

## UNIDADE 3 – TEMAS DA PRODUÇÃO QUE ENVOLVEM DECISÕES TÁTICAS

### MÓDULO 1 – ARRANJO FÍSICO DAS INSTALAÇÕES

01

#### 1 - ARRANJO FÍSICO

Arranjo físico de uma operação é a maneira pela qual se encontram dispostos fisicamente os recursos que ocupam espaço dentro da instalação de uma operação. Esses recursos podem incluir uma escrivaninha, um centro de trabalho, um escritório, uma pessoa, uma máquina, um departamento ou outros.

Pode-se dizer que, dentro dos limites estabelecidos pela estratégia competitiva da operação, um bom projeto de arranjo físico pode visar tanto eliminar atividades que não agregam valor, como enfatizar atividades que possam:

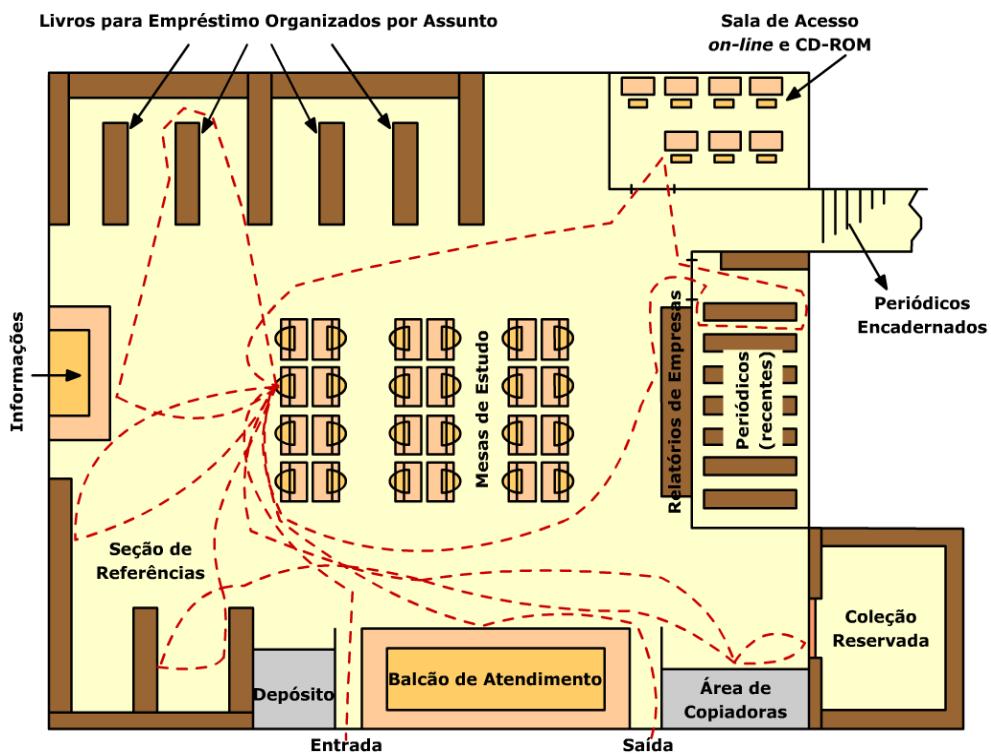
- minimizar os custos de manuseio e movimentação interna de materiais;
- utilizar o espaço físico disponível de forma eficiente;
- apoiar o uso eficiente de mão de obra, evitando que esta se movimente desnecessariamente;
- facilitar a comunicação entre as pessoas envolvidas na operação, quando adequado;
- reduzir tempo de ciclo dentro da operação, sempre que possível, garantindo fluxos mais linearizados e coerentes com a estratégia;
- facilitar a entrada, saída e movimentação dos fluxos de pessoas e de materiais;
- facilitar manutenção de recursos, garantindo fácil acesso;
- facilitar acesso visual às operações, quando adequado;
- encorajar determinados fluxos (por exemplo, os arranjos físicos de alguns supermercados podem induzir fluxos de clientes de forma a aumentar a exposição dos produtos a eles).

Dessa forma, o arranjo físico de uma operação produtiva preocupa-se com a localização física dos recursos de transformação. O arranjo físico é uma das características mais evidentes de uma operação produtiva porque determina sua “forma” e aparência. É aquilo que notamos em primeiro lugar quando entramos pela primeira vez em uma unidade de operação. Também determina a maneira segundo a qual os recursos transformados – materiais, informação e clientes – fluem na operação. Mudanças relativamente pequenas na localização de uma máquina numa fábrica ou dos bens em um supermercado, ou a mudança de salas em um centro esportivo podem afetar o fluxo de materiais e pessoas na operação. Isso, por sua vez, pode afetar os custos e a eficácia geral da produção.

Segundo Slack, há algumas razões práticas pelas quais as decisões de arranjo físico são importantes na maioria dos tipos de produção.

- Arranjo físico é, muitas vezes, uma atividade difícil e de longa duração, em virtude das dimensões físicas dos recursos de transformação movidos.
- O rearranjo físico de uma operação existente pode interromper seu funcionamento suave, levando à insatisfação do cliente ou a perdas na produção.
- Se o arranjo físico (*examinado a posteriori*) está errado, pode levar a padrões de fluxo excessivamente longos ou confusos, estoque de materiais, filas de clientes, tempos de

processamento desnecessariamente longos, operações inflexíveis, fluxos imprevisíveis e altos custos.



Fonte: Slack, Nigel et all. *A Administração da Produção*. São Paulo: Ed. Atlas, 1999, p.165.

Para o projeto do arranjo físico é necessário levar em consideração:

1. produto a ser fabricado;
2. a quantidade a ser fabricada;
3. os roteiros de produção ou sequências de operações utilizadas;
4. os serviços de suporte ou funções auxiliares que devem suprir o fluxo em questão;
5. tempo dispendido na produção; quando deve ser produzido, e em que frequência.
6. quando deve ser produzido, e em que frequência.

02

Os três tipos de Arranjo físico correspondem aproximadamente aos três modelos de sistemas de produção já estudados, ou seja:

Sistema de produção

Sistema de Produção interminente

Grandes projetos

De certa forma, as características desses arranjos físicos são os dos sistemas de produção que lhes correspondem. Os arranjos físicos padronizados são os seguintes:

- **Arranjo físico por produto ou linear:** corresponde ao sistema de produção contínua (como as linhas de montagem e as indústrias de processo);
- **Arranjo físico por processo ou funcional:** corresponde ao sistema de produção de fluxo intermitente (como a produção por lotes ou encomendas);
- **Arranjo físico de posição fixa ou posicional:** corresponde ao sistema de produção em projetos;
- **Arranjo físico celular:** o objetivo desse arranjo físico é montar minifábricas dentro da fábrica.

### EXEMPLO

Qual das afirmações abaixo é falsa :

- 1 - O arranjo físico recomendado para uma padaria é por processo ou funcional;
- 2 - Uma fábrica de sapatos pode utilizar o arranjo físico por produto ou em linha;
- 3 - Um banco deve utilizar um arranjo físico por produto;

### **SOLUÇÃO**

Para responder essas questões, inicialmente, deve-se identificar qual o tipo de sistema de produção para cada processo.

Numa PADARIA o SISTEMA DE PRODUÇÃO É DE FLUXO INTERMITENTE, pois temos vários produtos produzidos e vendidos, e que são organizados de acordo com a função, de tal modo que um ARRANJO FÍSICO POR PROCESSO ou FUNCIONAL é recomendado.

Numa FÁBRICA DE SAPATOS podemos produzir UM ÚNICO MODELO OU POUcos MODELOS COM PEQUENAS VARIAÇÕES cujo SISTEMA DE PRODUÇÃO É CONTÍNUA OU EM LINHA, logo o ARRANJO FÍSICO mais indicado é POR PRODUTO OU EM LINHA.

Por outro lado, se houver grandes variações nos modelos, ou seja, VÁRIOS MODELOS sendo produzidos onde várias sequências distintas podem existir, nesse caso, O SISTEMA DE PRODUÇÃO É DE FLUXO INTERMITENTE e O ARRANJO FÍSICO mais recomendado é POR PROCESSO OU FUNCIONAL.

NUM BANCO existem vários produtos (serviços) oferecidos aos clientes, desde pagar conta, fazer aplicações, pedir orientação, etc, nesse caso, O SISTEMA DE PRODUÇÃO É DE FLUXO INTERMITENTE e o ARRANJO FÍSICO RECOMENDADO É O FUNCIONAL OU POR PROCESSO.

LOGO, A AFIRMATIVA FALSA É A 3

**03**

## **2 - ARRANJO FÍSICO POR PRODUTO OU LINEAR**

O arranjo físico por produto ou linear é aquele em que os recursos produtivos são arranjados levando em conta a sequência de operações necessárias para executar o produto ou serviço.

Esses arranjos físicos são projetados para permitir um fluxo linear de materiais ao longo da instalação que faz os produtos. As montadoras de automóveis são bons exemplos de instalações que usam um

arranjo físico por produto. Os arranjos físicos por produto tipicamente utilizam máquinas especializadas que são configuradas uma vez para executar uma operação específica durante um longo período de tempo em um produto. A mudança dessas máquinas para um novo projeto de produto requer longos períodos de inatividade e é dispendiosa. As máquinas são organizadas, normalmente, em departamentos de produção. Os trabalhadores em arranjos por produto executam repetidamente uma estreita variedade de atividades em somente alguns projetos de produto. A quantidade de habilidade, treinamento e supervisão necessária é pequena.

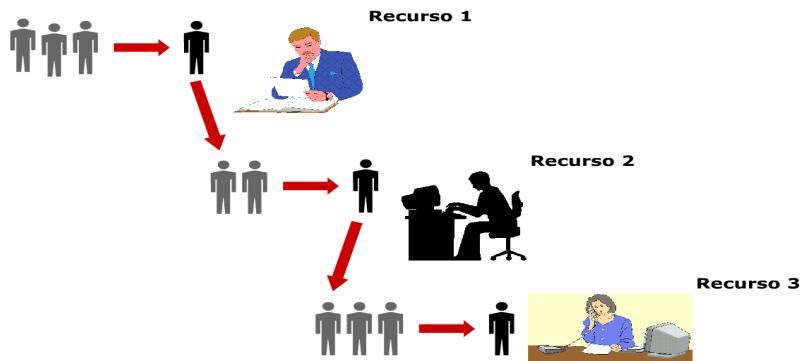
Para que valha a pena organizar os recursos com base no serviço específico, normalmente é necessário que o serviço seja produzido de forma repetitiva e uniforme (mais padronizado), produzido em grandes quantidades.

Pense numa lanchonete do tipo *fast food*. Os clientes chegam e percorrem as mesmas operações na mesma sequência:

1. escolhem o que vão comer olhando para o menu luminoso na parede;
2. entram na fila do caixa;
3. fazem o pedido;
4. aguardam o pedido ser atendido;
5. pagam o serviço;
6. vão à mesa;
7. comem;
8. levam suas embalagens ao lixo;
9. deixam o local.

Os recursos são organizados de modo a favorecer o fluxo rápido e eficiente de clientes, como numa linha de montagem: os recursos são organizados na sequência em que o serviço é prestado com o fluxo passando de um recurso a outro numa sequência predeterminada.

Na indústria, este tipo de arranjo físico é pouco utilizado, pois exige grandes investimentos em máquinas e equipamentos. Suas características são:



Fonte: Gianesi, Irineu G. N. e Correia, Henrique Luiz. *Administração Estratégica de Serviços*. São Paulo: Ed. Atlas, 1994, p.141.

- (a) produtos fabricados em grandes quantidades;
- (b) produtos semelhantes entre si;

- (c) equipamentos dedicados;
- (d) utilizados em sistemas de produção contínuos;
- (e) produção e controle da produção mais simplificado;
- (f) exige balanceamento da linha de produção;
- (g) equipamentos dispostos de acordo com a sequência de operações.

Exemplo: montadoras de veículos, petroquímica, etc.

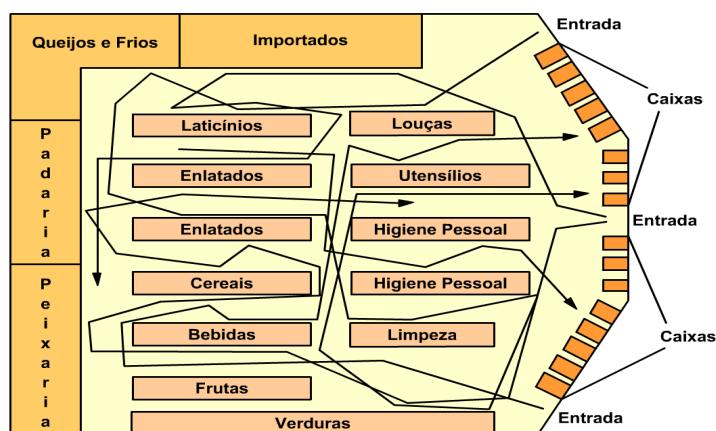
**04**

### 3 - ARRANJO FÍSICO POR PROCESSO OU FUNCIONAL

Este é o tipo mais comum de arranjo físico utilizado nas empresas industriais. São projetados para acomodar a variedade de projetos de produto e etapas de processamento.

Os arranjos físicos por processo tipicamente usam máquinas de uso geral que podem ser mudadas rapidamente para novas operações.

O arranjo físico por processo é aquele em que os recursos são arranjados considerando sua função. Recursos com função similar ficam agrupados juntos. A sequência de operações não é fixa, portanto este tipo de arranjo físico é mais adequado a sistemas de operações que prestam serviços variados, cujas atividades elementares não necessariamente não são, necessariamente, executadas na mesma sequência. Em um supermercado, por exemplo, a sequência em que os clientes percorrem os diversos setores que têm produtos similares: laticínios, produtos de limpeza, importados etc. não é fixa (embora alguns supermercados busquem direcionar o fluxo para maximizar a exposição dos produtos aos clientes). Produtos similares estão agrupados e os clientes fazem roteiros de compras entre os diversos setores de acordo com sua melhor conveniência. Os diversos setores “funcionais” não são conectados e os fluxos não seguem uma sequência predeterminada.



Fonte: GIANESI, Irineu G. N. e CORREIA, Henrique Luiz. *Administração Estratégica de Serviços*. São Paulo: Ed. Atlas, 1994, p.142.

Suas características são:

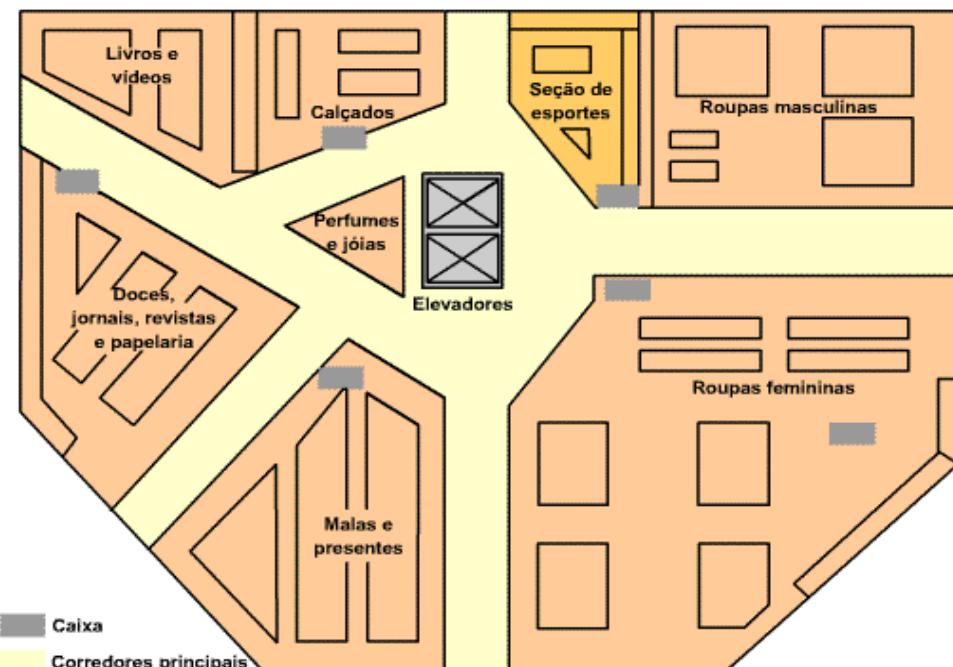
- (a) máquinas e equipamentos fixos, em que o produto se movimenta;
- (b) produtos e roteiros muito variados;
- (c) utilizados em sistemas de produção intermitente;
- (d) máquinas e equipamentos agrupados por função (soldagem, montagem, usinagem etc.);
- (e) equipamentos de média flexibilidade;
- (f) programação e controle da produção mais complexa;
- (g) problemas de qualidade detectados após a produção do lote inteiro;
- (h) formação de filas de lotes nas máquinas (conforme esquema a seguir).

05

#### 4 - ARRANJO FÍSICO CELULAR

O arranjo físico celular tenta aumentar a eficiência do geralmente ineficiente arranjo físico funcional, tentando, entretanto, não perder muito de sua desejável flexibilidade. Fundamentado num conceito às vezes chamado tecnologia de grupo, recursos não similares são agrupados de forma que, com suficiência, consigam processar um grupo de itens que requeiram similares etapas de processamento.

O objetivo desse tipo de arranjo físico é montar minifábricas dentro da fábrica para diferentes famílias de produtos. Famílias são grupos de produtos com características semelhantes, tais como: geométrica, de processo etc. E, essas características são as seguintes:



Fonte: Slack, Nigel et all. *A Administração da Produção*. São Paulo: Ed. Atlas, 1999, p.166.

- a) lotes de tamanho médio;
- b) produtos e roteiros variados;

- c) agrupamento – geralmente em forma de U – das máquinas e equipamentos necessários para a produção da família;
- d) utilização de operários polivalentes, ou seja, capazes de exercer diversas funções;
- e) ajuste ao *Just-In-Time*.

06

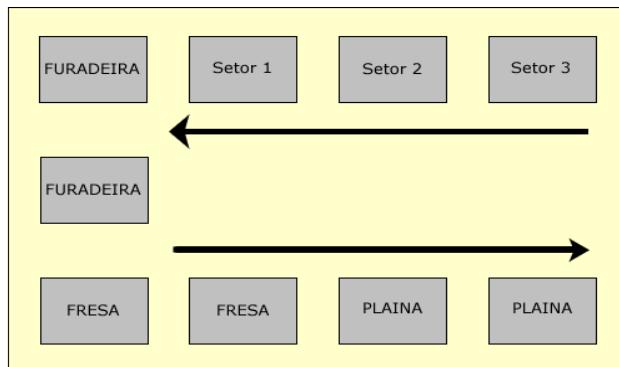
Uma célula constitui um agrupamento de máquinas dedicadas a uma família de produtos com roteiros de produção semelhantes, isto é, que necessitam das operações das mesmas máquinas na mesma sequência de processamento. Essas máquinas são distribuídas em forma de sequência preferencial da família.

Nas células, o agrupamento das máquinas diminui as filas intermediárias e as peças processadas fluem continuamente – uma a uma ou em pequenos grupos – de uma operação para a seguinte. Desta forma, o tempo entre o início da primeira e o fim da última operação coincide aproximadamente com o total de processamento e manuseio de uma peça, eliminando ao máximo os componentes do tempo de ciclo que não agregam valor, como se verifica no quadro a seguir:

Componentes do tempo de ciclo	Agregação de valor ao produto
Tempos de processamento	sim
Tempos de espera	não
Tempos de movimentação	não
Tempos de inspeção	não

07

Um esquema de célula de manufatura e seu fluxo de materiais podem ser visualizados no “Arranjo físico celular em U” como se segue:



Além da redução do tempo de ciclo, o arranjo físico das máquinas em células permite a redução da área, tornando o espaço fabril menos saturado e disponível para futura expansão da capacidade. São responsáveis também pela redução do tempo de ciclo.

Com a organização do trabalho em grupos, executa-se um lote por vez, controla-se a qualidade na fonte e elimina-se o retrabalho, permitindo que cada lote deixe de concorrer com os demais lotes pelos

recursos produtivos. Cada membro do grupo preocupa-se em realizar corretamente suas operações, de modo a não prejudicar a operação seguinte, e, consequentemente, o fluxo de produção da célula. Estabelece-se o conceito de fornecedores e clientes internos na célula, o fornecedor realizando as operações de acordo com a melhor qualidade possível.

Torna-se fundamental, para o controle de qualidade na fonte, monitorar o desempenho das máquinas e realizar intervenções de caráter preventivo contra desregulagens e quebras.

#### Tempo de ciclo

**O tempo de ciclo expressa a frequência com que uma peça deve sair da linha de produção ou, em outras palavras, o intervalo de tempo entre duas peças consecutivas.**

08

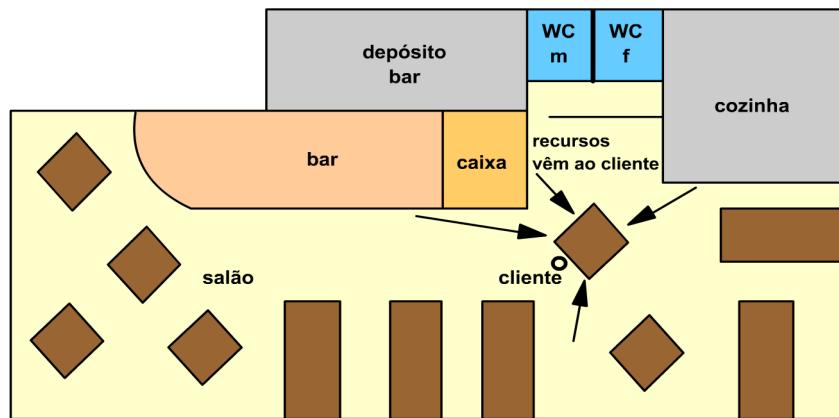
## 5 - ARRANJO FÍSICO POSICIONAL

O arranjo físico posicional caracteriza-se por manter estacionário o material (ou a pessoa) processado pela operação, devido à impossibilidade, inviabilidade ou inconveniência de fazê-lo mover-se entre as etapas do processo.

O projeto de arranjo físico posicional coloca os recursos produtivos em uma posição, o mais próximo possível do local em que serão utilizados. Nesse tipo de arranjo físico, o cliente, em vez de se deslocar entre os recursos, como nos casos do arranjo físico por produto e por processo, fica estacionário em uma posição definida. Este é o caso de um restaurante convencional, no qual os clientes, ao chegarem, são conduzidos às mesas e se sentam. A partir daí, o garçom leva-lhes o cardápio, espera alguns minutos, vem tomar o pedido, traz as bebidas, traz os pratos quando estes ficarem prontos, depois vem recolher os pratos, trazer a conta, buscar o pagamento e, finalmente, trazer o troco. Nesse caso, os recursos produtivos e bens facilitadores é que vão ao encontro dos clientes, que permanecem estacionários. Este é provavelmente o tipo de arranjo menos eficiente que o arranjo linear para um restaurante, mas em compensação permite maior grau de contato com o cliente, permitindo muitas vezes a personalização dos serviços.

Uma vez que o recurso produtivo é que se movimenta, a priorização na disposição dos subprocessos em torno do produto a ser fabricado deve levar em consideração:

- (a) o volume de material transportado até o local de aplicação;
- (b) as dimensões da unidade de movimentação;
- (c) o método de transporte;
- (d) a quantidade de percursos até o local de aplicação;
- (e) a origem e o destino do material transportado;
- (f) o acesso ao local de aplicação;
- (g) a disponibilidade de equipamentos adequados para a movimentação.



Fonte: GIANESI, Irineu G. N. e CORREIA, Henrique Luiz. *Administração Estratégica de Serviços*. São Paulo: Ed. Atlas, 1994, p. 143.

09

Assim, a disposição das máquinas e equipamentos em um arranjo físico posicional está ligada à movimentação de materiais e aos acessos ao local de aplicação. Deve-se ressaltar que a distância até o local de aplicação varia no decorrer do processo produtivo, como é o caso de lajes em um edifício, ou setores de um navio que estão sendo construídos.

Alguns exemplos onde o arranjo físico posicional é utilizado:

1. a construção civil - em geral, é impossível um edifício mover-se entre etapas de um processo produtivo;
2. estaleiros;
3. aviões de grande porte;
4. restaurantes convencionais- o cliente fica sentado e os recursos se deslocam até ele;
5. unidades de terapia intensiva;
6. *private banking*.

10

## 6. VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS TIPOS BÁSICOS DE ARRANJO FÍSICO

No quadro a seguir apresentam-se as principais vantagens e desvantagens de cada tipo de arranjo físico estudado.

Tipo de AF	Vantagens	Desvantagens
PRODUTO LINEAR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixos custos unitários para altos volumes.</li> <li>• Dá oportunidade para especialização de equipamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pode ter baixa flexibilidade de mix.</li> <li>• Não muito robusto contra interrupções.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Movimentação de clientes e materiais convenientes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalho pode ser repetitivo.</li> </ul>
<b>PROCESSO FUNCIONAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alta flexibilidade de mix e produto.</li> <li>Relativamente robusto em caso de interrupção de etapas.</li> <li>Supervisão de equipamentos e instalações relativamente fácil.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baixa utilização de recursos.</li> <li>Pode ter alto estoque em processo ou filas de clientes.</li> <li>Fluxo complexo pode ser difícil de controlar.</li> </ul>
<b>CELULAR</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pode dar um bom compromisso entre custos e flexibilidade para operações com variedade relativamente alta.</li> <li>Atravessamento rápido.</li> <li>Trabalho em grupo pode resultar em melhor motivação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reconfigurar o arranjo físico atual pode ter alto custo.</li> <li>Pode requerer capacidade adicional.</li> <li>Pode reduzir níveis de utilização de recursos.</li> </ul>
<b>POSICIONAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flexibilidade de mix de produto muito alta.</li> <li>Produto ou cliente não movido ou perturbado.</li> <li>Alta variedade de tarefas para a mão de obra.</li> <li>Alto grau de customização.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Custos unitários muito altos.</li> <li>Programação de espaço ou atividades pode ser complexa.</li> <li>Baixa eficiência.</li> <li>Pode significar muita movimentação de equipamentos e mão de obra.</li> </ul>

11

## RESUMO

A decisão de alterar o arranjo físico é particularmente importante porque mudar o arranjo físico é, em geral, uma tarefa difícil e longa, além de prejudicial ao funcionamento suave da operação. Dessa forma, não é decisão tomada com frequência. Por outro lado, se o arranjo físico se torna inadequado, o fluxo de pessoas e materiais na operação pode tornar-se confuso e oneroso.

O procedimento para a decisão de alterar o arranjo físico começa com a decisão do tipo de processo, que será influenciada pela característica de volume-variedade da operação assim como por seus objetivos de desempenho estratégico. O tipo de processo influencia, até certo ponto, a decisão sobre qual dos quatro tipos básicos de arranjo físico têm maior probabilidade de adequar-se às necessidades da operação. Escolhido o tipo básico de arranjo físico, o seu projeto detalhado pode ser iniciado.

Há quatro tipos básicos de arranjo físico. São eles:

- arranjo físico por produto;
- arranjo físico por processo;
- arranjo físico posicional;

- arranjo físico celular.

O arranjo físico por produto é aquele em que os recursos de transformação estão configurados na sequência específica para a melhor conveniência do produto ou do tipo de produto.

O arranjo físico por processo mantém todos os recursos similares da operação juntos. Os diferentes tipos de recursos que sofrem transformação percorrerão seus roteiros ao longo da operação, de acordo com suas necessidades de processamento. Esse tipo de arranjo físico é empregado, em geral, quando a variedade é relativamente alta.

O arranjo físico posicional é normalmente usado quando os materiais e as pessoas transformados são muito grandes ou muito delicados, ou objetariam ser movidos.

O arranjo físico celular é aquele em que os recursos necessários para uma classe particular de produtos são agrupados ou "juntados", de alguma forma. Arranjo físico do tipo "loja dentro da loja" em operações de varejo e maternidades em hospitais são exemplos de arranjo físico celular.

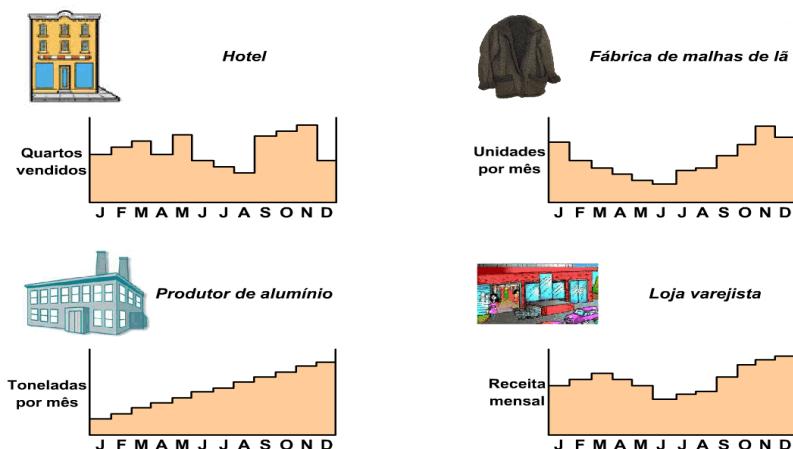
## UNIDADE 3 – TEMAS DA PRODUÇÃO QUE ENVOLVEM DECISÕES TÁTICAS

### MÓDULO 2 – PREVISÃO DE DEMANDA

01

#### 1 - MÉTODOS DE PREVISÃO

Planejar é atividade comum a qualquer tipo de empresa, qualquer que seja o tamanho ou o ramo a que se dedique. Entretanto, uma grande e importante base comum a todo planejamento é a previsão de demanda. É necessário saber quanto de seus produtos ou serviços a empresa planeja vender no futuro, pois essa expectativa é o ponto de partida, direto ou indireto, para praticamente todas as decisões. As vendas podem depender de muitos fatores – aumento vegetativo da população, situação da economia mundial, movimentos de mercados internacionais, esforços para aumentar a participação da empresa no mercado etc. – mas uma previsão, por mais imperfeita que seja, sempre é necessária.



Fonte: Slack, Nigel et all. *A Administração da Produção*. São Paulo: Ed. Atlas, 1999, p.260.

A previsão de demanda é, pois, um processo racional de busca de informações acerca do valor das vendas futuras de um item ou de um conjunto de itens.

A avaliação do potencial de mercado (projeção de demanda) pode apoiar-se em métodos quantitativos e qualitativos.

02

## 2 – PRINCIPAIS ERROS COMETIDOS PELAS EMPRESAS QUANTO A PREVISÕES

Segundo Correa, previsão, sobretudo de demanda, é, em geral, um dos assuntos mais controversos dentro das organizações e um dos que mais suscitam polêmica entre setores. Em muitas empresas os conceitos de previsões com metas se confundem.

Previsões são estimativas de como se comportará o mercado demandante no futuro, são especulações sobre o potencial de compra do mercado. Metas são a parcela desse potencial de compra do mercado a que a empresa deseja atender e pode ter um objetivo motivacional, de incentivo à maior proatividade dos vendedores, por exemplo.

Podemos, então, formular o primeiro dos erros frequentemente encontrados nas empresas, quanto a previsões.

**Erro 1 das previsões: confundir previsões com metas e, um erro subsequente, considerar as metas como se fossem previsões.**

Em muitas situações, as pessoas mais ligadas aos setores comerciais é que ficam responsáveis por produzir as previsões de demanda que irão fundamentar várias decisões de vários outros setores. São, com frequência, os primeiros a serem acusados por “errar as previsões”.

Contudo, é inócua a discussão sobre “acertar” ou “errar” previsões, pois estão sempre erradas. Deve ficar claro, entretanto, que faz total diferença, para a gestão de operações, o quanto se erra nas previsões.

**Erro 2 das previsões: gastar tempo e esforço discutindo-se se “acerta” ou “erra” nas previsões, quando o mais relevante é discutir “o quanto” se está errando e as maneiras de alterar os processos envolvidos, de forma a reduzir esses “erros”.**

Para gestores de operações, é importantíssimo saber não só quanto se espera ter de demanda ou vendas, mas também saber qual é o erro esperado para essa previsão. Em outras palavras, para operações, previsões são sempre constituídas por dois números:

Ou seja, os profissionais de operações necessitam de dois números:

1. uma estimativa da demanda ou da venda; e
2. uma estimativa do erro de previsão esperado, pois desta estimativa derivarão importantes decisões sobre os “colchões” de segurança que serão dimensionados para a operação.

Erro 3 das previsões: levar em conta, nas previsões que servirão para apoiar decisões em operações, um número só. Previsões, para operações, devem sempre ser consideradas com dois “números”: a previsão em si e uma estimativa do erro desta previsão.

Outro erro frequente nas empresas, quando se trata de previsões, é a ideia: “Tentamos muito fazer previsões de forma técnica, mas continuávamos a errar, então paramos!” Dois contra-argumentos para ideia são: errar é normal em previsões; e, que interessa é “quanto” erramos. E, quanto menos erramos, menos colchões de segurança - e custos correspondentes – teremos. Portanto, vale a pena continuar a colocar esforços no sentido de melhorar a qualidade de previsões, mesmo que os erros continuem grandes.

Erro 4 das previsões: desistir ou não se esforçar o suficiente para melhorar os processos de previsão, por não se conseguir “acertar” as previsões, quando, em operações, não se necessita ter previsões perfeitas, mas previsões consistentemente melhores que as da concorrência.

03

### 3 - CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS DE PREVISÃO

#### 3.1 - Métodos qualitativos

São métodos que têm como base o julgamento de pessoas que, de forma direta e indireta, tenham condições de opinar sobre a demanda futura, tais como gerentes, vendedores, clientes, fornecedores etc. A avaliação qualitativa busca informações subjetivas do mercado consumidor, por meio da utilização de entrevistas ou questionários junto ao mercado consumidor ou aos intermediários da cadeia de abastecimento como compradores, vendedores ou gerentes dessas áreas. A seguir, uma breve revisão **dos principais métodos qualitativos de previsão**:

1. **Método Delphi.** O processo Delphi é interativo e permite que especialistas, às vezes localizados em pontos distantes entre si, incorporem o consenso de suas opiniões subjetivas ao processo de previsão. Comumente se envolvem de 6 a 12 especialistas no processo. Consiste nos seguintes passos: em primeiro lugar, propõe-se ao grupo determinada pergunta bem específica sobre alguma variável que se queira prever. Em seguida, coletam-se as várias opiniões, de forma sigilosa e individual. O coordenador do processo trata essas opiniões, estatisticamente, e retorna o resultado aos participantes. Estes são, então, solicitados a refazer suas estimativas. Recolhem-se e realimentam-se interativamente as opiniões e elas são tratadas até que o processo de convergência das opiniões atinja um nível desejado.
2. **Júri de executivos.** Esse método procura capturar a opinião de pequenos grupos, em geral, de executivos de nível alto sobre alguma variável que pretenda prever.
3. **Força de vendas.** Nessa abordagem, cada vendedor ou representante de força de vendas emite uma estimativa do volume de vendas para seus territórios. As previsões de cada vendedor são agregadas para formar uma previsão geral para a empresa.
4. **Pesquisa de mercado.** Esse método solicita diretamente dos possíveis clientes ou consumidores sua intenção de compra futura (“Quantas horas de Internet você pretende utilizar

nos três próximos meses?”)

**5. Analogia histórica.** Esse método qualitativo procura identificar produtos similares dos quais se possuem dados para, por analogia, melhor estimar, por exemplo, um produto novo.

04

### 3.2 - Métodos quantitativos

São os métodos de previsão que se baseiam em séries de dados históricos nas quais se procura, mediante análises, identificar padrões de comportamento para que estes sejam então projetados para o futuro. **Métodos quantitativos** são os que utilizam modelos matemáticos para chegar aos valores previstos. Oferecem resultados claros, embora não necessariamente exatos quanto ao crescimento ou queda de aceitação; participação de um produto; participação da concorrência no mercado; estimativa da população e sua frequência de compra. Uma série histórica de dados é uma sequência de dados sobre determinada variável equiespaçada no tempo (por exemplo, dados de vendas diárias, semanais, quinzenais, mensais).



#### 3.2.1 - Métodos quantitativos para demanda relativamente estável

Os modelos quantitativos mais simples para previsão são aqueles que assumem que a demanda encontra-se relativamente estável, flutuando aleatoriamente em torno de um patamar que se deseja estimar. É vão o esforço de tentar prever a flutuação aleatória; portanto, é necessário atenuar, suavizar seu efeito quando se estimar o valor do patamar. Uma forma de fazer isso é usar modelos de médias móveis.

**Métodos das médias.** O conjunto de modelos denominado genericamente de métodos das médias possui algumas peculiaridades, a saber:

- (a) a previsão é sempre obtida por meio de algum tipo de média, que leva em consideração valores reais anteriores da demanda;
- (b) ao contrário do que acontece com as regressões, só é possível prever um período à frente, embora se possam conceber adaptações para obter maior número de previsões futuras;
- (c) as médias são móveis, o que significa que, a cada nova previsão, são abandonadas, ou mais fracamente ponderados os valores mais antigos da demanda real e incorporados os mais novos.

05

- Média aritmética - reflete o comportamento médio de um período, sem considerar tendências. Admitindo-se os seguintes dados:

Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Venda	20	22	24	26	24	26	26	28	28	30	32

A média aritmética será o resultado da divisão do somatório das vendas pelo número de anos:

$$\text{média} = \Sigma \text{vendas}/n = (20+22+24+26+24+26+26+28+28+30+32)/11 = 26$$

06

- **Média móvel simples** – considera-se um período restrito de tempo e calcula-se a projeção para o período imediato, ou seja, a previsão para o período  $t$ , imediatamente futuro, é obtida tomando-se a média aritmética dos  $n$  valores reais da demanda imediatamente passados.

Mês	Demand Real (1.000 unid.)
Junho	10
Julho	12
Agosto	15
Setembro	14

Inicialmente, deve-se escolher o valor de  $n$ . Essa escolha é relativamente arbitrária. Como regra geral, quanto maior  $n$ , mais os efeitos sazonais serão suavizados. Supõe-se para o exemplo acima  $n=3$ , o que implica dizer que a demanda prevista para qualquer mês será sempre a média aritmética das demandas reais dos três últimos meses.

$$\text{Previsão (outubro)} = (12+15+14)/3 = 13,7$$

Dois casos particulares merecem destaque:

- Se  $n = 1$  a previsão se resume em tomar simplesmente o valor da última demanda real verificada;
- Se  $n = 12$ , significa anular completamente todos os efeitos sazonais, distribuídos ao longo do ano.

O método da média móvel simples pode ser eficiente quando a demanda é estacionária, ou seja, quando ela varia em torno de um valor médio.

Para demandas crescentes ou decrescentes ao longo do tempo, a tendência é que a previsão fornecida pelo método esteja sempre em atraso, em relação aos valores reais.

O método não é eficiente para capturar as variações sazonais, podendo mesmo acobertá-las quase completamente, dependendo do valor escolhido para  $n$ .

07

- **Média móvel ponderada** - esse método possui em comum com o método da média móvel simples, a escolha de  $n$  valores reais anteriores da demanda, para a composição da média. Diferentemente da MMS, os valores recebem pesos diferentes, geralmente refletindo a maior importância dada aos valores mais recentes da demanda.



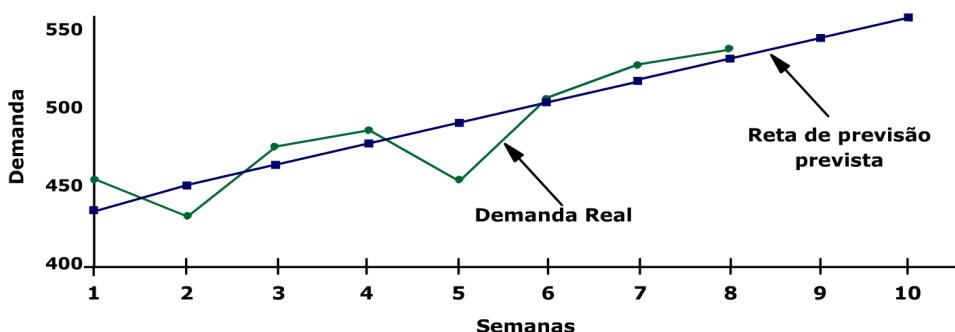
No exemplo anterior, poder-se-ia adotar os pesos 0.2, 0.3 e 0.5 (nesse caso  $n = 3$ ) para demandas reais de julho, agosto e setembro, respectivamente. A previsão para outubro seria:

$$\text{Previsão (outubro)} = 0.2(12) + 0.3(15) + 0.5(14) = 13.9$$

Nesse caso, a soma dos pesos deve ser igual 1. Como no caso da MMS, a escolha de  $n$  é arbitrária, tal como o é a escolha dos pesos. A vantagem do MMP sobre MMS é que os valores mais recentes da demanda, que podem estar revelando alguma tendência, recebem importância maior. Entretanto, valem aqui as mesmas observações quanto ao valor de  $n$ ; quanto maior for, mais a previsão suavizará os efeitos sazonais e mais lentamente responderá a variações na demanda.

08

- **Média móvel exponencialmente ponderada de 1<sup>a</sup> ordem** - esse modelo é mais sofisticado e muito mais utilizado do que os dois anteriores. A previsão atinge, em princípio, apenas um período imediatamente à frente.



Fonte: Tubino, Dalvio Ferrari. *Manual de Planejamento e Controle da Produção*. São Paulo: Ed. Atlas, 1997, p.76.

A previsão para o período  $t$  é dada por uma fórmula empírica:

$$\text{Previsão (t)} = \text{Previsão (t-1)} + \text{Fração do erro (t-1)}$$

que se interpreta como: a previsão para o período  $t$  é igual à previsão para o período  $t-1$ . Em termos simbólicos, pode-se escrever:

$$D_t = D_{t-1} + (Y_{t-1} - D_{t-1})$$

$\alpha$  = constante de suavização (fração do erro)

$D_t$  = previsão para o período  $t$

$D_{t-1}$  = previsão para o período  $t-1$

$Y_{t-1}$  = demanda real para o período  $(t-1)$

09

**Exemplo:** Retomemos o mesmo exemplo que foi utilizado e ilustrado anteriormente. Assumindo a demanda prevista de junho igual a 10 (coincidente, pois, com o valor real) e adotando  $\alpha = 0.3$ , podemos montar os cálculos abaixo:

Mês	Demand Real Y	Demand Prevista D
Junho	10	10
Julho	12	10
Agosto	15	10,6
Setembro	14	11,9
Outubro	a	12,5

Cálculos:

$$D_{julho} = D_{junho} + \alpha (Y_{junho} - D_{junho}) = 10 + 0,3(10 - 10) = 10$$

$$D_{\text{agosto}} = D_{\text{julho}} + a ( Y_{\text{julho}} - D_{\text{julho}} ) = 10 + 0,3( 12 - 10 ) = 10,6$$

$$D_{\text{setembro}} = D_{\text{agosto}} + a ( Y_{\text{agosto}} - D_{\text{agosto}} ) = 10,6 + 0,3( 15 - 10,6 ) = 11,9$$

$$D_{\text{outubro}} = D_{\text{setembro}} + a ( Y_{\text{setembro}} - D_{\text{setembro}} ) = 11,9 + 0,3( 14 - 11,9 ) = 12,5$$

Lembrando que a finalidade última do modelo é a previsão, é fundamental que se tenha uma série de valores reais passados da demanda à qual o modelo possa ser aplicado. A posse dessa série permite tanto a fixação de um valor inicial para a previsão como a escolha da constante  $a$ .

10

Há pelo menos duas maneiras práticas para se fixar o valor inicial da demanda prevista (a qual não pode ser dada pelo modelo).

- A primeira considera que o valor inicial da demanda é igual ao valor real da demanda da série, uma vez que, se a série de dados passados for suficientemente longa, esse critério não terá qualquer influência nas previsões futuras.
- Outra prática consiste em se tomar como previsão inicial a média aritmética de  $k$  valores reais, imediatamente passados da demanda. Não há uma regra definitiva quanto ao valor de  $k$ , mas costuma-se usar a seguinte fórmula:

$$k = (1/a) - 1$$

Quanto ao valor de  $a$ , ele é normalmente obtido por tentativas, de acordo com as seguintes etapas:

- aplicam-se vários valores de  $a$  aos dados existentes, obtendo-se então várias séries previsões; o valor de  $a$  varia geralmente entre 0 (zero) e 1 (um);
- para cada conjunto de previsões, correspondente a um certo  $a$ , calcula-se uma medida do erro total da previsão em relação aos valores reais;
- escolhe-se o valor de  $a$ , que fornece as previsões com o menor erro total associado.

11

**Métodos da regressão por mínimos quadrados** - interpreta a série numérica por meio da construção de uma reta. Identifica-se o comportamento médio da série que, a partir da reta resultante, permite realizar as projeções desejadas.

Exemplo:

A tabela abaixo mostra as vendas anuais da fábrica XYZ Ltda.

Estime a previsão de vendas para o 12º ano.

ANO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
VENDAS	30	40	38	38	53	50	50	57	62	60	62

Sendo  $Y = a + bX$  a equação da reta em que:

$Y$  = a variável dependente (que será prevista)  
 $a$  = o ponto de intercessão da reta com o eixo y  
 $b$  = a inclinação da reta  
 $X$  = a variável independente

$$\Sigma Y = n a + b \Sigma X$$

$$\Sigma XY = a \Sigma X + b \Sigma X^2$$

CÁLCULO			
X	Y	XY	X <sup>2</sup>
0	30	0	0
1	40	40	1
2	38	76	4
3	38	114	9
4	53	212	16
5	50	250	25
6	50	300	36
7	57	399	49
8	62	496	64
9	60	540	81
10	62	620	100
$\Sigma X = 55$	$\Sigma Y = 540$	$\Sigma XY = 3047$	$\Sigma X^2 = 385$

12

Substituindo os valores assim obtidos nas equações normais, tem-se, lembrando que  $n = 11$

$$540 = 11a + 55b \quad (*)$$

$$3047 = 55a + 385b \quad (**)$$

O sistema de duas equações e duas incógnitas resultante pode ser resolvido multiplicando-se a equação (\*) por (-5) e a adicionarmos à equação (\*\*)

$$-2700 = -55 - 275b$$

$$3047 = 55 + 385b$$

$$347 = 0 + 110b \Rightarrow b = 347/110 = 3,1545 \Rightarrow b = 3.1545$$

Substituindo o valor de  $b$  na equação (\*) original, tem-se:

$$a = (540 - 55b)/11 = (540 - 173.8)/11 = 33.318 \Rightarrow a = 33.318$$

A equação da reta que melhor representa os pontos dados é:

$$Y = 33.318 + 3.1545 X$$

Pode-se ter uma primeira ideia da adequação com que a reta permite prever futuros valores de Y, desde que conhecidos os correspondentes valores de X. Por exemplo, se quisermos o valor estimado de Y para X = 3 (valor real de Y é 38) teremos:

$$Y = 33.318 + 3.1545 * 3 = 42.78$$

Valores reais e previstos

X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
YR	30	40	38	38	53	50	50	57	62	60	62
Y	33.3	36.5	39.6	42.8	45.9	49.1	52.2	55.4	58.6	61.7	64.9

13

## RESUMO

Um modelo genérico de previsão e manutenção dos dados relativos à demanda é composto por cinco passos, a saber: objetivo, coleta e análise dos dados, seleção da técnica de previsão, obtenção das previsões e monitoramento do modelo.

Os modelos de previsão de demanda classificam-se em qualitativos e quantitativos. Os modelos apresentados e exemplificados fundamentam-se em técnicas quantitativas.

As técnicas das médias simples, ponderadas e exponencialmente ponderadas usam dados históricos para calcular uma média das demandas passadas. Essa média é usada como estimativa.

A técnica de regressão linear por mínimos quadrados estabelece relação entre variáveis. Uma variável é conhecida ou assumida, e usada para prever o valor de uma variável desconhecida. Dados antigos estabelecem uma relação funcional entre as duas variáveis.

## UNIDADE 3 – TEMAS DA PRODUÇÃO QUE ENVOLVEM DECISÕES TÁTICAS

### MÓDULO 3 – PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

01

#### 1 - PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Programar e controlar a produção são atividades marcadamente operacionais; encerram um ciclo de planejamento mais longo que teve início com o planejamento da capacidade. Os objetivos da programação da produção – potencialmente conflitantes entre si – são:

- permitir que os produtos apresentem a qualidade especificada;
- possibilitar que máquinas e pessoas operem com os níveis desejados de produtividade;
- reduzir estoques e custos operacionais;
- manter ou melhorar o nível de atendimento ao cliente.

Reducir custos operacionais requer que sejam reduzidos:

- os estoques de produtos acabados,
- de matérias-primas e
- de material em processo.

Por sua vez, atingir a produtividade desejada de pessoas e máquinas pode exigir um grau de ocupação desses recursos que pode levar ao aumento dos estoques. Finalmente, manter ou melhorar o nível de atendimento aos clientes pode também levar ao aumento de estoques, notadamente se a demanda for muito flutuante. Evidentemente, exige-se um balanço e um compromisso finais entre os vários objetivos, que dificilmente poderão ser totalmente atendidos ao mesmo tempo.

02

Em atividades industriais, programar a *produção* envolve, primeiramente, o processo de distribuir as operações necessárias pelos diversos centros de trabalho. Essa fase recebe o nome de **alocação de carga**. Dado que diferentes operações podem aguardar processamento num dado centro, a programação da produção também envolve o processo de determinar a ordem na qual essas operações serão realizadas. A essa fase dá-se o nome de **sequenciamento de tarefas**.

Controlar a produção significa assegurar que as ordens de produção serão cumpridas de forma certa e na data certa. Para tanto, é preciso dispor de um sistema de informações que relate periodicamente sobre: material em processo acumulado nos diversos centros.

03

#### 2 - O PLANO MESTRE DE PRODUÇÃO

Dá-se o nome de Plano Mestre de Produção - PMP - ao documento que diz quais itens serão produzidos, e quanto de cada item, para determinado período. Geralmente, esse período cobre algumas poucas

semanas, podendo chegar a seis meses ou mesmo um ano. O PMP deverá ter aspecto simplificado como demonstra a quadro "Aspecto do plano mestre de produção semanas".

Produto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P1	500			400			500			400
P2		100	100		100	100		100	100	
P3				800						800
Pn		200	300		200	300		200		200

Chegar a um plano mestre de produção, o qual compatibilize as necessidades de produção com a capacidade disponível, pode revelar-se uma tarefa complexa, em especial se os produtos envolvidos exigirem muitas operações, em regime intermitente, com a utilização de mesmo equipamento para diversos produtos.

A partir do momento em que o plano mestre de produção diz o que será feito – quais os produtos e quanto de cada um deles –, começa então o problema de programar e controlar a produção para segui-lo; para tal, estão disponíveis técnicas e métodos.

04

### 3 - PROGRAMAÇÃO PARA SISTEMAS DE VOLUME INTERMEDIÁRIO

É o sistema em que os diversos produtos são feitos na mesma linha de produção, tal como acontece com bebidas, cigarros, refrigeradores, aparelho de som etc.

Toda vez que um produto é programado, é necessária mudança nas linhas, isto é, novo ajuste e preparação de máquinas. Para que isso ocorra, duas perguntas devem ser respondidas:

1. quanto produzir de cada produto?
2. em que ordem devem ser produzidos os produtos?



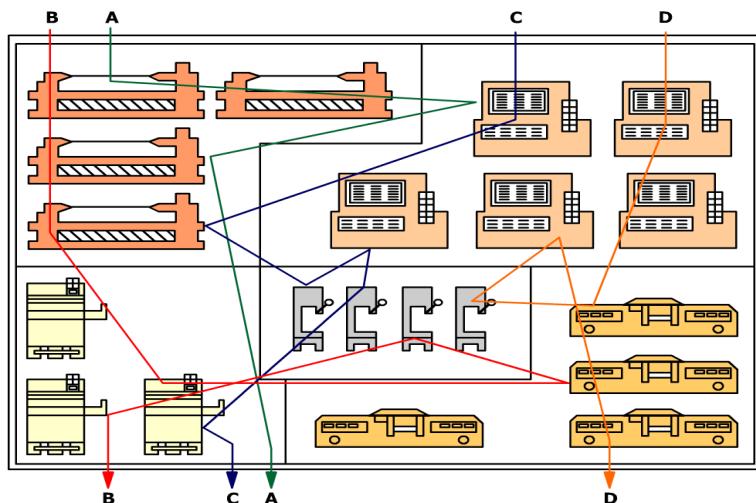
A resposta à pergunta *quanto produzir* pode ser dada de muitas formas, pois não faltam critérios específicos de cada empresa, baseados no bom senso ou em razões de ordem histórica. A teoria elementar dos custos associados aos estoques fornece a quantidade a fabricar que leva em conta, de um lado, os custos de preparação de máquinas para uma rodada de produção e, de outro, os custos de manter o produto em estoque. Esses dois custos são antagônicos: para se gastar menos com a

preparação de máquinas é preciso *diminuir* o número de rodadas de produção, o que, para um dado nível de demanda, leva ao *aumento* na quantidade fabricada de cada vez e, consequentemente, nos estoques mantidos. Esse aumento nos estoques fará aumentar o custo de manutenção associado.

Entretanto, se os dois custos – preparação de máquinas e manutenção de estoques, forem somados, é possível determinar uma quantidade a produzir que minimize a soma. Essa quantidade é chamada *Lote Econômico de Fabricação (LEF)* e constitui possível resposta à pergunta de quanto produzir de cada produto que utiliza a linha.

05

A outra questão – em que ordem produzir – é a do sequenciamento. Antes de qualquer coisa, é bom notar que o sequenciamento afeta o custo de preparação: há sequências melhores e piores sob esse ponto de vista. Assim, quando se passa de um produto a outro semelhante em termos de necessidades de processamento, o custo de preparação é relativamente menor do que se passarmos de um produto a outro com características muito diferentes. Na prática, o custo de preparação pode obrigar que se respeite essa sequência mais favorável de programação.



06

Uma técnica usada para o sequenciamento é o chamado o *Tempo de Esgotamento (TE)*. Dado um produto candidato ao sequenciamento, o seu Tempo de Esgotamento é definido como:

$$TE = \frac{\text{(Estoque disponível)}}{\text{(Taxa de consumo)}}$$

em que a taxa de consumo é a quantidade média consumida no intervalo de tempo (dia, semana, mês etc.).

Se tivermos 3000 unidades de um produto estoque, por exemplo, e a sua taxa de consumo for de 800 unidades por semana, o seu Tempo de Esgotamento será de:

$$TE = 3000/800 = 3,75 \text{ semanas}$$

O *Tempo de Esgotamento* é medida da urgência com que o produto deve ser fabricado: quanto menor o TE, mais cedo o produto estará em falta. Portanto, quando existirem vários produtos aguardando processamento na mesma linha, programa-se primeiro o produto com menor *Tempo de Esgotamento*.

Tão logo termine o processamento do produto escolhido, os cálculos devem ser refeitos para que se determine o novo produto a ser sequenciado.

07

### Exemplo

Dados os cinco produtos apresentados na tabela seguinte, programá-los para o processamento de acordo com a técnica do Tempo de Esgotamento (efetuar as três primeiras rodadas).

Produto	Lote econômico de fabricação (LEF)	Duração da rodada (SEMANAS)	Estoque inicial (UNIDADES)	Taxa de consumo (UNID/SEMANAS)
I	500	1,5	1.600	200
II	2.300	1,0	4.830	1.200
III	5.000	1,5	6.000	1.500
IV	4.000	2,0	9.600	1.000
V	2.800	1,0	900	800

### Solução

O quociente do estoque disponível pela taxa de consumo nos dará o valor do Tempo de Esgotamento TE para cada um dos produtos. Repete-se a tabela abaixo já com os tempos de esgotamento na última coluna.

Produto	Lote econômico de fabricação	Duração da rodada (SEMANAS)	Estoque inicial (UNIDADES)	Taxa de consumo (UNID/SEMANAS)	TE
I	500	1,5	1.600	200	8,0
II	2.300	1,0	4.830	1.200	4,025
III	5.000	1,5	6.000	1.500	4,0
IV	4.000	2,0	9.600	1.000	9,6
V	2.800	1,0	900	800	1,125

08

O primeiro produto a ser programado é o V, pois apresenta o menor TE (tempo de esgotamento igual a 1,125). Serão feitas 2.800 unidades do produto, ou seja, o LEF, no tempo de 1 semana (duração rodada). Após esse tempo, é preciso refazer os cálculos, para se determinar qual produto será então processado. Os estoques iniciais serão variados. O estoque do produto I, por exemplo, baixa de 1600 para 1400 unidades, porque foram consumidas 200 unidades da semana de produção do produto V; de maneira semelhante, o produto IV, digamos, tem seu estoque diminuído de 9.600 para 8.600 unidades e assim por diante. O produto V, que esteve em processamento durante a semana, terá um estoque de:

$$\text{Estoque final} = \text{estoque inicial} + \text{quantidade produzida} - \text{consumo semanal}$$

$$\text{Estoque final} = 900 + 2.800 - 800 = 2.900 \text{ unidades}$$

Veja na tabela todos os valores recalculados ao final da semana 1, inclusive os novos tempos de esgotamento (TE), que indicam que devemos processar o produto III.

09

Final da semana 1

PRODUTO	LOTE ECONÔMICO DE FABRICAÇÃO	DURAÇÃO DA RODADA (SEMANAS)	ESTOQUE (UNIDADES)	TAXA DE CONSUMO (UNID/SEMANAS)	TE
I	500	1.5	1.400	200	7,0
II	2.300	1.0	3.630	1.200	3,025
III	5.000	1.5	4.500	1.500	3,0
IV	4.000	2.0	8.600	1.000	8,6
V	2.800	1.0	2.900	800	3,625

Ao final da semana 2.5 (ou seja, 1 + 1.5), quando termina o processamento do produto do produto III, os valores dos estoques terão novamente se alterado; como o tempo decorrido desde o último cálculo foi de 1,5 semanas (quanto durou o processamento do produto III), o consumo foi proporcional a esse tempo. Assim, por exemplo, do II foram consumidas 1800 unidades ( $1.200 \times 1,5$ ). Todos os cálculos refeitos até o final da semana 2,5 estão na tabela seguinte:

Final da semana 2,5

PRODUTO	LOTE ECONÔMICO DE FABRICAÇÃO	DURAÇÃO DA RODADA (SEMANAS)	ESTOQUE (UNIDADES)	TAXA DE CONSUMO (UNID/SEMANAS)	TE
I	500	1.5	1.100	200	5,5
II	2.300	1.0	1.830	1.200	1,525
III	5.000	1.5	7.250	1.500	4,833
IV	4.000	2.0	7.100	1.000	7,1
V	2.800	1.0	1.700	800	2,125

Uma nova tabela mostraria que o produto II será o próximo a ser processado, sendo que esse processamento estará terminado ao final da semana 3,5.

10

## 4 - PROGRAMAÇÃO PARA SISTEMAS DE BAIXO VOLUME

Esta situação corresponde tanto a atividades industriais como a atividades de serviços. No caso das primeiras, temos a produção feita de forma intermitente, com muitos produtos, cada qual com sua sequência própria das operações; com frequência, as mesmas máquinas ou centros de trabalho, agrupados por funções, são utilizados para operações em diferentes produtos. Já no caso de serviços, as operações irão atuar sobre os próprios clientes, ou sobre documentos, papéis, formulários etc.

A programação da produção nos sistemas intermitentes é bastante complexa. O fluxo irregular de material, graças ao projeto do arranjo físico característico, com centros de trabalho especializados, pode provocar o aparecimento de consideráveis quantidades de estoques de material em processo. Este material acumula-se em filas, junto aos centros de trabalho, aguardando o devido processamento.



Tais filas fazem com que o tempo efetivamente dedicado ao processamento de um dado material seja muito menor que o tempo que ele fica parado, aguardando a sua vez. Tornar o fluxo de trabalho mais ritmado e as filas menores possíveis é o grande desafio para os sistemas intermitentes.

11

De forma simplificada, há duas questões básicas que a programação deve responder:

1. como será a alocação de carga entre os centros de trabalho?
2. como será o sequenciamento dessas operações num dado centro ao qual a carga já foi alocada?

A alocação de carga pode ser facilmente resolvida por meio de um gráfico de Gantt. Iremos concentrar atenção na atividade de sequenciamento.

Qualquer regra que estabeleça um sequenciamento de trabalhos deve se guiar por algum critério. É preciso que essas grandezas sejam definidas, dado que delas derivam os principais critérios de sequenciamento utilizados.

Consideramos para tanto que n trabalhos encontram-se num dado centro de trabalho para processamento, numa sequência já estabelecida. Define-se:

- Tempo de processamento (TP)
- Tempo de espera (TE)
- Tempo de término (TT)
- Data devida (DD)
- Atraso (AT)

**Atraso**

É a diferença do tempo de término e a data devida, desde que aquele seja maior que esta.

**Data devida**

É a data na qual o trabalho deveria estar pronto.

**Tempo de término**

É a soma do tempo de processamento com o tempo de espera, ou seja, é o tempo total.

**Tempo de espera**

É a soma dos tempos decorridos desde a entrada do primeiro trabalho no centro até o início de processamento do trabalho, em outras palavras, é o tempo em que o trabalho espera para que comece o seu processamento.

**Tempo de processamento**

Tempo gasto desde que o trabalho começa a ser processado até o seu término.

12

**Exemplo 1**

Cinco trabalhos foram sequenciados em um centro de processamento, na ordem de chegada: A, B, C, D e E. Conhecendo-se o tempo de processamento e a data devida, calcular, para cada um deles:

- o tempo de espera;
- o tempo de término
- o atraso.

Trabalho	Tempo de Processamento (TP)	Data Devida (DD)
A	5	14
B	8	9
C	2	10
D	4	20
E	1	7

## Solução

Da maneira como são definidas as grandezas procuradas, devemos calcular, progressivamente: tempo de espera, tempo de término e o atraso de cada trabalho. Os cálculos resumem-se no seguinte:

Trabalho	Tempo de processamento (TP)	Data devida (DD)	Tempo de espera (TE)	Tempo de término (TT)	Atraso (AT)
A	5	14	0	5	0
B	8	9	5	13	4
C	2	10	13	15	5
D	4	20	15	19	0
E	1	7	19	20	13
Totais			52	72	22
Médias			10.4	14.4	4.4

A regra de sequenciamento ilustrada pelo exemplo é chamada Regra PEPS. É a regra dominante em atividades de serviço.

Poderiam ser utilizados outros critérios, como Minimização do Tempo Médio de Término, que procura sequenciar os trabalhos na ordem crescente de seus Tempos de Processamento.

**PEPS**  
Primeiro que entra, primeiro que sai.

13

## Exemplo 2

Considere novamente o problema de sequenciamento apresentado anteriormente. Efetue o sequenciamento de forma a minimizar o tempo médio de término (regra MTP) e compare o resultado com a regra PEPS.

Trabalho	Tempo de Processamento (TP)	Data Devida (DD)
A	5	14
B	8	9
C	2	10
D	4	20
E	1	7

## Solução

A regra MTP resulta no sequenciamento E (1), C (2), D (4), A (5) e B (8). Os cálculos são então feitos de acordo com as definições de tempo de espera, tempo de término e atraso. A tabela abaixo apresenta o mesmo formato do exemplo 1 para facilitar as comparações.

Trabalho	Tempo de processamento (TP)	Data devida (DD)	Tempo de espera(TE)	Tempo de término(TT)	Atraso (AT )
E	1	7	0	1	0
C	2	10	1	3	0
D	4	20	3	7	0
A	5	14	7	12	0
B	8	9	12	20	11
<b>Totais</b>			<b>23</b>	<b>43</b>	<b>11</b>
<b>Médias</b>			<b>4,6</b>	<b>8,6</b>	<b>2,2</b>

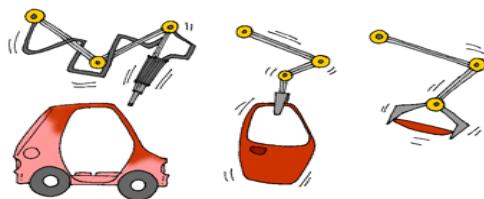
Em relação à regra *PEPS*, o tempo médio de espera passou de 10,4 dias para 4,6 dias. Isso acabou reduzindo o tempo médio de término, de 14,4 para 8,6. Inicialmente, houve melhoria em relação aos atrasos; apenas o trabalho *B* ficará atrasado (ao passo que na regra *PEPS* os trabalhos *B*, *C* e *D* ficaram atrasados) e o tempo médio passou de 4,4 dias para 2,2 dias. Em relação aos critérios analisados, a regra *MTP* se mostrou superior à regra *PEPS*.

**MTP**  
**Menor Tempo de Processamento.**

14

## 5 - PROGRAMAÇÃO PARA SISTEMAS DE ALTO VOLUME

A linha de montagem representa o caso clássico do fluxo de operações em um sistema contínuo. Na linha de montagem, o produto (ou parte dele) é dividido em certo número de operações (ou tarefas) que devem ser distribuídas por postos de trabalho. O posto de trabalho é ocupado por uma ou mais pessoas; mesmo que haja uma só pessoa no posto de trabalho, mais de uma tarefa ou operação pode ser alocada ao posto.



Embora a sequência de operações seja fixa, a sua designação a postos de trabalho pode ser mais eficiente ou menos eficiente, no sentido de melhor ou pior aproveitamento do tempo disponível em cada posto. A tarefa do balanceamento de linha é atribuir as tarefas aos postos de trabalho de forma a atingir uma dada taxa de produção e de forma que o trabalho seja dividido igualmente entre os postos.

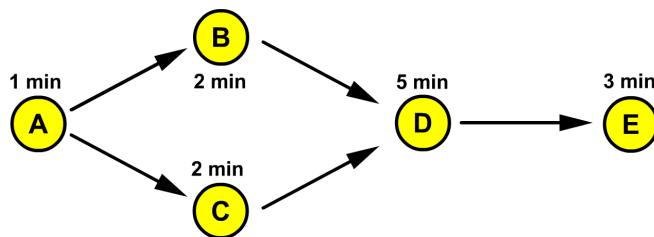
15

Um exemplo ajudará a introduzir alguns conceitos importantes sobre a linha de montagem. Um produto ou serviço requer, para sua execução 5 operações A, B, C, D e E, de forma que A seja a primeira

operação B e C seguem-se obrigatoriamente depois de A, mas independentes entre si, D só pode ser feita depois que A, B e C estejam concluídas, a fim de que venha por último, depois que as anteriores estejam concluídas. Supõe-se, também, que cada tarefa tenha um tempo de duração fixo e conhecido: A toma 1 minuto, B e C tomam dois minutos cada uma, e D e E tomam 5 e 3 minutos respectivamente. Essas informações estão consolidadas no quadro abaixo:

Tarefa	Duração (minutos)	Tarefas precedentes
A	1	-
B	2	A
C	2	A
D	5	B.C
E	3	D

Por outro lado, a figura abaixo apresenta o chamado Diagrama de Precedências, que facilita a visualização da ordem em que as tarefas devem ser completadas. No Diagrama de Precedências, as tarefas são apresentadas por círculos, unidos por retas que simbolizam a precedência. Ao lado de cada círculo, coloca-se a duração da tarefa correspondente.



16

O *conteúdo de trabalho* em uma unidade do produto é medido pela soma dos tempos das tabelas; o conteúdo do trabalho é  $1+2+2+5+3 = 13$  minutos. O conteúdo do trabalho é o tempo que se gastaria para se fazer uma unidade se houvesse um só posto de trabalho.

Se a linha operar diariamente durante 8 horas (480 minutos) e a taxa de produção for de 80 unidades por dia, o tempo disponível para se fazer uma unidade será de:

$$\frac{480 \text{ minutos/dia}}{80 \text{ unidades/dia}} = 6 \text{ minutos/unidade}$$

Para que haja um balanceamento entre os postos de trabalho, nenhum deles pode ter mais que 6 minutos disponíveis (em caso contrário, a taxa de produção irá aumentar ou diminuir). O tempo disponível em cada posto de trabalho é chamado de *tempo de ciclo*. O número mínimo necessário de postos de trabalho  $N$  será dado pelo quociente entre o conteúdo de trabalho da unidade do produto e o tempo de ciclo:

$$N = \frac{\text{conteúdo do trabalho}}{\text{tempo de ciclo}} = \frac{13 \text{ minutos}}{6 \text{ minutos}} = 2,17$$

Como o número  $N$  deve ser inteiro, é necessário arredondar o resultado. Portanto, deveremos ter no mínimo 3 postos de trabalho. Dessa forma, as tarefas A, B e C, que juntas consomem 5 minutos, serão alocadas no Posto 1, a tarefa D (5 minutos) é alocada ao Posto 2 e a tarefa E (3 minutos) é alocada ao Posto 3. O quadro abaixo mostra as alocações:

TAREFAS	POSTO 1	POSTO 2	POSTO 3	TOTais
	A, B, C	D	E	
Tempo consumido	5 min	5 min	3 min	13 min
Tempo disponível	6 min	6 min	6 min	18 min

17

## RESUMO

Os objetivos da programação da produção são os seguintes: permitir que os produtos tenham a qualidade especificada, reduzir estoques e custos operacionais e manter e melhorar o nível de atendimento ao cliente.

Programar a produção envolve inicialmente a alocação de carga, que é a distribuição das operações pelos vários centros de trabalho. A seguir, dadas diversas operações que aguardam processamento em um centro qualquer, a programação da produção envolve também o processo de determinar a ordem na qual essas operações serão realizadas. Esta etapa é o sequenciamento de tarefas.

Uma técnica usada para o sequenciamento em sistemas de volume intermediário é o Tempo de Esgotamento, definido como o quociente entre o estoque disponível do produto e a taxa de consumo. É processado o produto com o menor Tempo de Esgotamento (quanto menor o Tempo de Esgotamento, mais cedo o produto estará em falta).

Regras de sequenciamento são regras empíricas, usadas em situações rotineiras de programação. As regras estáticas mais populares são PEPS e MTP.

Dada uma linha de montagem, a tarefa do balanceamento de linha é a de atribuir as tarefas aos postos de trabalho, de forma a atingir uma dada taxa de produção, dividindo o trabalho tão igualmente quanto possível entre os diversos postos.