, de acordo com eles, nem sempre o melhor plano é o menos custoso.

Atividade Final

A empresa Cafufo Ltda. produz e comercializa vários produtos, dos quais três representam em conjunto 90% do faturamento. A empresa trabalha com um horizonte de um ano e meio, com períodos trimestrais de planejamento. Para tal, estima a demanda agregada dos três produtos, que basicamente requerem os mesmos insumos produtivos. A partir das informações a seguir e da projeção de demanda agregada, elabore um plano de produção viável para esse período, calculando os custos totais de produção.

	1° Trim.	2° Trim.	3° Trim.	4° Trim.	5° Trim.	6° Trim.
Demanda (unidades)	1.100	980	1.200	1.200	1.080	940

Descrição dos custos	R\$/unidades/trimestre	Outras informações	
Manutenção de estoques	0,50	Capacidade de produção máxima	1.050 unidades/trimestre.
Produção normal	5,00	Estoque inicial	300 unidades/trimestre.
Produção hora extra	6,50	Máximo de utilização de horas extras	20% Cap. máxima
Subcontratação	50,00	Máximo de utilização de terceiros	25% Cap. máxima
Ociosidade	20,00	Capacidade de produção mínima	950 unidades/trimestre.

Restrições do plano agregado:

- capacidade constante entre 950 e 1050 unidades/trimestre;
- atender toda a demanda;
- deixar um mínimo de 50 unidades no último trimestre;
- o plano para ser viável *não* pode exceder custo total R\$ 32.050,00.

Período	1° Trim	2° Trim	3° Trim	4° Trim	5° Trim	6° Trim	TOTAL
Demanda (unidades)							
PRODUÇÃO em unidades							
Normal							
Horas extras							
Subcontratação							
ESTOQUE em unidades							
Inicial							
Final							
Médio							
Ociosidade							
Atraso							
CUSTOS PRODUTIVOS em R\$							
Normal							
Extra							
Subcontratação							
Ociosidade							
Estoque							
CUSTOS DE ATRASOS em R\$							
Atrasos							

Para realizar simulações desse plano de produção, entre na plataforma CEDERJ com seu login e senha e selecione a disciplina Gestão da Produção. Clique sobre a planilha em branco, na aba Exercícios e complementos.

Período	1º Trim	2º Trim	3º Trim	4º Trim	5º Trim	6º Trim	TOTAL
Demanda (unidades)	1.100	980	1.200	1.200	1.080	940	6.500
PRODUÇÃO em unidades							
Normal	1.019	1.019	1.019	1.019	1.019	1.019	6.114
Horas extras	0	0	0	104	61	0	165
Subcontratação	0	0	0	0			0
ESTOQUE em unidades							
Inicial	300	219	258	77	0	0	—
Final	219	258	77	0	0	79	—
Médio	259,5	238,5	167,5	38,5	0	39,5	744
Ociosidade	0	0	0	0	0	0	0
Atraso	0	0	0	0	0	0	0
CUSTOS PRODUTIVOS em R\$							
Normal	5.095	5.095	5.095	5.095	5.095	5.095	30.570
Extra	0	0	0	676	396,50	0	1.073
Subcontratação	0	0	0	0	0	0	0
Ociosidade	0	0	0	0	0	0	0
Estoque	129,75	119,25	83,75	19,25	0	19,75	372
CUSTOS DE ATRASOS em R\$							
Atrasos	0	0	0	0	0	0	0
R\$ 32.014,25							

Resposta Comentada

A idéia utilizada para elaborar o plano foi manter uma produção constante de 1.119 unidades por trimestre, pois este valor respeita a restrição sobre manter um estoque final maior que 50 unidades, ao mesmo tempo que não onera demasiadamente os custos produtivos, mesmo tendo de lançar mão de horas extras. Se se aumentar a produção no turno normal, reduz-se a utilização de horas extras, mas o nível de estoque é aumentado.

Uma das funções da Gestão da Produção é a transformação de estimativas de vendas em ordens de produção. Ela faz isso por intermédio de um setor chamado Planejamento e Controle da Produção (PCP).

Para realizar simulações desse plano de produção, entre na plataforma CEDERJ; com seu login e senha, selecione a disciplina Gestão da Produção. Clique sobre a planilha em branco, na aba Exercício e complementos.

O PCP utiliza uma série de planos de produção que, por meio de um processo de replanejamento contínuo, atende a demanda de seus clientes, considerando a capacidade produtiva e o nível de estoque.

Esta aula abordou o planejamento agregado, que é um plano de longo prazo que trata da produção de produtos em famílias e é dirigido pelo planejamento estratégico da organização.

O PA pode ser formulado por meio de modelos matemáticos e do modelo de tentativa e erro, implementando de três tipos básicos de estratégias: a de capacidade de produção constante; a de acompanhamento de demanda e uma estratégia mista.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, você verá o planejamento mestre da produção, que é um plano de médio prazo que, de forma simples, desagrega as informações do planejamento agregado, ou seja, passa a lidar com o produto final propriamente dito, em vez de com famílias de produtos.

SITE RECOMENDADO

- <http://www.densis.fee.unicamp.br/~franca/tematico/welcome.html>. Este site é dedicado ao planejamento e controle da produção em sistemas de manufatura de uma das mais renomadas universidades brasileiras; vale conferir. É um grupo de pesquisa que tem como objetivo central o desenvolvimento de ferramentas computacionais que auxiliem as tarefas de planejamento e controle da produção em sistemas de manufatura.

Planejamento mestre da produção

AULA 19

Metas da aula

Apresentar o plano de médio prazo que permite à empresa transformar famílias de produtos em produtos individualizados; explicar o processo de conversão do planejamento agregado em plano mestre de produção; definir os fatores de desagregação utilizados pela organização para adequar seus produtos à demanda.

Ao final do estudo desta aula, você deverá ser capaz de:

- 1 identificar o método de tentativa e erro na elaboração do plano mestre;
- 2 aplicar os fatores de desagregação por participação e por período;
- 3 avaliar a interdependência entre o plano agregado e o plano mestre.

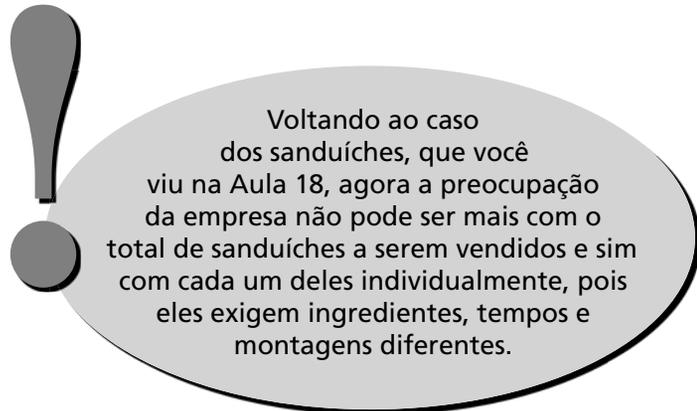
Pré-requisitos

Para melhor compreensão do conteúdo desta aula, você deverá recordar temas de aulas anteriores, como a influência do planejamento da capacidade produtiva sobre os níveis de estoque da empresa (Aula 9); conceitos básicos sobre estoques (Aula 14); os modelos matemáticos de previsão de demanda (Aula 17); a elaboração do planejamento agregado (Aula 18).

INTRODUÇÃO

Na aula passada, você estudou que o planejamento agregado é de longo prazo e agrega as informações em famílias de produtos, com o objetivo de reduzir a margem de erro da previsão.

Com o passar do tempo, já que o momento de fabricar determinado produto se aproxima, é necessário que o plano agregado seja desmembrado ou desagregado em produtos finais, ou melhor: com a diminuição do prazo, de longo para médio, cada produto individual exige um tratamento diferente.



Vamos relembrar duas figuras, que você viu na aula anterior, para retomar alguns conceitos importantes. A **Figura 19.1** resgata a questão dos prazos que as decisões demoram a ser efetivadas, e a **Figura 19.2** relembra a hierarquia do planejamento e controle da produção.

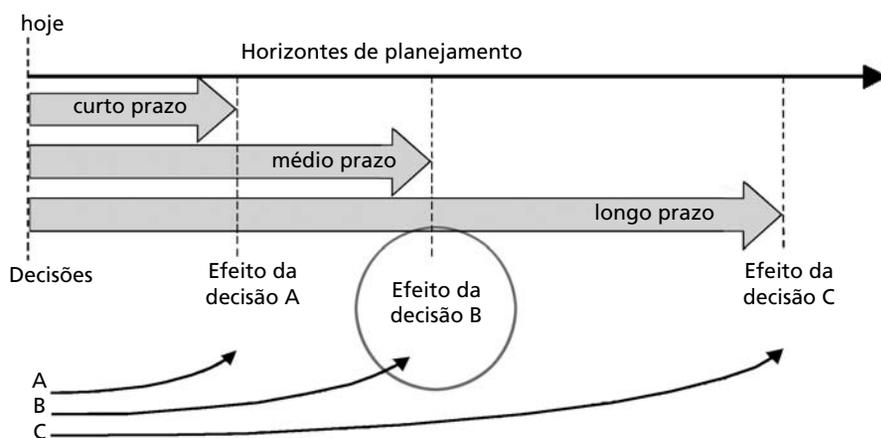


Figura 19.1: Efeitos das decisões em relação ao tempo.
Fonte: Corrêa e Corrêa (2004).

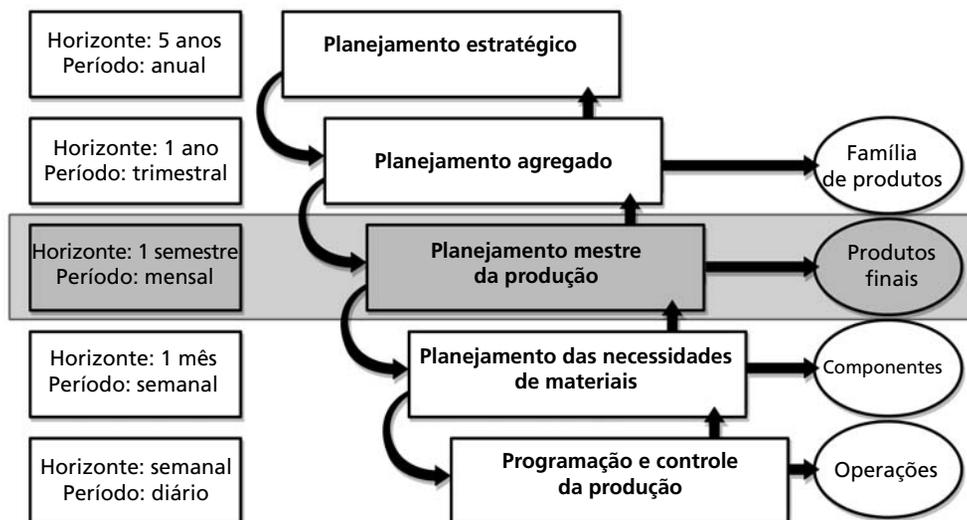


Figura 19.2: Hierarquia do PCP.
Fonte: Idem.

As **Figuras 19.1 e 19.2** juntas conceituam o assunto desta aula, que trata da questão do planejamento mestre da produção (PMP). O PMP é um plano de médio prazo, responsável pela desagregação do plano agregado.

PLANEJAMENTO MESTRE DA PRODUÇÃO (PMP)

O PMP é o plano agregado desagregado. Pode parecer confuso à primeira vista, mas é simples: ele converte o plano agregado em necessidades específicas de material e capacidade. As necessidades de mão-de-obra, material e equipamento para cada tarefa devem, então, ser identificadas.

Algumas funções-chave de um plano mestre são:

1. Transferir planos agregados para itens (produtos) finais específicos.
2. Avaliar estratégias alternativas de produção.
3. Gerar requisitos de material.
4. Gerar requisitos de capacidade.
5. Facilitar o processamento de informações.
6. Manter válidas as prioridades da organização.
7. Utilizar a capacidade de modo mais eficiente.

Os sistemas computadorizados de planejamento e controle da produção geralmente têm capacidades de simulação que permitem “ajustes” em planos mestres alternativos, devido às variações de demanda do mercado. A **Figura 19.3** mostra que o plano mestre é revisto e atualizado de acordo com a previsão de demanda, gerando novos valores. Caso a demanda seja muito diferente, o plano agregado também pode ser atualizado, gerando um novo plano mestre de produção. Somente depois que os valores da demanda são adequados é que o plano mestre é considerado viável e implementado (plano mestre final).

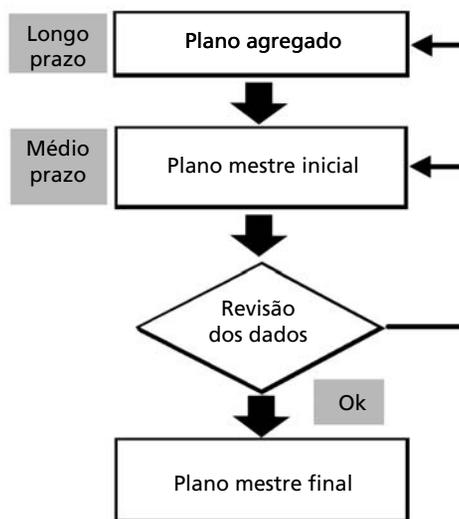
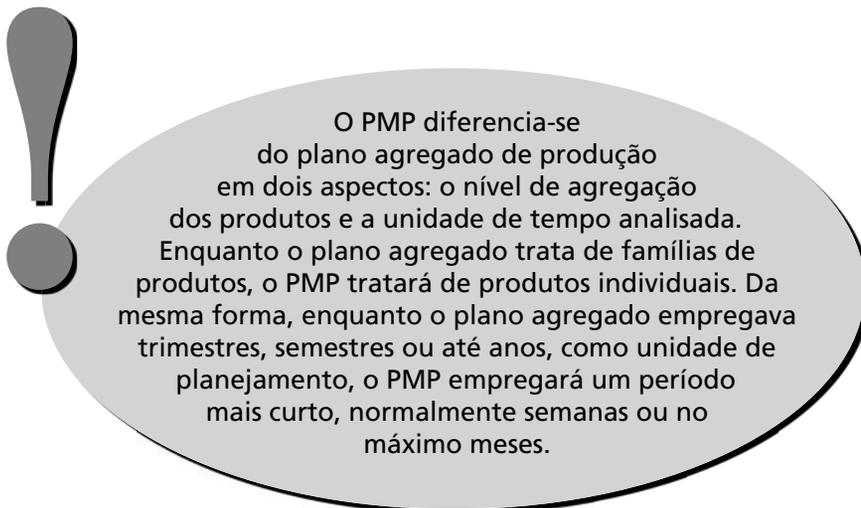


Figura 19.3: Validando o plano mestre de produção.
Fonte: Tubino (1997).

Para Tubino (1997), o PMP está encarregado de desmembrar os planos produtivos estratégicos de longo prazo em planos específicos de produtos acabados para médio prazo, a fim de direcionar as etapas posteriores de fabricação: a programação e a execução de atividades operacionais da empresa. A partir do PMP, a organização passa a assumir compromissos com a fabricação dos produtos e/ou compra de matérias-primas.

O PMP formaliza as decisões tomadas quanto à necessidade de produtos acabados para cada período analisado, normalmente meses. O PMP, conforme visto na **Figura 19.2**, faz a conexão do planejamento estratégico (longo prazo) com as atividades operacionais de produção (curtíssimo prazo). Ele é obtido por um processo de tentativa e erro ou pela aplicação de um método quantitativo, em que, a partir de um PMP inicial, busca-se verificar a disponibilidade de recursos para sua execução.

Caso ele seja viável, autoriza-se o plano; porém, se forem encontrados problemas, deve-se refazer o PMP, podendo-se inclusive chegar ao ponto de se ter de retornar ao nível do plano de produção e reconsiderar questões estratégicas.



DINÂMICA DE CÁLCULO DO PLANO MESTRE DE PRODUÇÃO

Na preparação do plano mestre de produção, você deve atentar para algumas questões que devem ser discutidas, dentre as quais a determinação de que itens devem fazer parte do PMP, qual o intervalo de tempo e que horizonte planejar, como tratar os produtos para estoque e aqueles sob encomenda etc.

Inicialmente, vamos apresentar o arquivo (ou registro) no qual elaboramos o PMP e sua sistemática de cálculo geral; em seguida, entraremos nas questões citadas.

Nesse arquivo estão informações sobre a demanda prevista, os recebimentos programados, os estoques projetados e em mãos e a necessidade prevista de produção do produto.

A **Tabela 19.1** mostra o arquivo de um item produzido para estoque para os próximos dois meses, divididos em períodos semanais. Vamos admitir que esse item seja produzido em lotes de 100 unidades.

Tabela 19.1: Cálculo do PMP

	JULHO				AGOSTO			
	Sem1	Sem2	Sem3	Sem4	Sem1	Sem2	Sem3	Sem4
Demanda prevista	55	55	55	55	60	60	60	60
Recebimentos programados	100							
Estoques projetados - (5)	50	95	40	85	25	65	5	45
PMP		100		100		100		100

Na primeira linha da **Tabela 19.1**, temos a previsão da demanda do item para os próximos dois meses: 55 unidades por semana para julho e 60 unidades por semana para agosto. Essa demanda foi desagregada do plano agregado. Mais adiante, você verá como realizar esse processo.

A segunda linha apresenta os recebimentos programados, ou seja, as quantidades do item que já foram programadas (fabricadas) anteriormente e as que estão previstas para dar entrada no horizonte de planejamento do PMP. Em nosso exemplo, um lote de 100 unidades do item deverá ficar pronto e dar entrada nos estoques na primeira semana de julho.

Na terceira linha, temos as informações sobre os estoques disponíveis e projetados. O primeiro dado, de 5 unidades, refere-se ao estoque disponível no início da primeira semana de julho.

A partir deste ponto, fazemos o cálculo de quanto irá sobrar de estoque ao final de cada semana. Na primeira semana, temos 5 unidades, recebemos 100 e entregamos 55 delas, o que nos deixa com um saldo de 50 unidades disponíveis. Na segunda semana, iniciamos com 50 unidades em estoque e necessitamos de 55 unidades, o que nos impossibilitaria de atender a demanda. Neste ponto, surge a necessidade de produzir um lote de 100 unidades para cobrir a falta de itens previstos, fazendo com que o cálculo do estoque final fique sendo $(50 + 100) - 55 = 95$ unidades.

Finalmente, na quarta linha, o PMP do item, que neste exemplo é produzir 100 unidades para a segunda e a quarta semanas de julho e agosto.

Conforme podemos notar no exemplo, os estoques projetados influenciam a forma como o PMP se desenrolará. As empresas, ao fazer seu planejamento mestre da produção, aplicam políticas de estoques que visam amortecer os erros de previsões e nivelar o ritmo da produção. Como o PMP deriva do plano agregado de produção, muitas dessas políticas já foram traçadas para um horizonte de planejamento maior e devem agora ser colocadas em prática.

Podemos observar que, no exemplo dado, os estoques variam livremente e a produção é mantida num ritmo constante de 100 unidades a cada duas semanas.

A empresa poderia adotar uma estratégia alternativa: manter um estoque mínimo de 40 unidades. Neste caso, os lotes de produção planejados para agosto teriam de ser antecipados em uma semana cada um, de forma a não deixar que o nível de estoque projetado fique abaixo destas 40 unidades. A Tabela 19.2 exemplifica este caso.

Tabela 19.2: Cálculo do PMP com estoque mínimo de 40 unidades

	JULHO				AGOSTO			
	Sem1	Sem2	Sem3	Sem4	Sem1	Sem2	Sem3	Sem4
Demanda prevista	55	55	55	55	60	60	60	60
Recebimentos programados	100							
Estoques projetados - (5)	50	95	40	85	125	65	105	45
PMP		100		100	100		100	

Atividade 1

A Orvalho é uma empresa fabricante de materiais e equipamentos para atividades ao ar livre, como barracas de *camping*, caniços, molinetes, jaquetas especiais para uso no mato etc. Atualmente, a sua produção é vendida exclusivamente em lojas próprias. A tabela a seguir apresenta a previsão, o recebimento programado e o estoque inicial de um tipo de molinete. Se o lote de produção é de 300 unidades, identifique em quais semanas a empresa deverá emitir ordens de produção para atender a demanda. A empresa trabalha com estoque mínimo de 60 unidades e o estoque inicial é de 80 unidades.

Molinete	JANEIRO				FEVEREIRO				MARÇO			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Demanda prevista	220	340	300	350	210	200	150	170	230	220	240	300
Recebimentos programados	300				300				300			
Estoques projetados - (80)												
PMP												

Resposta Comentada

Temos de descobrir se a quantidade "em mãos" disponível é suficiente para cobrir a demanda; se não for, devemos emitir uma ordem de produção na quantidade do lote.

Na primeira semana de janeiro (S1), temos em mãos 300 unidades de um recebimento programado pela fábrica e mais 80 unidades do estoque inicial, totalizando 380 unidades. Como o consumo previsto de 220 unidades é inferior ao que temos, não é necessária a ordem de produção, sobrando 160 unidades em estoque para a próxima semana.

Na segunda semana de janeiro, temos um consumo de 340 unidades e um estoque de 160 unidades. Logo, devemos liberar um lote de produção (300 unidades) para atender completamente a demanda.

Seguindo esse raciocínio, você pode identificar todas as semanas em que necessitamos liberar ordens de produção.

Molinete	JANEIRO				FEVEREIRO				MARÇO			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Demanda prevista	220	340	300	350	210	200	150	170	230	220	240	300
Recebimentos programados	300				300				300			
Estoques projetados - (80)	160	120	120	70	160	260	110	240	310	90	150	150
PMP		300	300	300		300		300			300	300

As ordens de produção deverão ser liberadas de acordo com a tabela a seguir. Cabe lembrar que o plano mestre, assim como o plano agregado, deve ser constantemente atualizado em relação aos valores da demanda; com isso, as ordens de produção podem ser alteradas até que se confirme o máximo de pedidos dos clientes, diminuindo assim a incerteza da demanda.

Molinete	JANEIRO				FEVEREIRO				MARÇO			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
PMP		300	300	300		300		300			300	300

CONVERTENDO O PLANO AGREGADO EM PLANO MESTRE

Tomemos como base o seguinte planejamento agregado:

Período	1º Tri.	2º Tri.	3º Tri.	4º Tri.	Total
Demanda (unidades)	200	180	240	200	820

Para transformá-lo em plano mestre, agora temos de desagregar o período e a família de produtos. Para isso, utilizamos **FATORES DE DESAGREGAÇÃO** tanto para transformar, por exemplo, o período trimestral em mensal quanto a família de produtos, por exemplo, em três produtos finais.

FATOR DE DESAGREGAÇÃO

Recurso utilizado pela empresa para ajustar a produção à demanda; logo, pode variar de acordo com a conveniência da estratégia da organização.

Vamos supor que, no primeiro mês do primeiro trimestre, o fator seja de 0,25; isto significa dizer que nesse mês a demanda da família é de 25% do valor do trimestre (200 unidades); este valor, normalmente, é obtido pela experiência da empresa em vendas anteriores. No segundo e no terceiro mês do primeiro trimestre, os fatores são, respectivamente, 0,40 e 0,35. Com isso, nós teríamos os seguintes valores por mês:

- mês 1 = $200 \times 0,25 = 50$ unidades;
- mês 2 = $200 \times 0,40 = 80$ unidades;
- mês 3 = $200 \times 0,35 = 70$ unidades.

Dessa forma, a desagregação por período está concluída, ou seja, transformamos valores de demanda trimestrais em valores mensais, empregando os fatores de desagregação mais convenientes para a organização.

Período	1º Trimestre		
	Mês 1	Mês 2	Mês 3
Demanda (unid.)	50	80	70

Agora temos de desagregar a família em produtos finais, pois esses valores mensais correspondem à demanda da família completa, incluindo todos os seus produtos finais. Em nosso exemplo, 50 unidades no Mês 1 correspondem, de forma agregada, à demanda dos três produtos finais juntos. Assim, temos de identificar a demanda de cada produto final utilizando também fatores de desagregação, agora por família de produtos.

Suponha que a família seja composta de três produtos finais, conforme a **Figura 19.4**, e os fatores de desagregação dos produtos finais A1, A2 e A3 sejam, respectivamente, 0,50, 0,30 e 0,20 (sempre totalizando 1,00). Isso também significa que o produto A1 tem uma participação maior nas vendas desse mês, em comparação com os outros dois produtos.

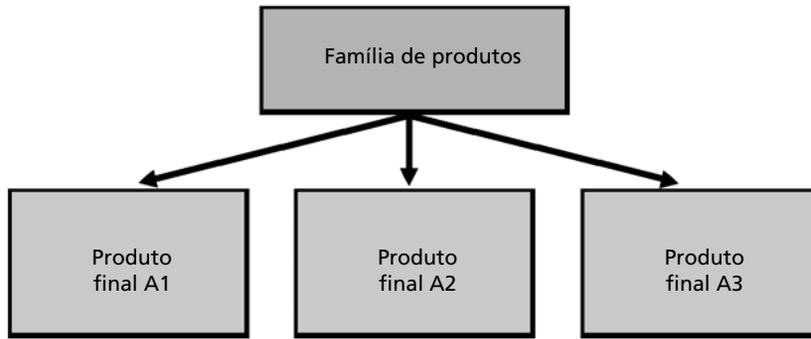


Figura 19.4: Composição da família de produtos.

Então, temos, para o primeiro mês (50 unidades):

Produto A1 = $50 \times 0,50 = 25$ unidades;

Produto A2 = $50 \times 0,30 = 15$ unidades;

Produto A3 = $50 \times 0,20 = 10$ unidades.

Para o segundo mês (80 unidades):

Produto A1 = $80 \times 0,50 = 40$ unidades;

Produto A2 = $80 \times 0,30 = 24$ unidades;

Produto A3 = $80 \times 0,20 = 16$ unidades.

Para o terceiro mês (70 unidades):

Produto A1 = $70 \times 0,50 = 35$ unidades;

Produto A2 = $70 \times 0,30 = 21$ unidades;

Produto A3 = $70 \times 0,20 = 14$ unidades.

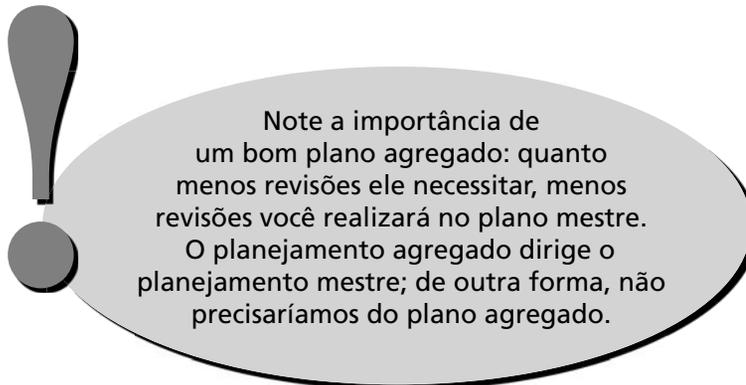
Considere que os lotes de produção dos produtos A1, A2 e A3 são de, respectivamente, 40, 20 e 10 unidades/mês, e os estoques projetados são de 5, 10 e 20 unidades. O plano mestre de produção de cada produto final, de acordo com o plano agregado, fica assim:

Produto final A1	Mês 1	Mês 2	Mês 3
Demanda prevista	25	40	35
Estoque projetado (5)	20	20	25
PMP	40	40	40

Produto final A2	Mês 1	Mês 2	Mês 3
Demanda prevista	15	24	21
Estoque projetado (10)	15	11	10
PMP	20	20	20

Produto final A3	Mês 1	Mês 2	Mês 3
Demanda prevista	10	16	14
Estoque projetado (20)	20	14	10
PMP	10	10	10

Assim, o processo de conversão do planejamento agregado em planejamento mestre chega ao final.



Atividade 2

A empresa Sporttech é fabricante de chuteiras. A demanda agregada de uma família desses produtos é dada pela tabela a seguir:

Período	1º Trim.	2º Trim.	3º Trim.	4º Trim.	TOTAL
Demanda	510	530	500	480	2.020

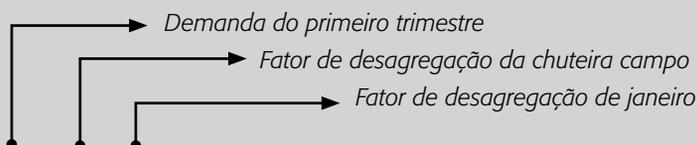
Determine o plano mestre de produção de cada tipo de chuteira para o primeiro semestre, considerando os fatores de desagregação dados a seguir:

Produtos	Chuteira campo	Chuteira color	Chuteira society
Fatores de desagregação por participação	0,30	0,30	0,40
Estoque inicial (unidades)	30	25	150
Produção normal máxima mensal	47	47	64

Fatores de desagregação por mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Chuteira campo	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Chuteira color	0,35	0,35	0,35	0,30	0,30	0,30
Chuteira society	0,40	0,40	0,40	0,45	0,45	0,45

Resposta Comentada

Vamos, então, calcular a demanda mensal para a chuteira campo:



- Jan = $510 \times 0,30 \times 0,25 = 38,25 \text{ unidades} \cong 38 \text{ unidades}$
- Fev = $510 \times 0,30 \times 0,25 = 38,25 \text{ unidades} \cong 38 \text{ unidades}$
- Mar = $510 \times 0,30 \times 0,25 = 38,25 \text{ unidades} \cong 38 \text{ unidades}$

Lembre que a demanda do segundo trimestre é de 530 unidades:

$$\text{Abr} = 530 \times 0,30 \times 0,25 = 39,75 \text{ unidades} \cong 40 \text{ unidades}$$

$$\text{Mai} = 530 \times 0,30 \times 0,25 = 39,75 \text{ unidades} \cong 40 \text{ unidades}$$

$$\text{Jun} = 530 \times 0,30 \times 0,25 = 39,75 \text{ unidades} \cong 40 \text{ unidades}$$

Com os valores da demanda calculados, podemos montar o plano mestre de produção para a chuteira campo.

Chuteira campo	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Demanda (unidades)	38	38	38	40	40	40
Estoque projetado (30)	39	48	57	64	71	78
PMP	47	47	47	47	47	47

Como a atividade não mencionou qual política estratégica seguir, escolhi uma que mantivesse a capacidade de produção máxima constante de 47 unidades/mês.

Você poderia criar outras estratégias e avaliar seu impacto na produção.

Vamos às montagens dos planos mestres dos produtos restantes, seguindo o mesmo processo de cálculo.

Chuteira color	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Demanda (unidades)	53	53	53	48	48	48
Estoque projetado (25)	19	13	07	06	05	04
PMP	47	47	47	47	47	47

Chuteira society	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Demanda (unidades)	82	82	82	95	95	95
Estoque projetado (150)	132	114	96	65	34	03
PMP	64	64	64	64	64	64

CONCLUSÃO

Apenas realizar os cálculos exigidos pelo PMP não é garantia de sucesso para a empresa. Assim, como ocorre com qualquer ferramenta, o plano mestre deve ser bem gerenciado. Se isso é malfeito, o resultado é um mau uso dos recursos da organização, um mau atendimento às demandas do mercado ou ambos, afetando diretamente a competitividade da empresa. Um mau uso do PMP também pode acabar com as vantagens obtidas por um bom processo de planejamento agregado.

Se bem gerenciado, por outro lado, o plano mestre de produção colabora com a melhoria do processo de promessa de ordens para clientes, com melhor gestão de estoque dos produtos acabados, melhor uso e gestão da capacidade produtiva e melhor integração na tomada de decisões entre funções.

Por meio da manutenção de uma precisa visão do balanço entre suprimento e demanda, o PMP permite oferecer aos clientes um adequado nível de serviço, dentro das restrições impostas pelos níveis de estoque, de recursos produtivos e de tempo disponível.

O planejamento mestre é o processo responsável por garantir que os planos de manufatura, no nível desagregado, estarão perfeitamente integrados com o nível superior de planejamento estratégico e com os outros planos funcionais (de vendas, de marketing, de finanças, de engenharia etc.).

Para o PMP, o desafio é tentar programar a produção de forma a manter a taxa de produção mais estável quanto possível e próxima aos valores de demanda, além de privilegiar a mínima formação de estoques. Assim, os custos envolvidos na produção serão reduzidos.

Atividade Final

Com o Pan 2007, a empresa Athletic aumentou sua produção de barras utilizadas na corrida de obstáculos. Você, como gerente de PCP, está responsável pela elaboração dos planos mestres de produção para o mês de maio dos modelos de barra: BX1, BA2 e BK3. Utilize estes dados:



Produtos	BX1	BA2	BK3
Demanda mensal da família de barras	320 unidades		
Fatores de desagregação por participação	0,25	0,45	0,30
Estoque inicial (unidades)	15	25	10
Produção normal máxima semanal	17	30	22

← Fator 1

Semanas	Sem1	Sem2	Sem3	Sem4
Fatores por período	0,10	0,25	0,30	0,35

← Fator 2

! Neste exercício, a demanda de cada produto se comporta da mesma forma: começa em baixa e até o final do mês ela aumenta.

Resposta Comentada

Utilizando o mesmo procedimento da Atividade 2, vamos montar os planos mestres dos modelos de barras:

Barra BX1	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Cálculo
Demanda (unidade)	8	20	24	28	= Demanda x Fator 1 x Fator 2
Estoque projetado (15)	24	21	14	3	= (Estoque + PMP) - Demanda
PMP	17	17	17	17	= Capacidade máxima permitida

Barra BA2	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4
Demanda (unidade)	14	36	43	50
Estoque projetado (25)	41	35	22	2
PMP	30	30	30	30

Barra BK3	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4
Demanda (unidade)	9	24	28	34
Estoque projetado (10)	23	21	15	3
PMP	22	22	22	22

RESUMO

O planejamento agregado, como um plano de longo prazo, considera os produtos em famílias ou linhas de produtos afins, sendo função do plano mestre desmembrá-lo em um plano mais detalhado de médio prazo, por exemplo, um plano mensal, e ainda considerando cada produto acabado individualmente dentro da família de produto. O planejamento agregado deve dirigir e, até certo ponto, restringir o PMP, pois, conforme você estudou nesta aula, o plano mestre faz um detalhamento do plano agregado por meio dos fatores de desagregação.

Os fatores de desagregação são obtidos pela experiência da organização na identificação do comportamento da demanda e do produto em cada período a ser planejado pelo PMP. Esses fatores podem ser alterados para melhor se ajustarem ao comportamento da demanda em um determinado período.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, vamos continuar com os planos de produção; abordaremos o planejamento das necessidades de materiais (MRP), que é um plano de curto prazo, e passaremos a lidar com os componentes de cada produto final, ou seja, com as peças fabricadas ou compradas de fornecedores que constituem os produtos acabados.

SITE RECOMENDADO

<http://www.densis.fee.unicamp.br/~franca/tematico/welcome.html>. Este site é dedicado ao planejamento e controle da produção em sistemas de manufatura elaborados pela equipe de uma das mais renomadas universidades brasileiras – vale conferir. É um grupo de pesquisa que tem como objetivo central o desenvolvimento de ferramentas computacionais que auxiliem as tarefas de planejamento e controle da produção em sistemas de manufatura.

Planejamento das necessidades de materiais (MRP)

AULA 20

Metas da aula

Apresentar o plano de curto prazo que permite à empresa desmembrar os produtos finais em componentes ou itens de produto; explicar o funcionamento do sistema MRP, identificando as informações de entrada e de saída; definir a importância estratégica do planejamento das necessidades de materiais no contexto da produção.

Ao final do estudo desta aula, você deverá ser capaz de:

- 1 identificar e construir uma lista de materiais dos produtos finais e seus componentes;
- 2 construir a estrutura do produto a partir da lista de materiais ou vice-versa;
- 3 avaliar a interdependência entre o plano mestre e o plano das necessidades de materiais.

objetivos

Pré-requisitos

Para melhor compreensão do conteúdo desta aula, você deverá recordar temas de aulas anteriores, como: o conceito de sistema puxado (Aula 13); os conceitos básicos sobre estoques (Aula 14); os tipos de demanda dependente e independente (Aula 15); a elaboração do planejamento agregado (Aula 18); a definição de plano mestre da produção (Aula 19).

INTRODUÇÃO

Na Aula 19, foi definido o papel do plano mestre de produção (PMP) para mostrar os produtos finais que a produção pretende fabricar. Esses produtos, normalmente, são produzidos a partir de componentes (itens) que devem estar disponíveis nas quantidades certas e no tempo certo para atender às necessidades do plano mestre e, conseqüentemente, à produção da organização.

A **Figura 20.1** retoma o conceito de hierarquia clássica do planejamento e controle da produção aplicada ao nosso exemplo da lanchonete, que você estudou na Aula 18. Note como o nível de detalhamento da produção aumenta enquanto o horizonte de tempo diminui. De outra forma, vamos de um nível estratégico (planejamento das vendas de sanduíches) a um nível operacional (ordens de fabricação de cada sanduíche individualmente).

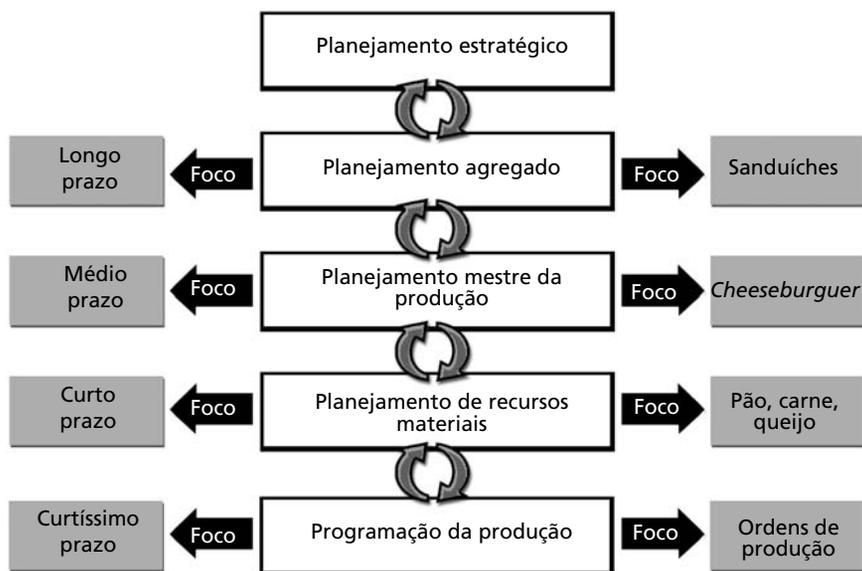


Figura 20.1: Hierarquia clássica do planejamento e controle da produção aplicada ao nosso exemplo da lanchonete. (Fonte: próprio autor.)

Conforme você pôde ver na **Figura 20.1**, o administrador da produção elabora um plano para atender à demanda de sanduíches (planejamento agregado); à medida que o horizonte de tempo diminui, esse plano é convertido em planos para cada tipo de sanduíche específico, no caso o *cheeseburger* (planejamento mestre). Com um horizonte menor ainda, quase próximo da entrega efetiva do produto final ao cliente, o gerente deve se preocupar com os ingredientes (pão, carne e queijo) que formam o produto, respeitando as quantidades e o tempo necessário para confecção do sanduíche.

É nesse momento que o sistema de planejamento das necessidades de materiais (MRP - em inglês, Material Requirements Planning) justifica sua importância. Se estiver faltando algum ingrediente, o sanduíche não poderá ser montado e, possivelmente, não será entregue ao consumidor no prazo estabelecido. Assim, o MRP entra em ação para evitar que isso ocorra.

PLANEJAMENTO DAS NECESSIDADES DE MATERIAIS (MRP)

O MRP é um sistema que permite que as organizações calculem quantos materiais que compõem um determinado produto são necessários e em que momento. Para isso, utiliza os pedidos em carteira (pedidos de clientes tidos como certos) e mais uma quantidade prevista para os pedidos que a empresa acha que irá receber.

O MRP verifica, então, todos os ingredientes ou componentes necessários para completar esses pedidos, garantindo que sejam providenciados a tempo.

Para executar os cálculos de quantidade e de tempo, os sistemas MRP normalmente requerem que a empresa mantenha dados em arquivos de computador. Quando o programa é executado, esses dados podem ser verificados e atualizados. A **Figura 20.2** mostra as informações necessárias para processar o MRP, assim como algumas operações realizadas pelo sistema, após o processamento das informações.

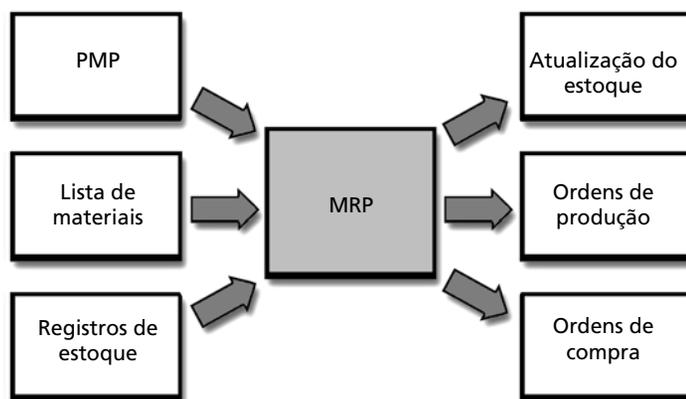


Figura 20.2: Sistema MRP: à esquerda estão as informações necessárias ao processamento e à direita, as operações realizadas pelo sistema. (Adaptado de Moreira, 2000.)

O processo se inicia com o plano mestre da produção (PMP), que estabelece quais produtos serão feitos e em que datas. Além da demanda determinada por previsão, o PMP também incorpora a demanda de outras fontes: carteira de pedidos de clientes, necessidades de estoques de segurança e demanda de armazéns de distribuição, dentre outras.

O MRP consulta então a lista de materiais (BOM – em inglês, Bill of Material), que é uma lista estruturada de todos os componentes do produto final. Ela mostra a relação hierárquica entre os produtos e os componentes; quanto de cada componente é preciso para se ter uma unidade do produto. Você, com certeza, já viu uma lista desse tipo; ela é bem parecida com uma receita de bolo.



INGREDIENTES

- 1/2 xícara (chá) de óleo
- 3 cenouras médias raladas
- 4 ovos
- 2 xícaras (chá) de açúcar
- 2 1/2 xícaras (chá) de farinha de trigo
- 1 colher (sopa) de fermento em pó

Cobertura

- 1 colher (sopa) de manteiga
- 3 colheres (sopa) de chocolate em pó ou achocolatado
- 1 xícara (chá) de açúcar
- Se desejar uma cobertura molinha, coloque 5 colheres de leite

Figura 20.3: Exemplo de lista de materiais de um bolo de cenoura.
 Fonte: <http://tudogostoso.uol.com.br/receita/23-bolo-de-cenoura.html>.

A lista de materiais do bolo de cenoura ficaria assim:



Item número: 2228			
Descrição: Bolo de cenoura			
Nível: 0			
Nível	Código	Descrição	Quant.
1	2578	Óleo	10 ml
1	4859	Cenoura	3 unid.
1	8965	Ovos	4 unid.
1	7458	Açúcar	80 g

O MRP consulta também os registros de estoque de cada item ou componente pertencente à lista de materiais do produto em questão. O estoque deve ser rigorosamente controlado, para que se saiba exatamente quanto se precisa produzir desse item, evitando desperdícios.

Como resultados principais de sua operação, o sistema MRP fornece: o controle do estoque dos componentes, verificando as quantidades necessárias para a produção e, com isso, a conseqüente diminuição dos níveis de estoque; as ordens de compra, identificando as necessidades de aquisição de componentes, caso o estoque do item não seja suficiente, e, por fim, a programação da produção (assunto que você verá na Aula 22) para esses componentes, sem considerar, por enquanto, as restrições de capacidade.

Tendo estabelecido o nível de programação (quantidades de produção de cada produto), o MRP executa os cálculos para determinar a quantidade e o momento das montagens e das submontagens dos produtos finais, de modo a atender ao plano de produção.

Para explicar este processo, veja um exemplo de produto – um jogo de tabuleiro chamado Caça ao Tesouro (veja Figura 20.4).

Para fabricar o produto, a empresa precisa saber quais componentes deverão ser colocados em cada caixa do jogo. Utilizando um sistema MRP para realizar esta tarefa, você precisa das informações dos ingredientes ou componentes que constituem cada produto. Como você viu anteriormente, essas informações são encontradas na lista de materiais e na estrutura do produto.

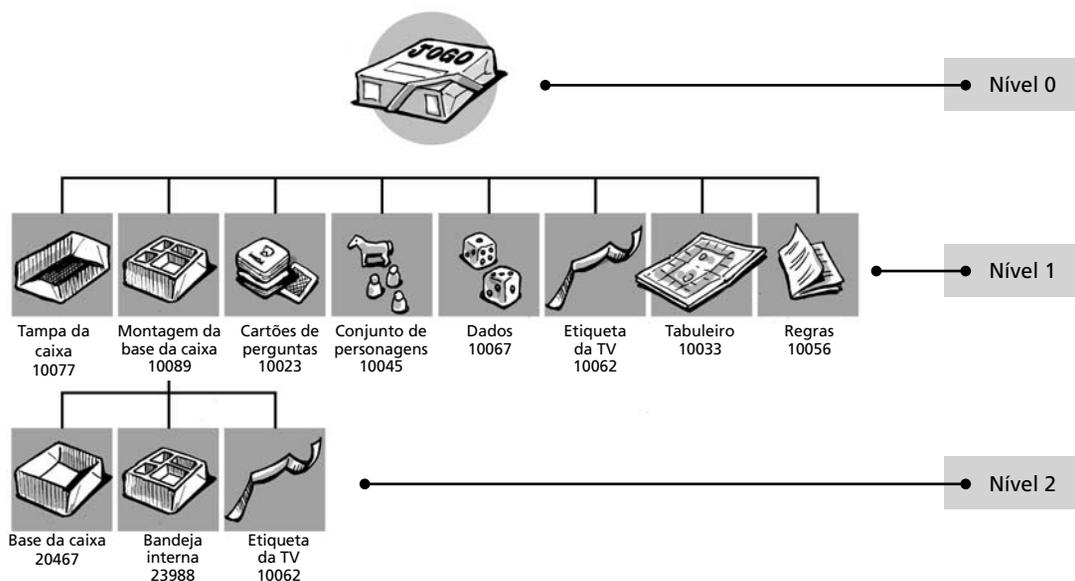
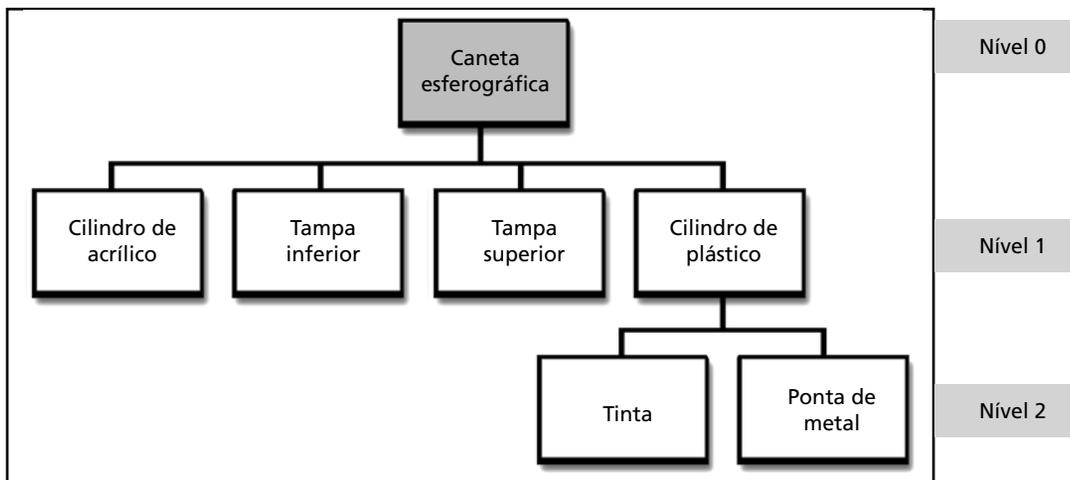


Figura 20.4: Estrutura de produto para o jogo Caça ao Tesouro. (Adaptado de Slack et al., 2002.)

A estrutura do produto mostra que alguns itens formam outros, que por sua vez formam terceiros. No MRP, denominamos isso níveis de estrutura. O produto final – o jogo na caixa – é considerado nível 0. Os itens e submontagens que formam o produto final estão no nível 1; os itens que formam as submontagens estão no nível 2, e assim por diante.

Para facilitar o entendimento, é confeccionado um gráfico com a estrutura de produto, que mostra os produtos e seus respectivos componentes para a visualização das montagens e submontagens.



Há várias características da estrutura de produto e do MRP em geral que devem ser notadas neste momento:

- Quantidades múltiplas de alguns itens são necessárias. Isso significa que o MRP deve conhecer a quantidade necessária de cada item para ser capaz de multiplicar pelas necessidades totais.
- Um mesmo item pode ser utilizado em diferentes partes da estrutura do produto. O MRP deve levar em conta esse fato e, a cada estágio, somar as necessidades para determinar quantos desse item são necessários para o produto final.
- A estrutura do produto pára quando ela chega aos itens que não são fabricados pela empresa. O fornecedor também precisa conhecer a estrutura do produto, a quantidade e suas características. O MRP trata esses itens como comprados.

Atividade 1

Para melhor entender esses conceitos, pegue uma caneta esferográfica comum, desmonte-a e descreva em forma de uma lista seus componentes, como uma receita de bolo. 

Resposta Comentada

A lista apresenta, de forma detalhada, as informações dos produtos finais e seus respectivos componentes por nível de montagem. Dependendo da caneta que utilizou, você chegou à seguinte lista de material:

Item número: 00289
Descrição: Caneta esferográfica
Nível: 0

Nível	Código	Descrição	Quant.
1	100	Cilindro de acrílico	1
1	101	Tampa inferior	1
1	102	Tampa superior	1
1	103	Cilindro de plástico	1

Item número: 103
Descrição: Montagem do cilindro de plástico
Nível: 1

Nível	Item	Descrição	Quant.
2	205	Tinta	1
2	206	Ponta de metal	1

Observando a estrutura do produto jogo (Figura 20.4), claramente não seria possível representar a lista de materiais de forma gráfica. Ela seria muito grande. Em ambientes de engenharia sofisticados, pode haver 15 níveis de montagem e cerca de 5.000 itens em uma estrutura de produto final. Os sistemas MRP lidam com essa complexidade, utilizando listas de materiais de nível único e listas de materiais escalonadas. A Tabela 20.1 apresenta um exemplo de listas de materiais de nível único e a Tabela 20.2 ilustra a escalonada.

Tabela 20.1: Lista de materiais de nível único

Item número: 00289 Descrição: Jogo de tabuleiro Nível: 0			
Nível	Item	Descrição	Quant.
1	10089	Montagem da base da caixa	1
1	10077	Tampa da caixa	1
1	10023	Conjunto de cartões de perguntas	1
1	10062	Etiqueta de TV	1
1	10045	Conjuntos de personagens	1
1	10067	Dado	2
1	10033	Tabuleiro	1

Item número: 10089 Descrição: Montagem da base da caixa Nível: 1			
Nível	Item	Descrição	Quant.
2	20467	Base da caixa	1
2	10062	Etiqueta da TV	1
2	23988	Bandeja interna	1

Tabela 20.2: Lista de materiais escalonada

Item número: 00289 Descrição: Jogo de tabuleiro Nível: 0			
Nível	Item	Descrição	Quant.
0	00289	Jogo de tabuleiro	1
.1	10077	Tampa da caixa	1
.1	10089	Montagem da base da caixa	1
..2	20467	<i>Base da caixa</i>	1
..2	10062	<i>Etiqueta da TV</i>	1
..2	23988	<i>Bandeja interna</i>	1
.1	10023	Conjunto de cartões	1
.1	10045	Conjunto de personagens	1
.1	10067	Dado	2
.1	10062	Etiqueta da TV	1
.1	10033	Tabuleiro	1
.1	10056	Folheto de regras	1

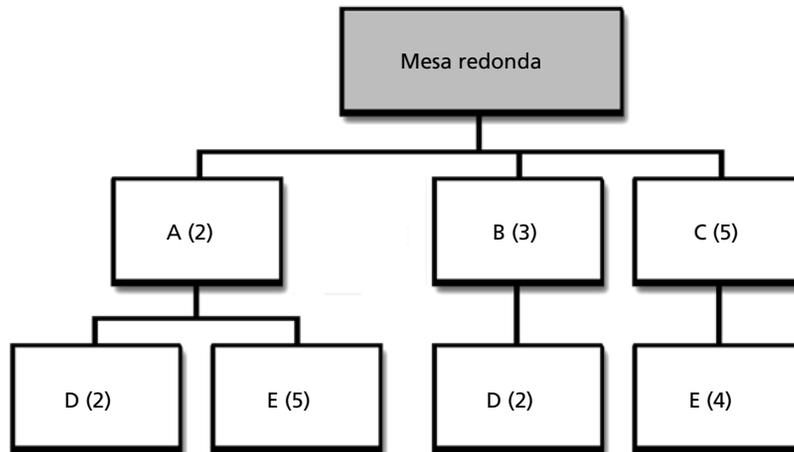
Note que, no primeiro tipo de lista, as tabelas são separadas por níveis de montagem; cada nível é constituído apenas por seus componentes respectivos.

As listas escalonadas apresentam todos os componentes na mesma tabela, indicando seu nível à medida que são descritos. Repare que, nesse tipo de lista, à medida que um componente é montado, seus respectivos subcomponentes são descritos logo abaixo, com a indicação numeral do nível inferior. Conforme a **Figura 20.4**, o componente Montagem da base da caixa é composto: da Base da caixa, da Etiqueta da TV e da Bandeja interna.

Para Arnold (1999), a estrutura de produto ou árvore de produto é um modo conveniente de pensar sobre a lista de materiais. Ela evidencia as quantidades totais necessárias de componentes para formar o produto final, assim como na lista de materiais, mas a estrutura é visualmente mais clara.

Exemplo

A seguir, é apresentada a estrutura de produto de mesas redondas fabricadas pela Línea Móveis Ltda. Com ela, é mais simples de calcular o número de itens A, B, C, D e E, respectivamente, necessários para atender a um pedido de 300 mesas.



Para cada unidade de mesa redonda, temos:

- 2 componentes A;
 - 3 componentes B;
 - 5 componentes C;
 - 10 componentes D;
 - 30 componentes E.
- Para cada 1 A, necessita-se de 5 D; como 2 A são exigidos, logo 4 componentes D são requisitados (2x2); com mais 6 exigidos pelo componente B (3x2), chega-se a um total de 10 componentes D.
- Para cada 1 A, necessita-se de 5 E; como 2 A são exigidos, logo 10 componentes E são requisitados (2x5); com mais 20 exigidos pelo componente C (5x4), chega-se a um total de 30 componentes E.

Fica simples agora responder à questão proposta pelo exemplo; basta realizar uma multiplicação simples para chegar ao número necessário de cada componente para o produto mesa redonda. Assim, para 300 unidades de mesa, necessita-se de:

- $600 = (2 \times 300)$ unidades de A;
- $900 = (3 \times 300)$ unidades de B;
- $1.500 = (3 \times 500)$ unidades de C;
- $3.000 = [(2 \times 2 \times 300) + (2 \times 3 \times 300)]$ unidades de D;
- $9.000 = [(5 \times 2 \times 300) + (4 \times 5 \times 300)]$ unidades de E.

Resposta Comentada

Inicialmente, calculamos as necessidades de eixos para cada aquecedor e para cada ventilador:

- 1 eixo para 1 motor por aquecedor (1x1); logo é preciso 1 eixo; e
- 1 eixo para 1 motor por ventilador; como o ventilador necessita de 2 motores, logo são requisitados 2 eixos.

Então, para uma produção de 100 ventiladores, exigem-se 200 eixos (relação de 2 para 1), e para uma produção de 50 aquecedores exigem-se 50 eixos (relação de 1 para 1), totalizando 250 eixos.

Porém, temos um estoque inicial de 40 eixos, reduzindo a produção para 210 unidades (250 - 40). Temos também que considerar um estoque final de 50 eixos, o que nos leva a aumentar a produção para 260 unidades (210 + 50).

Assim, a Ponto Quente Aparelhos Elétricos S.A. deve comprar 260 eixos. Letra B.

Lista de materiais de nível único para o aquecedor.
Item número: 2586
Descrição: Aquecedor
Nível: 0

Nível	Item	Descrição	Quant.
1	25874	Motor A	1
1	25883	Suporte	2

Item número: 25874
Descrição: Motor A
Nível: 1

Nível	Item	Descrição	Quant.
2	258741	Eixo	1
2	25872	Enrolamento	1

Lista de materiais escalonada para o ventilador.
Item número: 3021
Descrição: Ventilador
Nível: 0

Nível	Item	Descrição	Quant.
0	3021	Ventilador	1
.1	30211	Motor B	2
..2	258741	Eixo	1
..2	25872	Enrolamento	2
.1	30212	Grade	1
.1	25883	Suporte	2

PROCESSO DE CÁLCULO DO MRP

Até aqui você examinou todas as informações necessárias para iniciar o processo de planejamento das necessidades de material. O MRP é um processo sistemático que obtém essas informações sobre os produtos para calcular a quantidade e o momento das necessidades que irão satisfazer a demanda.

A seguir, verificaremos a forma pela qual esses cálculos são executados, começando pelo que provavelmente é o passo mais importante o cálculo das necessidades líquidas.

A **Figura 20.5** mostra, simplificada, o processo pelo qual o MRP calcula as quantidades de materiais realmente necessárias. O MRP desmembra o PMP (plano mestre) por meio da lista de materiais de nível único, verificando quantas submontagens e componentes são necessários. Antes de descer para o nível seguinte da estrutura do produto, o MRP verifica quanto dos materiais necessários já está disponível em estoque, transformando as necessidades brutas em líquidas. Ele gera, então, as ordens de produção (OP) ou requisições para as necessidades líquidas dos itens que serão feitos na fábrica.

Essas necessidades líquidas formam o programa que será expandido por meio da lista de materiais de nível único para o próximo nível abaixo da estrutura. Novamente, o estoque disponível desses itens é verificado; ordens de trabalho são geradas para as necessidades líquidas dos itens que serão feitos na fábrica, sendo também geradas ordens de compra para as necessidades líquidas dos itens que serão adquiridos de fornecedores. Esse processo continua até que se chegue ao nível mais baixo da estrutura do produto.

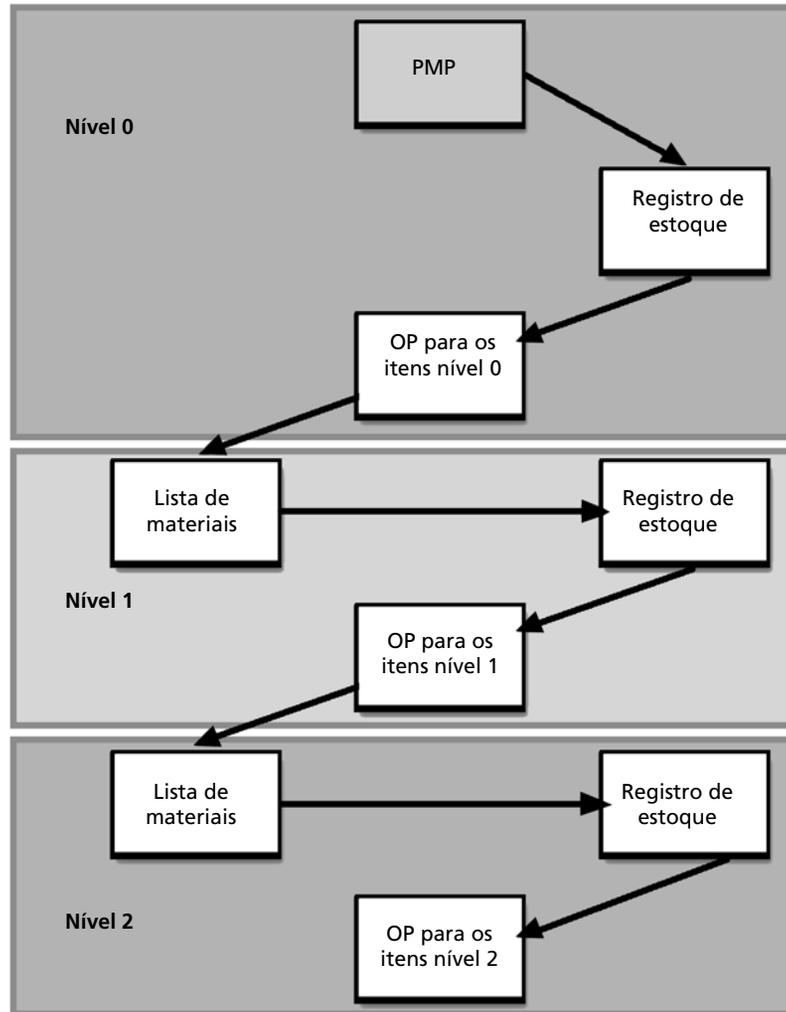


Figura 20.5: Processo de cálculo de necessidades líquidas no MRP. (Adaptado de Slack et al., 2002.)

Para tornar mais claro o processo de cálculo do MRP, vamos aplicá-lo ao nosso exemplo do jogo de tabuleiro (Figura 20.4). Considere que o plano mestre requisita dez unidades do jogo.

Inicialmente, o estoque disponível é verificado. Como há três jogos completos em estoque, é emitida uma ordem de trabalho para a fabricação de sete jogos. O MRP verifica, então, a lista de materiais do jogo nesse primeiro nível e encontra, entre outros componentes, o que é necessário para a montagem da base da caixa (código 10089) do jogo completo. Em seguida, o MRP verifica quantas montagens da base da caixa estão em estoque e, encontrando duas unidades, gera uma ordem de produção para a necessidade líquida de cinco.

Posteriormente, a lista de materiais de nível único para a montagem da base da caixa é verificada. Ela mostra que a base da caixa (código 20467), uma bandeja interna (código 23988) e uma etiqueta de TV (código 10062) são necessárias para cada montagem da base da caixa. Novamente, o estoque é verificado e, como há uma base da caixa em estoque, uma ordem de compra de quatro unidades é gerada para este componente. Havendo mais etiquetas de TV em estoque do que o necessário, não é preciso gerar uma instrução de ressurgimento.

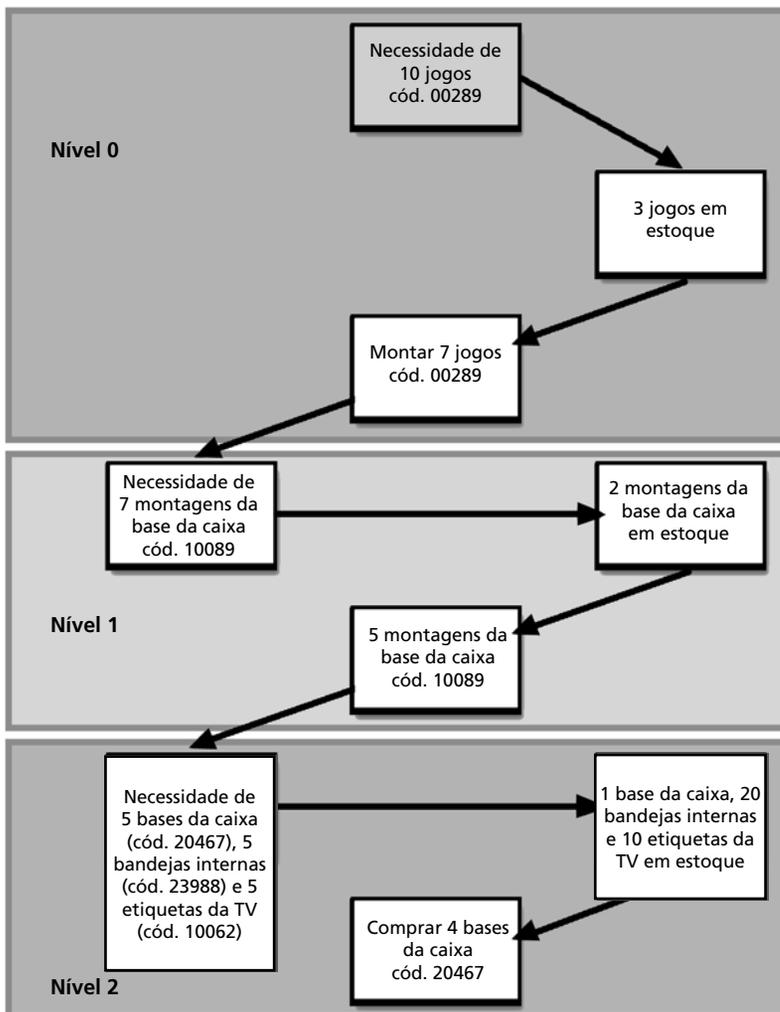


Figura 20.6: Cálculo de necessidades líquidas no MRP para o jogo. (Adaptado de Slack et al., 2002.)

A **Figura 20.6** usa nosso exemplo do jogo de tabuleiro para descrever essa parte do processo MRP, considerando, por enquanto, apenas as quantidades necessárias. É importante ressaltar que os dez jogos completos não geram automaticamente ordens de produção para a montagem de dez unidades, pois deve-se verificar o estoque para que não se produza além do necessário para a empresa atender à demanda.

Além de calcular a quantidade ideal de material necessária, o MRP também considera quando cada um desses componentes é necessário, isto é, os momentos (início e fim) da programação de materiais. Ele faz isso por um processo denominado programação para trás (conceito que será visto na Aula 22), que leva em conta o *lead time* (tempo de fabricação) de cada nível de montagem.

Novamente utilizando o exemplo do jogo de tabuleiro, vamos assumir que dez jogos completos são necessários para o dia de planejamento, que denominaremos dia 35. Para determinar quando deveremos iniciar o trabalho em todos os componentes que fazem parte do jogo, precisamos saber quanto tempo é necessário para cada parte do processo. Esses tempos são chamados *lead times* e estão armazenados nos arquivos MRP para cada item (veja a **Tabela 20.3**).

Tabela 20.3: Programação para trás das necessidades do MRP

Item	Descrição	Lead time (dias)
00289	Jogo de tabuleiro	2
10077	Tampa da caixa	8
10089	Montagem da base da caixa	4
20467	Base da caixa	12
23988	Bandeja interna	29
10062	Etiqueta da TV	8
10023	Conjunto de cartões de perguntas	3
10045	Conjunto de personagens	3
10067	Dado	5
10033	Tabuleiro	25
10056	Folheto de regras	3

Examine agora o **GRÁFICO DE GANTT** (assunto que você verá na Aula 22) mostrado na **Figura 20.7**. Ele inclui as informações de *lead time*. Se forem necessários dois dias para executar a montagem final, as submontagens devem ser concluídas e estar disponíveis na fábrica no início do dia 33.

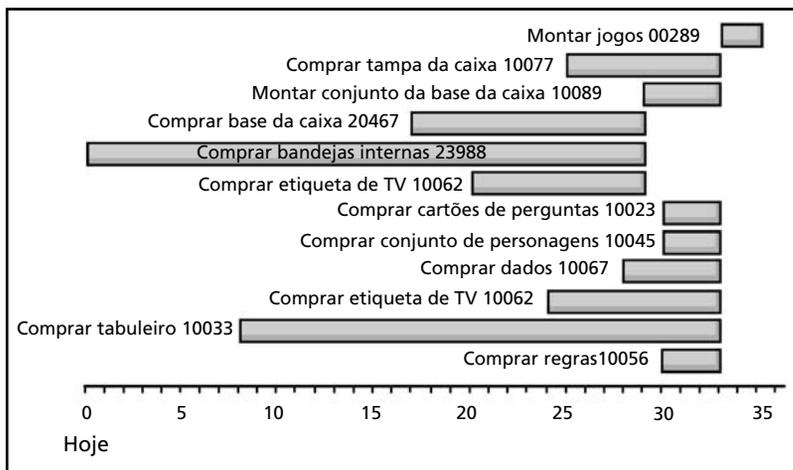


Figura 20.7: Tempo de início e fim de produção de cada componente do jogo de tabuleiro. (Adaptado de Slack et al., 2002.)



HENRY L. GANTT
1861-1919

Gantt ficou conhecido por desenvolver um gráfico usado para programar atividades no tempo e demonstrar o resultado dos programas graficamente ao longo de um eixo horizontal. Seu primeiro trabalho foi aplicado na construção de navios para a marinha americana durante a Primeira Guerra Mundial.

Repare que na **Figura 20.7** todo o processo de fabricação começa com as ordens de compra ou de produção dos componentes do nível mais inferior, no caso do jogo de tabuleiro o nível 2, respeitando os tempos mostrados na **Tabela 20.3**, depois passa-se ao nível 1 e finalmente ao nível 0.

Dessa forma, o sistema faz a programação para trás para determinar as atividades que devem ser executadas e as ordens de compra que devem ser colocadas. Você pode ver no exemplo que, para conseguir entregar os jogos completos em tempo, as bandejas internas precisam ser compradas agora (dia zero), pois demoram 29 dias para serem entregues.

O gráfico de **GANTT** é uma ferramenta de programação de produção que permite visualizar o início e o fim de cada ordem de produção, respeitando a sequência correta da fabricação do produto.

As necessidades brutas de cada item, no nível 1, podem ser derivadas diretamente do plano de liberação de ordens do jogo completo. Conseqüentemente, no dia 33, sete tampas, sete montagens da tampa da caixa, sete etiquetas de TV, entre outros, serão necessários.

A programação para trás, utilizando a programação do *lead time* para cada item do nível 1, gera os momentos da programação das ordens planejadas. De forma similar, os itens do nível 2 que são necessários para que se produza a montagem da base da caixa estão sujeitos ao mesmo procedimento. Note que a etiqueta de TV é tanto um item de nível 1 como de nível 2 e tem suas necessidades brutas geradas a partir do plano de liberação de ordens, tanto do jogo completo como da montagem da base da caixa.

Na realidade, alguns itens só podem ser adquiridos em tamanhos de lotes mínimos. Em virtude do tempo e do custo envolvido para preparar uma máquina, pode se considerar eficiente utilizar a máquina apenas se for para um tamanho de lote razoável. De forma similar, alguns itens comprados são adquiridos em embalagens fechadas em quantidades tais que permitam que se consiga um desconto, mesmo que, dessa forma, se esteja comprando mais do que o necessário.

Outra razão para que algumas empresas produzam ou comprem mais do que necessitam no momento é manter uma margem de segurança para o caso de variações não planejadas, tanto na demanda como no fornecimento.

Atividade 3

A fábrica de brinquedos Enjoy produz o boneco Falcon. O setor de programação da produção da empresa detectou que faltavam algumas botas para os bonecos da linha Falcon Soldado. O planejamento mestre da produção tinha detectado uma necessidade de 15 pares de botas e o estoque desse componente apresentava apenas 5 pares. De acordo com o gestor da produção, a necessidade real seria de 20 pares de botas e não de 15 pares conforme identificado pelo plano mestre, isso gerou a falta de componentes e a paralisação temporária da linha de produção dos bonecos. Diante dessa situação, explique a interdependência entre o plano mestre e o MRP.



Resposta Comentada

Essa situação deixa bem clara a relação entre o plano mestre e o MRP. Uma informação errada em nível hierárquico gera problemas em outro inferior. Quanto menos inexatas as informações sobre: o que, quando e quanto produzir, menos problemas a empresa terá na hora de fabricar seus produtos. Por isso, os planos são constantemente revisados e atualizados.

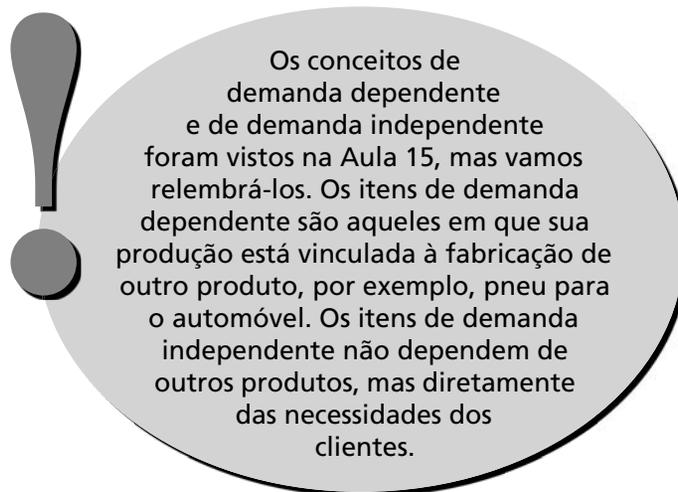
Outra questão relevante é a participação do gerente, pois apesar dos sistemas atuais serem informatizados, o conhecimento do funcionamento dos processos permite a solução de problemas. Em um caso real, o gestor poderia ter corrigido manualmente a necessidade de 15 pares de botas para 20 pares, evitando assim a parada da produção.

CONCLUSÃO

A experiência de quase três décadas mostra que o ponto crucial para a implantação bem-sucedida de um sistema MRP não está na lógica em si nem no aplicativo escolhido: um *software* robusto e de qualidade é condição necessária, mas não suficiente, para uma implantação de sucesso.

O comprometimento da alta direção com os objetivos da implantação, o treinamento intensivo e continuado em todos os níveis da organização e, por fim, o gerenciamento adequado do processo de instalação do MRP devem ser considerados para que a implantação e a operação do sistema tragam benefícios, em termos de vantagens competitivas para a empresa.

O planejamento das necessidades de materiais (MRP) é um sistema computadorizado de programação e informação que permite o gerenciamento dos estoques de demanda dependente porque: (1) leva em consideração a relação entre os planos de produção e a demanda de componentes; (2) proporciona visibilidade antecipada para o planejamento e para a resolução de problemas; e (3) oferece uma forma de alterar os planos de materiais em consonância com as mudanças na programação da produção.



Atividade Final

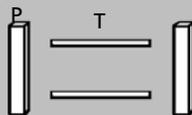
Com as informações sobre a fabricação da cadeira Max Conforto:



- desenhe a estrutura do produto;
- construa a lista de materiais do tipo nível único;
- identifique em quanto tempo ela pode ser entregue para o consumidor;
- calcule quantas pernas tipo (P) serão necessárias para fabricar dez cadeiras. Considere que todos os componentes são comprados e montados em um dia, ou seja, cada nível de montagem leva um dia para ser feito.

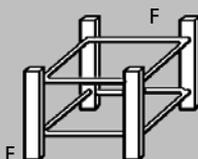
Montagem dos pares de pernas (F)

Una 2 pernas (P) com 2 travessas (T), uma na parte de cima e outra na parte de baixo das pernas.



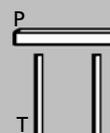
União dos pares de pernas (G)

Junte os 2 pares de pernas (F) por meio de 4 travessas (T), sendo 2 no alto e 2 na parte de baixo das pernas.



Montagem da base do encosto (E)

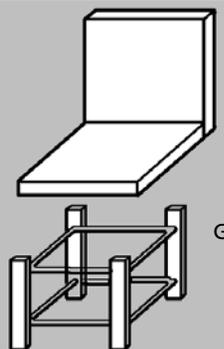
Una 2 travessas (T) com uma perna (P).



Una o assento (A) com o encosto (E). Coloque a almofada (C) no assento e no encosto, fixando-a.

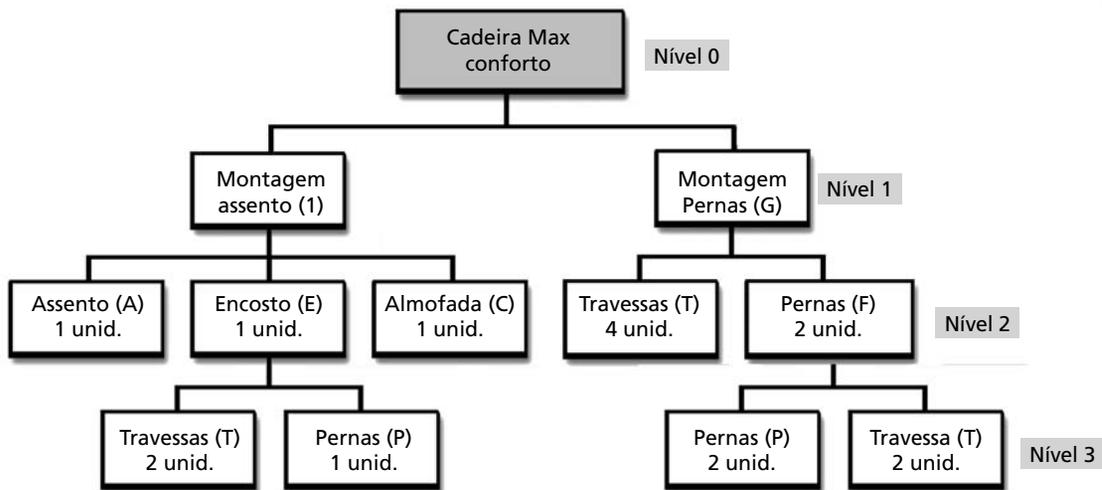


Para finalizar a montagem da cadeira, una estas duas partes.



Respostas Comentadas

a. Para facilitar o desenho da estrutura do produto, começamos de trás para frente, ou melhor, da montagem final da cadeira até chegar ao nível mais baixo.



b. Com a estrutura do produto pronta, fica mais fácil construir a lista de materiais tipo nível único.

Item número: 02568 Descrição: Cadeira Max Conforto Nível: 0			
Nível	Item	Descrição	Quant.
1	000	Montagem do assento (I)	1
1	111	Montagem das pernas tipo (G)	1

Item número: 000 Descrição: Montagem do assento (I) Nível: 1			
Nível	Item	Descrição	Quant.
2	001	Assento (A)	1
2	002	Montagem do Encosto (E)	1
2	003	Almofada (C)	1

Item número: 111 Descrição: Montagem das pernas tipo (G) Nível: 1			
Nível	Item	Descrição	Quant.
2	112	Travessas (T)	4
2	113	Montagem das pernas (F)	2

Item número: 002 Descrição: Montagem do encosto (E) Nível: 2			
Nível	Item	Descrição	Quant.
3	112	Travessas (T)	2
3	023	Pernas (P)	1

Item número: 113 Descrição: Montagem das pernas (F) Nível: 2			
Nível	Item	Descrição	Quant.
3	112	Travessas (T)	2
3	023	Pernas (P)	2

Observe que componentes iguais devem permanecer com o mesmo código, independente do nível em que eles se encontrem.

c. A cadeira ficará pronta em três dias: um dia para a montagem do nível 2; um dia para a montagem do nível 1 e mais um dia para a montagem final.

d. Duas unidades do componente perna (P) são utilizadas na montagem da perna (F). A montagem da perna (G) exige dois componentes perna tipo (F), quatro componentes tipo (P) e, por fim, mais um componente tipo (P) na montagem do encosto (E).

Então, para cada cadeira utilizam-se 5 pernas (P) e, conseqüentemente, para cada 10 cadeiras serão necessárias 50 unidades de pernas (P).

RESUMO

O MRP – planejamento das necessidades de materiais – é um sistema de demanda dependente que calcula as necessidades de materiais para satisfazer aos pedidos de vendas previstos ou conhecidos. Ele ajuda a fazer cálculos de volume e tempo baseados na idéia do que será necessário para suprir a demanda no futuro.

O MRP trabalha a partir de planos mestres de produção (PMP), que resumem o volume (quantidades) e os momentos em que os produtos devem ser comprados e produzidos.

Usando a lógica da lista de materiais de produtos (BOM) e os registros de estoque da operação, o programa da produção é “explodido” para determinar quantas submontagens e peças são necessárias e quando serão necessárias, visando cumprir o plano mestre da produção.

Esse processo de explosão do PMP é chamado processo de cálculo das necessidades líquidas do MRP. É realizado em diferentes níveis da estrutura do produto.

Dentro do processo, a “programação para trás” leva em conta o *lead time* necessário para obter peças em cada nível da montagem, a fim de determinar o tempo total de fabricação do produto final.

Um sistema de gestão de demanda precisa realizar a interface com os consumidores para estabelecer as necessidades para o plano mestre da produção. O PMP é uma fonte de referência central sobre o que se espera que o sistema produza e quando.

Listas de materiais e informações sobre a estrutura do produto, com *lead times*, permitem que seja feito o cálculo das necessidades. O registro de estoque contém as informações que permitem que os sistemas MRP verifiquem quantas peças existem em estoque.

O *output* do sistema de planejamento das necessidades de materiais engloba pedidos de compras, planos de materiais e pedidos de trabalho que disparam a compra e a fabricação de peças.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

A aula seguinte permitirá que você entenda como o MRP realiza os cálculos das quantidades necessárias para atender ao plano mestre de produção. Na prática, você aprenderá o que um gestor da produção deve saber para administrar eficientemente os planos de curto prazo.

SITES RECOMENDADOS

- http://www.casadosite.com.br/mrp.htm#_Conteúdo – neste endereço você encontra mais conceitos básicos sobre MRP.
- <http://www.prodel.com.br/conceitoerpmpm.htm> - neste outro endereço, os conceitos de MRP são relacionados com outras tecnologias da informação, como MRP II e ERP.

Gestão da Produção

Referências

Aula 11

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. *Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. São Paulo: Atlas, 2004.

GAITHER, Norman; FRAZIER, Greg. *Administração da produção e operações*. 8.ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. *Administração da produção*. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

Aula 12

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J.; COOPER, M. Bixby. *Gestão logística de cadeias de suprimentos*. Porto Alegre: Bookman, 2006.

GAITHER, Norman; FRAZIER, Greg. *Administração da produção e operações*. 8.ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

O'BRIEN, James A. *Sistemas de informação e as decisões gerenciais na era da internet*. São Paulo: Saraiva, 2002.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. *Administração da produção*. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

Aula 13

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. *Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. São Paulo: Atlas, 2004.

GAITHER, Norman; FRAZIER, Greg. *Administração da produção e operações*. 8.ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. *Administração da produção*. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

Aula 14

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. *Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. São Paulo: Atlas, 2004.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. *Administração da produção*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

Aula 15

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. (Adapt.). *Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. São Paulo: Atlas, 2004.

MARTINS, Petrônio G.; ALT, Paulo Renato C. *Administração de materiais e recursos patrimoniais*. São Paulo: Saraiva, 2000.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. *Administração da produção*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

Aula 16

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. *Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. São Paulo: Atlas, 2004.

MARTINS, Petrônio G.; ALT, Paulo Renato C. *Administração de materiais e recursos patrimoniais*. São Paulo: Saraiva, 2000.

Aula 17

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. *Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. São Paulo: Atlas, 2004.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. *Administração da produção*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

Aula 18

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. *Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. São Paulo: Atlas, 2004.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. *Administração da produção*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

TUBINO, D. F. *Manual de planejamento e controle da produção*. São Paulo: Atlas, 1997. 220p.

Aula 19

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. *Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. São Paulo: Atlas, 2004.

TUBINO, D. F. *Manual de planejamento e controle da produção*. São Paulo: Atlas, 1997. 220p.

Aula 20

ARNOLD, J. R. Tony. *Administração de materiais*. São Paulo: Atlas, 1999.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. *Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. São Paulo: Atlas, 2004.

MOREIRA, Daniel. *Administração da produção e operações*. 5. ed. São Paulo: Pioneira, 2000.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. *Administração da produção*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

ISBN 978-85-7648-660-2



9 788576 486602



UENF
Universidade Estadual
do Norte Fluminense



Universidade Federal Fluminense

uff



UNIRIO



Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo
à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro



**GOVERNO DO
Rio de Janeiro**

SECRETARIA DE
CIÊNCIA E TECNOLOGIA



**UNIVERSIDADE
ABERTA DO BRASIL**

Ministério
da Educação



BRASIL
UM PAÍS DE TODOS
GOVERNO FEDERAL