

EXEMPLO

FMS - *Flexible Manufacture System*



Premissas da FMS da foto: 12 funcionários; 3 turnos de trabalho sem interrupção para refeições com rodízio de funcionários de segunda a sexta e turno parcial no sábado até as 22 horas (24 horas por dia de segunda a sexta e 10 horas no sábado) o que totaliza  $(24 * 5 * 4) + (10 * 4) = 520$  horas/mês; produz em torno de 6800 peças por dia (de segunda a sexta = 136.000/mês + sábado = 11.332/mês) sendo um total de 147.000 peças/mês; investimento em torno de R\$ 5.000.000,00. Investimento viável para um volume mínimo de 10.000 peças/mês; ferramental caro e se paga com alto volume. **Setup externo  $\approx$  15 minutos.**

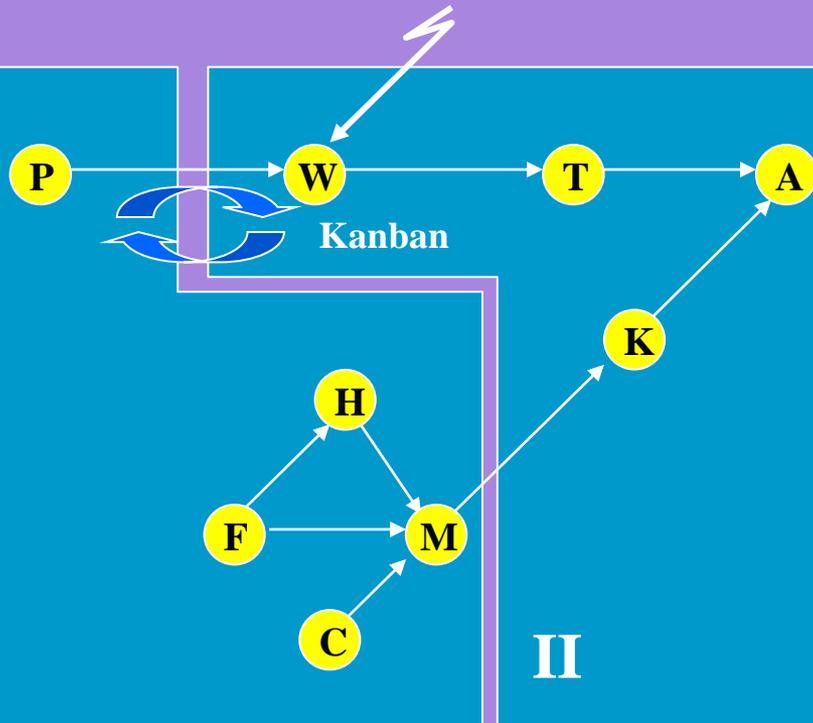


- ✓ Manufatura Repetitiva
- ✓ Automação
- ✓ Pequenos Lotes
- ✓ Alta frequência de *setup*
- ✓ Necessidade de *setup* reduzido
- ✓ Foco na otimização de processo
- ✓ Foco no suprimentos e movimentação
- ✓ *Layout* celular



**Exemplo do processo de fabricação de um automóvel na *Toyota Motor Company***  
Há uma divisão do fluxo em duas grandes fases: a primeira é a fase de fabricação dos componentes e a segunda fase ocorre a agregação desses componentes, a qual tem término com a montagem final dos veículos

## Controle de produção



- 1) P – *Estamparia – Pressing*
- 2) W – *Soldagem – Welding*
- 3) T – *Pintura – Painting*
- 4) F – *Forjaria - Forging*
- 5) H – *Tratamento Térmico – Heat treatment*
- 6) C – *Fundição – Casting*
- 7) M – *Usinagem – Machining*
- 8) K – *Submontagem – Kitting*
- 9) A – *Montagem - Assembly*

O kanban é utilizado para operar o sistema logístico entre as etapas da primeira fase e nas interfaces com a fase II. Na fase II o Sistema é programado e controlado com base no takt-time. A indicação de controle de produção aponta que o takt-time é informado à etapa de soldagem. Daí para frente, o fluxo é contínuo e o processo coordenado pelo *takt-time*, conforme lógica explicada por ROTHER & SHOOK (1998).

Na fase II, a complexidade das operações é aumentada (vários modelos montados, diferentes configurações de produtos etc.), tornando inviável a comunicação direta entre os envolvidos, nessa situação, a utilização de mecanismos mais elaborados é necessária.

# FLUXOGRAMA KANBAN

## PRODUTO ACABADO

### KANBAN DE EVENTO

PRAZO : 20/07/2008

4433EX      CODIGO : 009002122099

DESCR.:      PLACA DE PRESSAO

QUANTIDADE : 400

CONTENEDOR : PALLET MADEIRA SACHS

DE            METALCORT

PARA        PPUM4

FLUXO       METALCORT / PPUM4



0000095370 – CONTROLE KB

# TEORIA DAS RESTRICÇÕES

CÉLULA DE PRODUÇÃO

ARRANJO celular

# TOC – TEORIA DAS RESTRIÇÕES

## CONCEITO

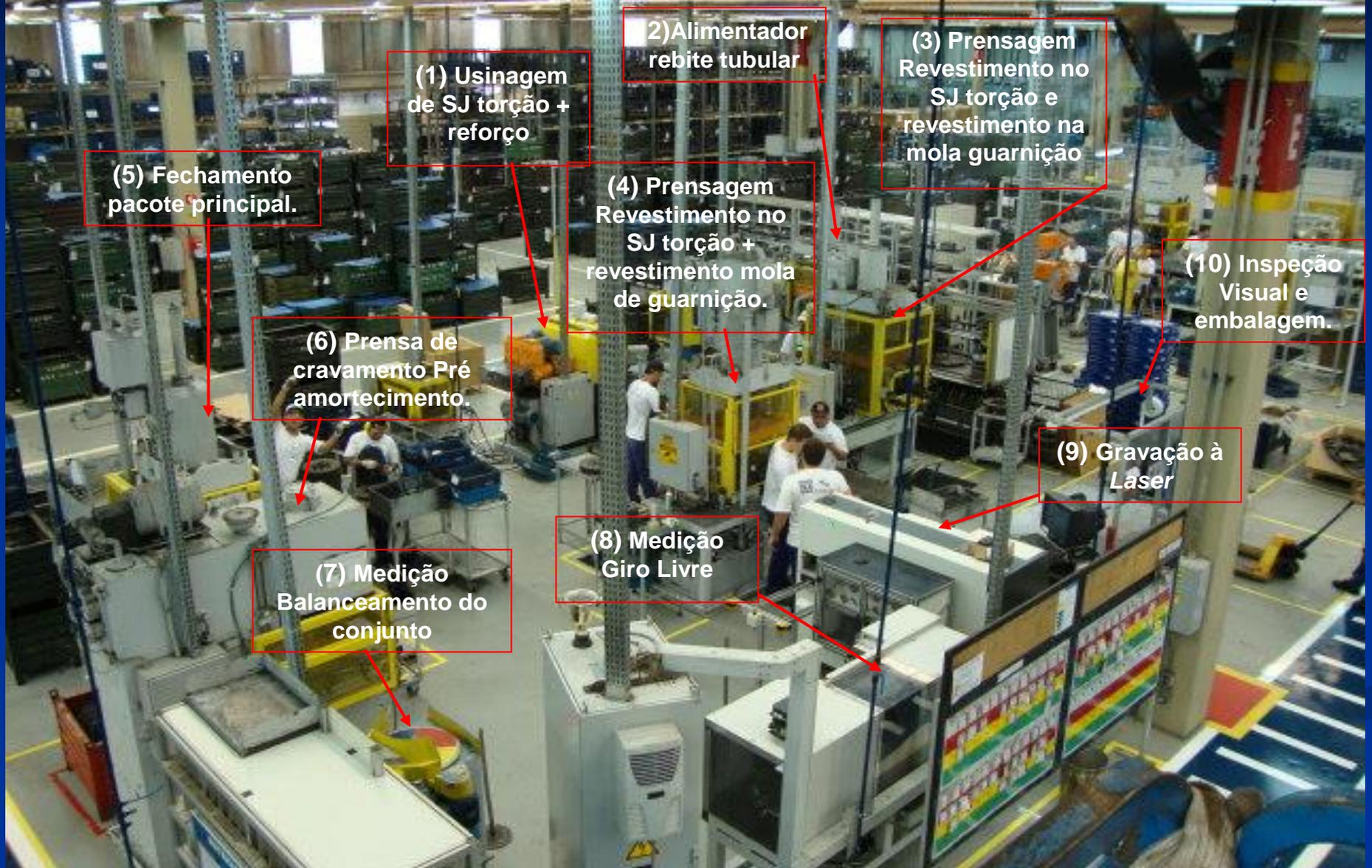
- A TOC é uma Filosofia de Gerenciamento Empresaria. Ela condena a utilização de medidas físicas para a avaliação de desempenho, apoiando-se em medidas financeiras e fazem criticas á filosofia JIT por ignorar esse assunto e ao TQM por incentivar a utilização de medidas não financeiras.
- O Principal conceito em torno da TOC é a existência de pelo menos uma restrição em um dado sistema e o importante papel que ela exerce sobre o mesmo.
- Inicialmente Goldratt desenvolveu técnicas para gerenciamento das restrições em linhas de produção, chamadas de gargalos ou recursos com restrições de capacidade (RRC),elaborando assim o método 5 passos, a qual estabeleceu o caminho para os aplicativos baseando-se no TPC que é a solução da TOC para administrar e controlar a produção.

## Célula Produção DGM02 (Linha Pesada)

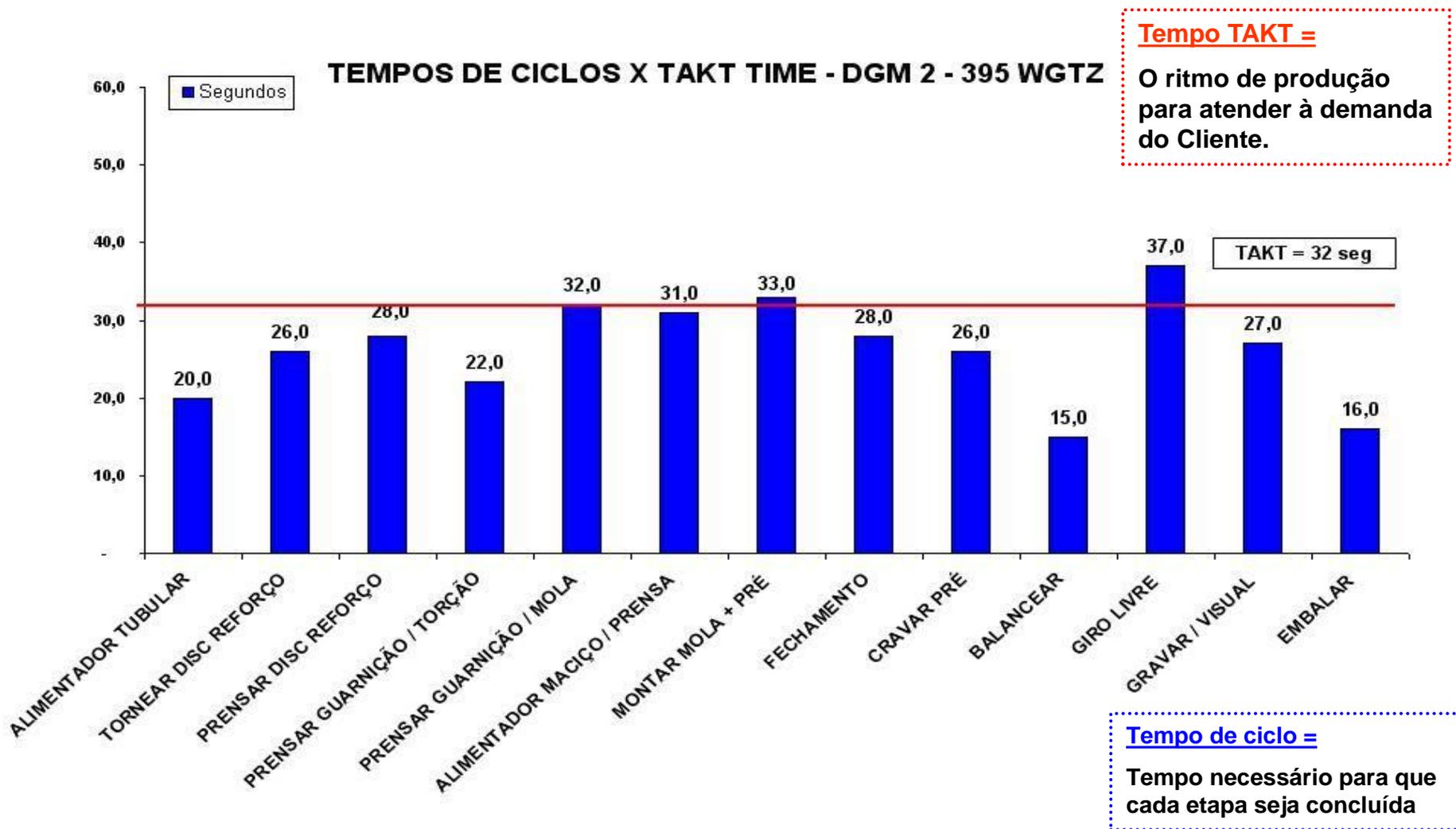
### (Programação Cliente FORD)

Peça Ford	Programa Remessa	Produto	24.05.12	25.05.10	26.05.10	27.05.11	28.05.11	31.05.12
<b>Taubaté</b>								
2S65 7540DA	7911100039	009000150001C2	825	825	660	660	495	660
5N15 7540AA	7911101239	BA3000000219C2	660	495	495	495	330	495
7S45 7540AA	7911101740	BA3000000357C2	165	0	165	165	0	165
3M51 7540A7J	7911103076	BA3000000818C2	120	67	120	120	120	240
<b>Cargo</b>								
4C45 7502AA	7911101113	133488000069C2	216	0	48	0	0	32
4C45 7502BA	7911101114	153488000070C2	120	0	48	0	0	24
4C45 7502CC	7911101623	183488000071C2	160	0	56	0	0	24
<b>CKD</b>								
XS61 7540AB	7911102027	009000061001C2	165	0	0	0	0	0
2N15 7540CB	7911102028	009000101001C2	0	0	110	0	0	0
5N15 7540AA	7911102021	BA3000000219C2	1.690	0	0	0	0	3.510
7S45 7540AA	7911102623	BA3000000357C2	0	0	0	0	0	0
5S45 7540AB	7911102029	BA3000000245C2	0	0	660	0	0	660
<b>Total</b>			<b>4121</b>	<b>1387</b>	<b>2362</b>	<b>1440</b>	<b>945</b>	<b>5810</b>

# Célula Produção DGM02 (Linha Pesada)



# Célula Produção DGM02 (Linha Pesada)



Demanda =  $3600s / 32Takt = 112$  pçs/hrs

Capac. =  $3600s / 37Ciclo = 97$  pçs/hrs

Gap. = 15 pçs/hr = (15 pçs x 22Hrs x 23 dias = 7590 pçs mês)

# CÉLULAS DE MANUFATURA

## CLASSIFICAÇÃO

FERNANDES, F. C. e TAHARA, C. S.; Um sistema de controle da produção para a manufatura celular Parte I: Sistema de Apoio à Decisão para a Elaboração do Programa Mestre de Produção. *Gestão & Produção*. v.3, n.2, p. 135-155, ago. 1996.

# Classificação

Diversas classificações dos tipos de células são possíveis. PERA (1974, apud SINHA & HOLLIER (1984)) sugere três tipos de células:

- a) **Células flexíveis.** Tarefas que foram planejadas para serem executadas numa célula podem ser transferidas, por questão de conveniência, para uma outra célula;
- b) **Células baseadas na descrição dos itens.** Por exemplo, células de engrenagens;
- c) **Células baseadas nos roteiros de processo.**

Com base no tipo de *layout*, ARN (1975) classifica as células em três categorias:

- a) **Linha de produção de TG (Tecnologia de Grupo).** Parecida com a linha de produção, a principal diferença é que nesta, o número de produtos fabricados é um (admitindo variantes do produto), e na TG é unitário o número de famílias. Em ambas, o padrão de fluxo é *flow shop*);
- b) **Células de TG.** Padrão de fluxo *job shop*. Consideramos como sendo a célula de ocorrência mais usual;
- c) **Centro de TG.** As máquinas do centro são todas do mesmo tipo; assim, a racionalização é feita para um único tipo de operação (por exemplo torneamento); representa o nível de racionalização mais baixo no contexto da TG, e pode ser aplicado com o *layout* funcional. As peças que são processadas num dado centro de TG, são agrupadas em famílias.

# Classificação

Células com um número grande de máquinas, superior a aproximadamente 15 máquinas, são usualmente chamadas de células do tipo minifábrica.

Petrov (1968, apud SINHA & HOLLIER (1984)) considera que as células são basicamente linhas de produção com múltiplos produtos e as classifica como:

- a) **Linhas de produção variáveis.** Poucos tipos de itens e só um entra na célula por vez. Antes de mudar para outro, todas as máquinas são preparadas;
- b) **Linhas de produção de grupo, com repreparação de equipamentos.** Número substancial de componentes, podendo haver produção de diferentes itens em paralelo (simultaneamente);
- c) **Linhas de produção de grupo, sem repreparação de equipamentos.** Em cada máquina passa sempre o mesmo conjunto de componentes de tal modo que não há repreparação de máquinas.

Já SHAW (1988) considera:

- a) **Células flexíveis.** Compostas de máquinas universais usadas e preparadas para realizar uma grande variedade de operações;
- b) **Células orientadas por produto.** Por exemplo, células de engrenagens;
- c) **Células de montagem por robô.**

# Classificação

GALLAGHER & KNIGHT (1986) classificam as células segundo a complexidade do sistema de movimentação das células:

- a) **Célula integrada.** Uso integrado de esteiras transportadoras para o controle do fluxo de materiais na célula;
- b) **Célula semi-integrada.** Uso de esteiras transportadoras para finalidades apenas de transporte e armazenagem do estoque em processo;
- c) **Célula simples.** Sem aparatos de movimentação;
- d) Trabalho agrupado em uma única máquina, e em particular usando a abordagem do componente composto.

Outra classificação consiste em diferenciar apenas as células de fabricação e as células de montagem. Estas últimas podem ser (GALLAGHER & KNIGHT, 1986).

- a) **Grupo em série.** Os problemas de balanceamento são reduzidos com a inserção de pulmões (*buffers*) entre cada dois grupos consecutivos;
- b) **Grupos em paralelo.** Cada um monta o produto completo, e o número deles é determinado pelo volume de produção requerido;
- c) **Grupos ramificados.** Submontagens em paralelo, seguidas de montagem(ns) final(is).

# Classificação

Já as células providas com automação flexível podem ser classificadas em (SPUR & MERTINS, 1982):

- a) **Linha de Transferência Flexível (FTL).** Características: interligação interna; usinagem de multiestágios; transporte cíclico; fluxo direcionado do material; versatilidade parcial do equipamento de processamento com tempos de preparação relativamente curtos;
- b) **Sistema Flexível de Manufatura (FMS).** Características: interligação externa; usinagem de mono ou multiestágio; transporte não-cíclico; fluxo de material automatizado; preparação não-manual para *spectrum* limitado de peças;
- c) **Célula Flexível de Manufatura.** Características: máquinas isoladas sem interligação; usinagem de estágio único; troca automatizada de ferramentas; é um centro de usinagem contendo ainda um magazine para ferramentas e outro para *pallets* contendo peças.

De uma forma análoga à dos tipos clássicos de *layout*, CONTADOR (1995) classifica as células de manufatura em 4 tipos:

- a) Por produto, com predominância de máquina;
- b) Por produto, com predominância do homem;
- c) Por processo;
- d) Por posição fixa do produto.

# Classificação

Para fins de controle da produção, a característica mais importante de uma célula é o padrão de fluxo que nela ocorre. “A complexidade de um sistema de controle da produção é diretamente relacionada com a complexidade do fluxo de trabalho na área de fabricação” (DALE & RUSSELL, 1983).

Assim sendo, fazemos uma classificação baseada no fluxo no interior da célula:

- i. Célula monoestágio. Por exemplo, o centro de usinagem.
- ii. Célula monoestágio com máquinas em paralelo.
- iii. Célula multiestágio unidirecional.  
Corresponde ao *flow shop*.
- iv. Célula multiestágio unidirecional variado. Admite saltar máquinas (*overflow*).
- v. Célula multiestágio unidirecional com máquinas em paralelo. Corresponde ao *flow line*.
- vi. Célula multiestágio unidirecional variado com máquinas em paralelo. WITTROCK (1985) denomina de *Flexible Flow-Line*.
- vii. Célula multiestágio multidirecional. Admite saltos de máquinas bem como contrafluxos. Corresponde ao padrão de fluxo *job shop*.
- viii. Célula multiestágio multidirecional com máquinas em paralelo.

# Classificação

- ❖ Agora temos condições de definir o que é manufatura celular semi repetitiva: é o sistema de produção semi repetitivo em que o chão de fábrica é constituído por células multi estágio multi direcional, a produção é feita sob encomenda e os produtos finais são semi padronizados (o cliente define alguns parâmetros, p.ex., o vão livre de uma ponte rolante).

# EXEMPLO

ESTUDO DE *LAYOUT*  
PROJETO

# MÉTODO SLP (*Systematic Layout Planning*) para Arranjo por Processo

- Nos anos 50, R. Muther (1961) propôs um método sistemático de análise e projeto de arranjo físico funcional que se tornou bastante popular, chamado método SLP. Embora o método não contemple tendências modernas como o arranjo físico celular, pode ser útil em determinadas situações, principalmente quando se desenha o arranjo físico de operações que processam clientes.

Passos de planejamento de arranjo físico funcional (SLP)	
Passos	Possíveis Ferramentas
1. Análise de fluxos de produtos ou recursos	Diagrama de fluxo ou diagrama de – para
2. Identificação e inclusão de fatores qualitativos	Diagrama de relacionamento de atividades
3. Avaliação dos dados e arranjo de áreas de trabalho	Diagrama de arranjo de atividades
4. Determinação de um plano de arranjo dos espaços	Diagrama de relações de espaço
5. Ajuste do arranjo no espaço disponível	Planta do local e modelos ( <i>templates</i> )

# EXEMPLO – CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO

ÁREAS DE TRABALHO PRINCIPAIS DO CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO	
Atividades	Requisitos de espaço (m <sup>2</sup> )
1. Programação de materiais	100
2. Embalagem	150
3. Supervisor de materiais	50
4. Recebimento e despacho	300
5. Armazém	600

- SLP, Passo 1, Análise de fluxos – os fluxos de materiais de e para os vários departamentos são então explicitados e analisados num diagrama de – para. Os totais de fluxos entre setores – somando-se os fluxos em ambas direções – são calculados e aparecem na sequência. A partir de então, com base nos fluxos, estabelecem-se as prioridades para proximidade entre setores, levando em conta os critérios de Muther (1961), que relacionam as prioridades com valores a serem usados nas etapas subsequentes.

# EXEMPLO – CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO

- Critérios de Muther (1961) para definição de prioridade de proximidade:
  - 1) *A* → Proximidade absolutamente necessária, valor 4;
  - 2) *E* → Proximidade especialmente necessária, valor 3;
  - 3) *I* → Proximidade importante, valor 2;
  - 4) *O* → Proximidade regular, valor 1;
  - 5) *U* → Proximidade não importante, valor 0;
  - 6) *X* → Proximidade indesejável, valor -1.

# EXEMPLO – CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO

## SLP – Passo 2 – Diagrama de relacionamento

- SLP, Passo 2, Análise e inclusão de fatores qualitativos levando em conta uma avaliação de prioridades para proximidade entre setores. Faz-se isso utilizando um diagrama de relacionamento de atividades (que inclui os fatores quantificados de fluxo tratados).
- SLP, Passo 3, Avaliação dos dados e arranjo das áreas de trabalho – Com base nos resultados do Passo 2, é elaborado um diagrama de arranjo de atividades. Graficamente, representa-se a relação entre os setores com uma linha de ligação para representar o valor 1 (critérios de Muther), duas linhas de ligação para representar o valor 2, e assim por diante. Sugere-se que primeiro os setores que tenham em suas relações outros setores o maior valor somado sejam os primeiros a serem desenhados, no centro do diagrama. No caso de nosso centro de distribuição, os setores 1 – programação de materiais – e 4 – recebimento e despacho – são aqueles cujo valor total (13) é máximo. Evidentemente, a idéia é deixar os setores com maior número de linhas de ligação mais próximos entre si.
- SLP, Passo 4, Determinação de um plano de arranjo de espaços – Este passo é similar ao anterior, com a diferença de que as áreas agora são levadas em conta na representação, com retângulos proporcionais às áreas requeridas representando cada setor.

# EXEMPLO – CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO

Diagrama de – para				
Volumes de materiais movimentados (Kg por dia)				
De \ Para	Embalagem	Recebimento Despacho	Armazém	Totais
Embalagem	0	400	0	400
Recebimento/Despacho	0	0	2000	2000
Armazém	400	1600	0	2000
<b>Totais</b>	<b>400</b>	<b>2000</b>	<b>2000</b>	

Total de fluxo entre		
Volumes de materiais movimentados (Kg por dia)		
Pares de Setores	Fluxo	Prioridade de proximidade
Embalagem e recebimento/despacho	400	E
Embalagem e armazém	400	E
Armazém e recebimento/despacho	3600	A

Baseada em Shonberger e Knodd (1994).

Programação de Materiais

*Passo 2*

Embalagem

E

A

O

A

Supervisor de Materiais

E

I

I

E

Recebimento e Despacho

E

A

Armazém

1)

A → Proximidade absolutamente necessária, valor 4;

2)

E → Proximidade especialmente necessária, valor 3;

3)

I → Proximidade importante, valor 2;

4)

O → Proximidade regular, valor 1;

5)

U → Proximidade não importante, valor 0;

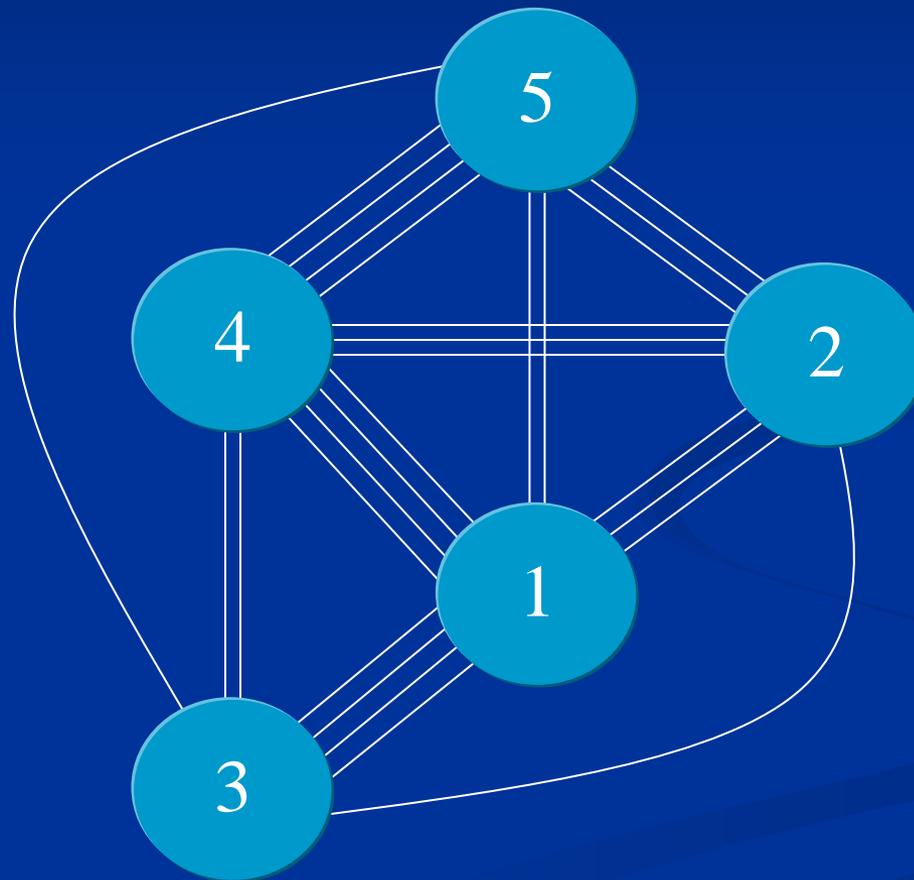
6)

X → Proximidade indesejável, valor -1. 24

***ATIVIDADES***

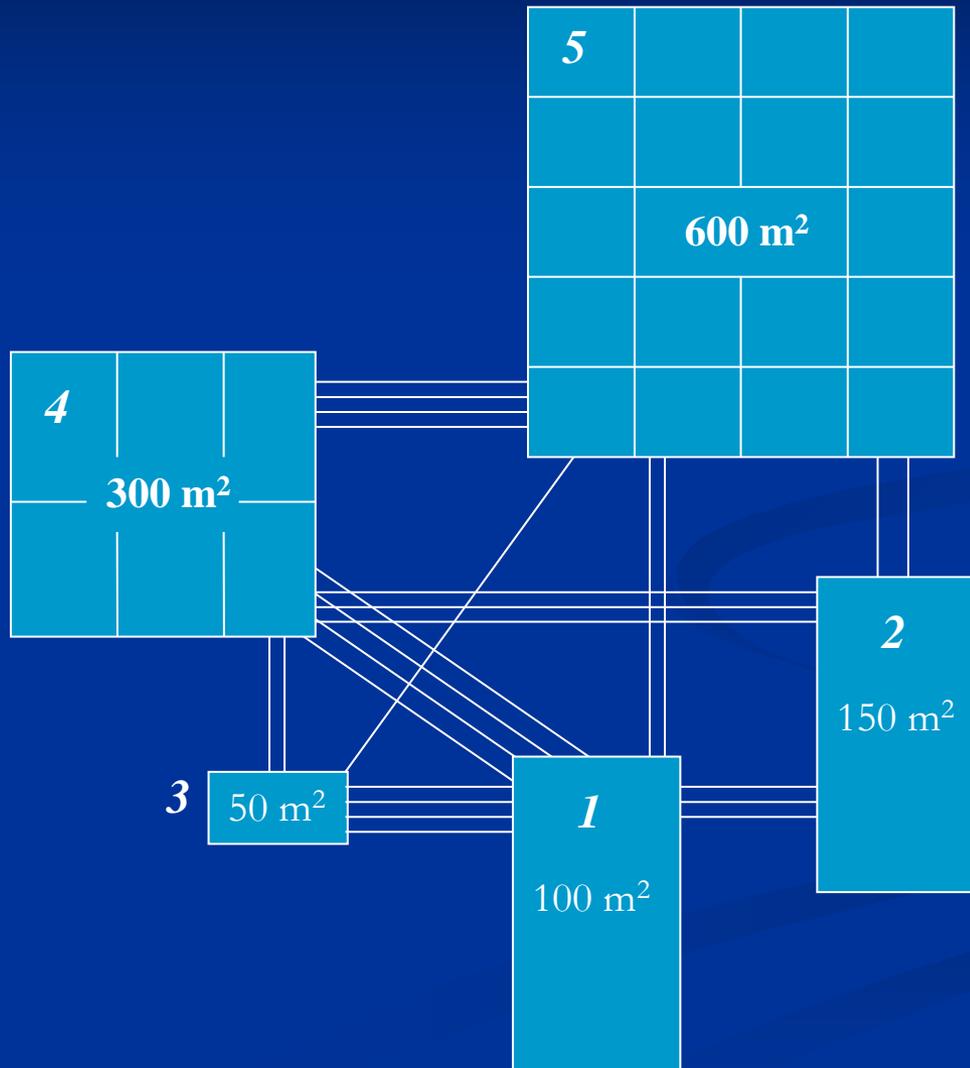
# Diagrama de arranjo de atividades

*Passo 3*



# Diagrama de relações de espaço

*Passo 4*



## EXEMPLO – CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO

- SLP, Passo 5, Ajuste do arranjo no espaço disponível – Neste ponto do método SLP, tenta-se, a partir das análises anteriores, acomodar da melhor forma possível os setores, respeitando suas áreas e as prioridades de proximidade, na área disponível.

# Ilustração de ajuste do arranjo no espaço disponível para o centro de distribuição

## *Passo 5*

