

EEL - USP

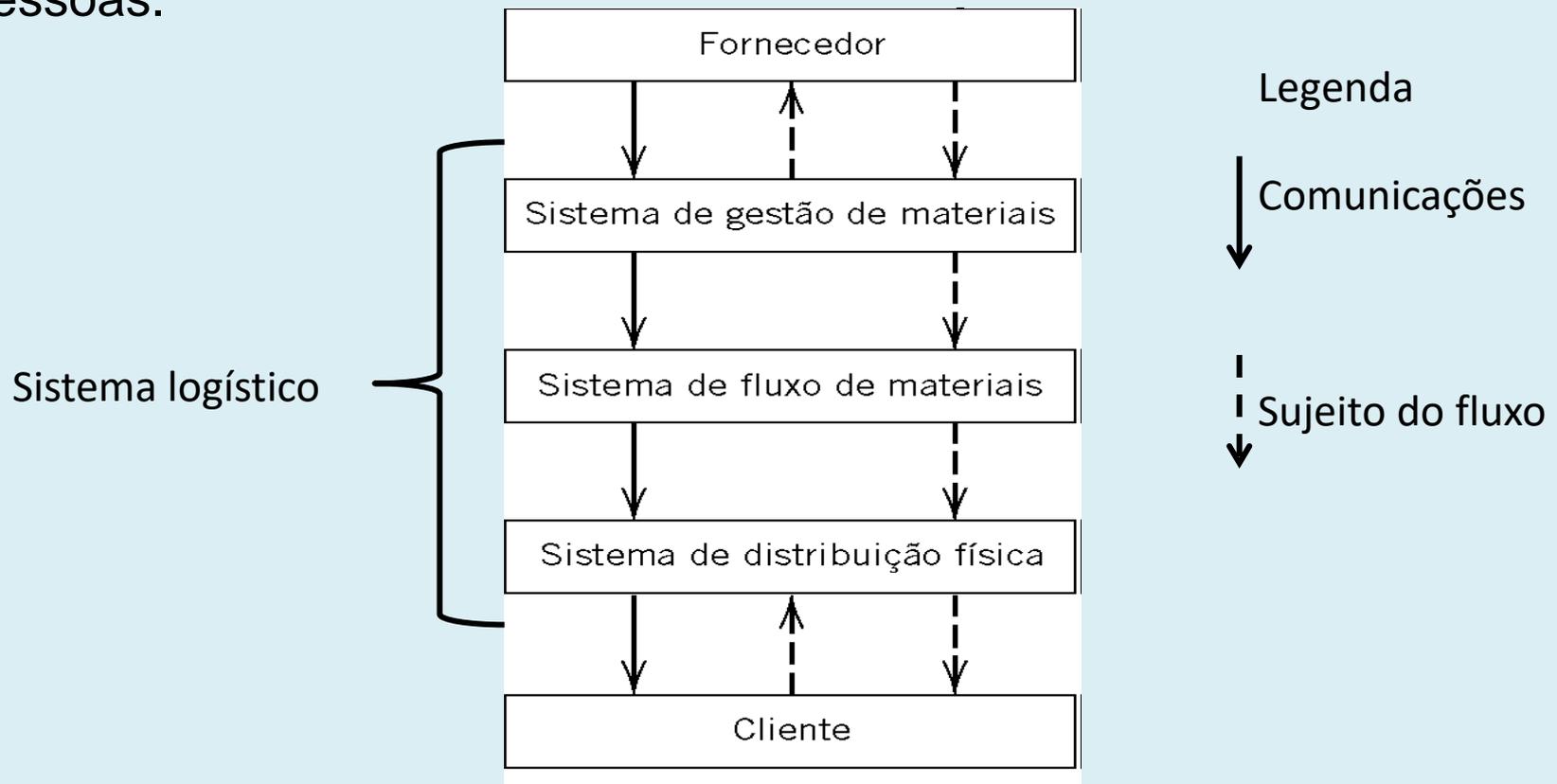
Aula 3

**Sistemas de fluxo, relacionamentos
entre as atividades e necessidades
de espaço e de pessoal**

Prof. Dr. Geronimo

Sistema de fluxo

Os sistemas de fluxos são muito importantes para o planejador que vê o fluxo como a movimentação de bens, materiais, informações e/ou pessoas.



Sistema de fluxos de materiais

Se os sujeitos forem materiais, peças e os suprimentos no processo do fluxo dentro de uma fábrica, então chamamos de sistema de fluxos de materiais

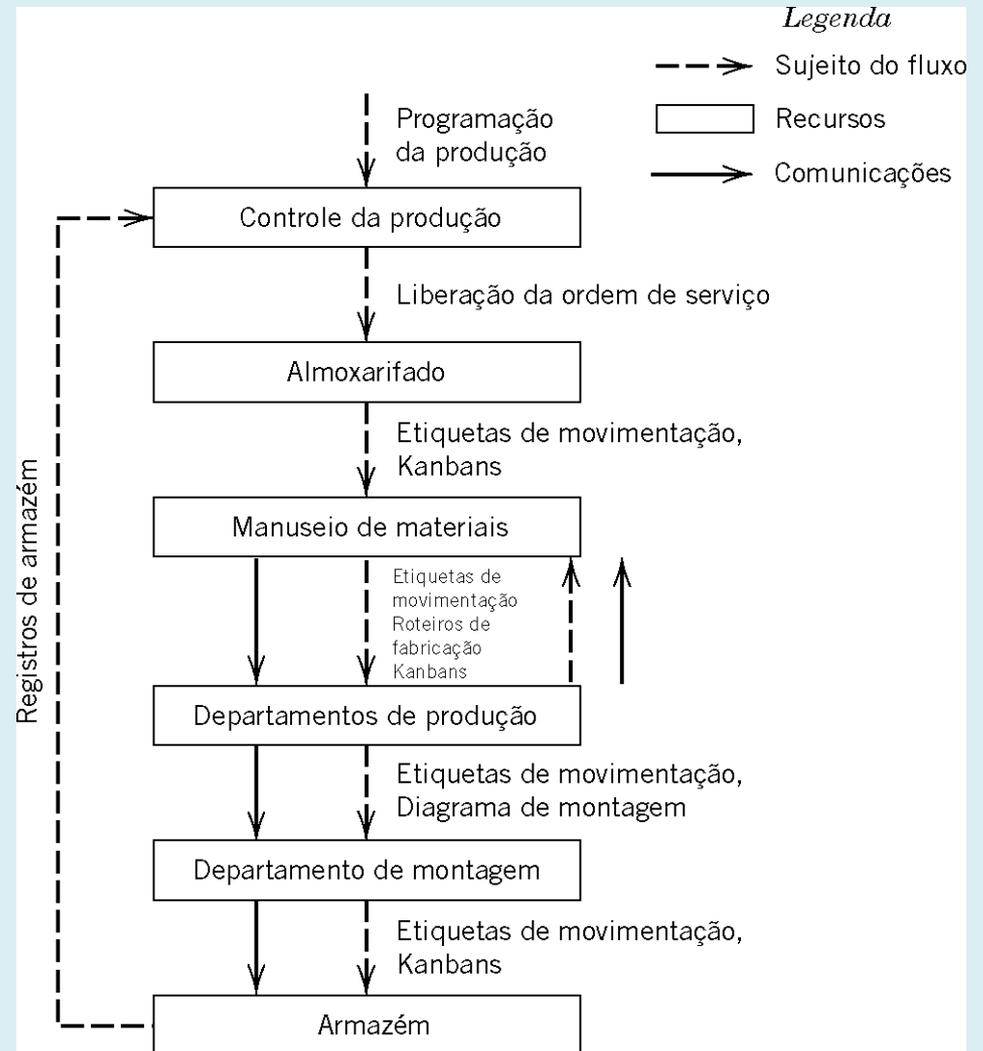
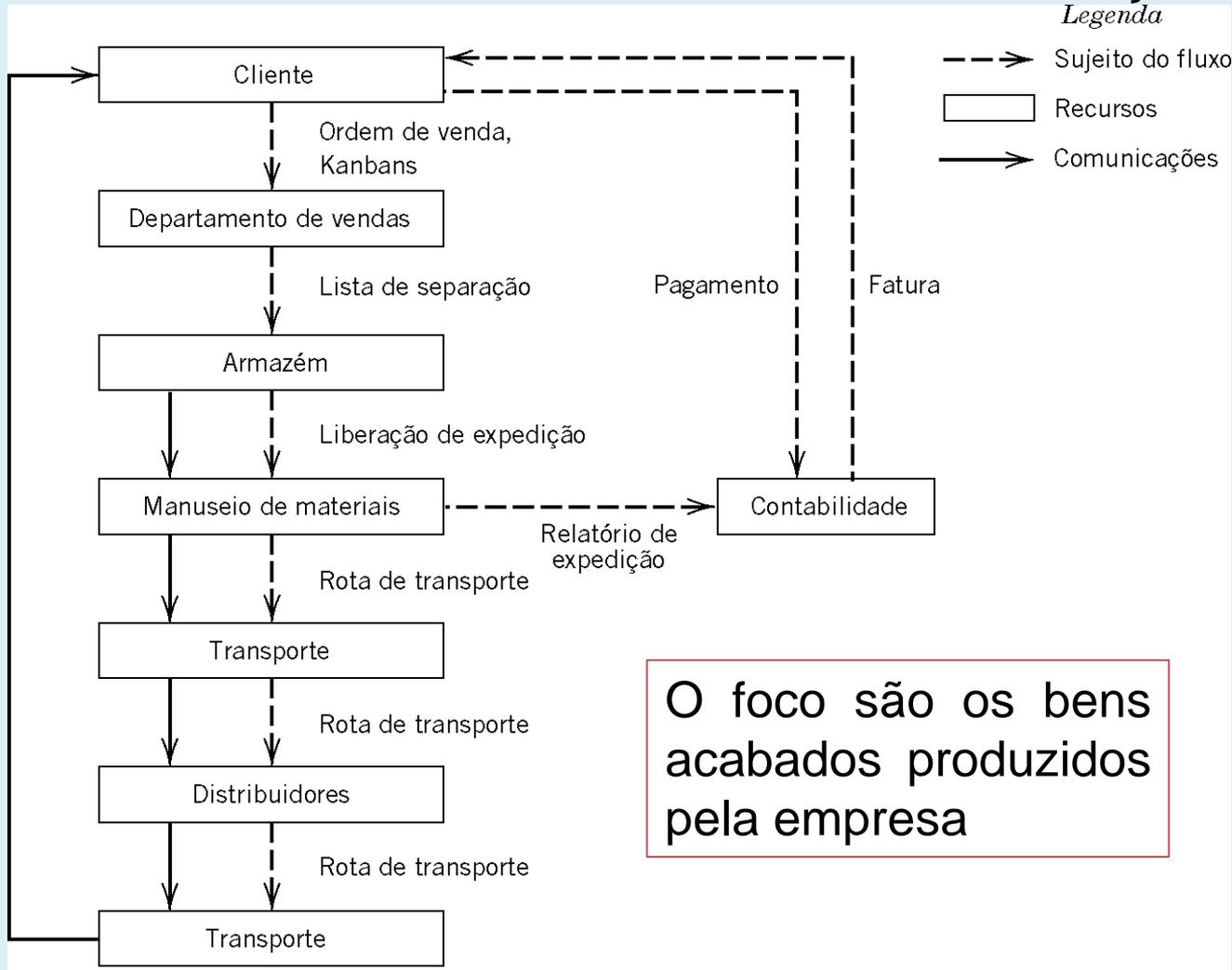


Figura 3.3 Sistema de fluxo de materiais.

Sistema de distribuição física

Se o fluxo de produto de uma fábrica for o sujeito do fluxo, então o processo do fluxo é classificado como sistema de distribuição física.



Sistema de fluxo de materiais

- Fluxo dentro dos departamentos

Por produto

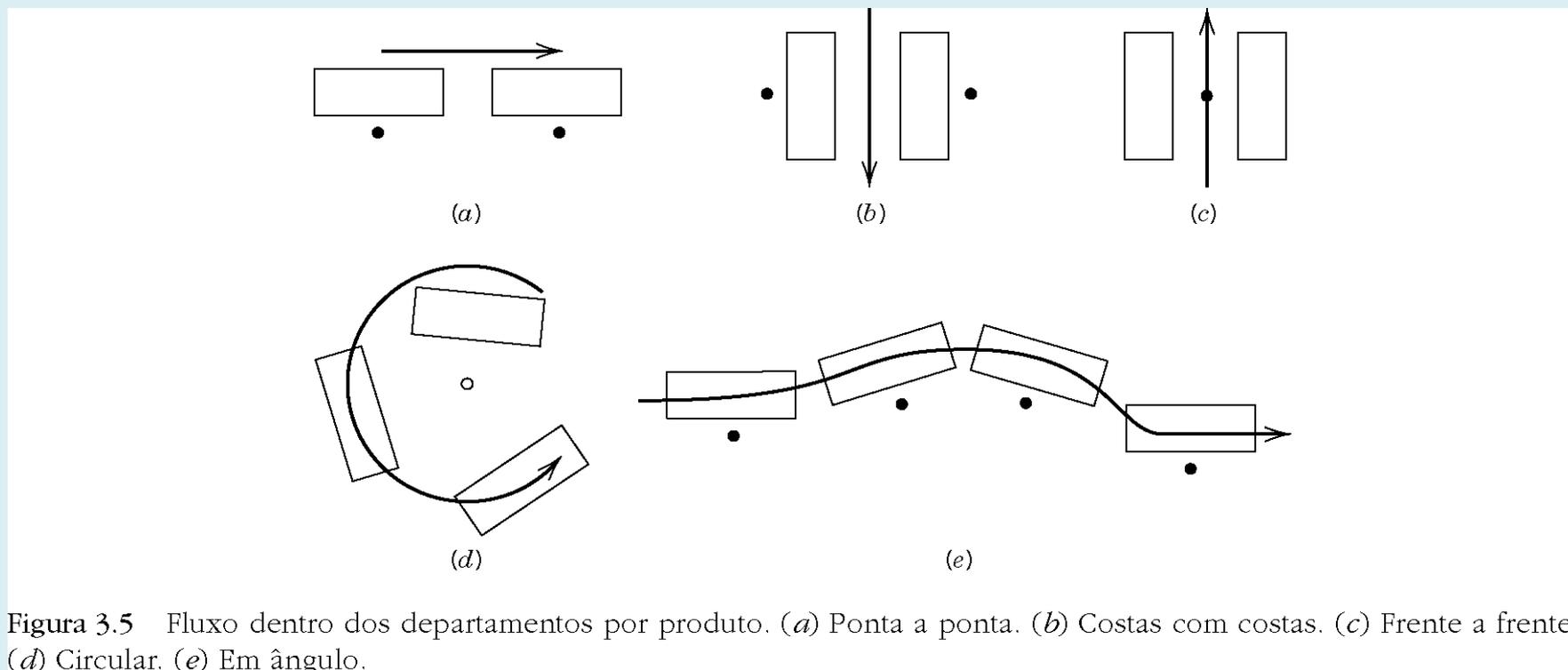


Figura 3.5 Fluxo dentro dos departamentos por produto. (a) Ponta a ponta. (b) Costas com costas. (c) Frente a frente. (d) Circular. (e) Em ângulo.

- 1 – Um operador para cada estação de trabalho (Ponta a ponta, costa a costa e em ângulo)
- 2 – Um operador para duas estações de trabalho (Frente a frente)
- 3 - Um operador em mais de duas estações de trabalho (fluxo circular)

Sistema de fluxo de materiais

- Fluxo dentro dos departamentos

Por processo

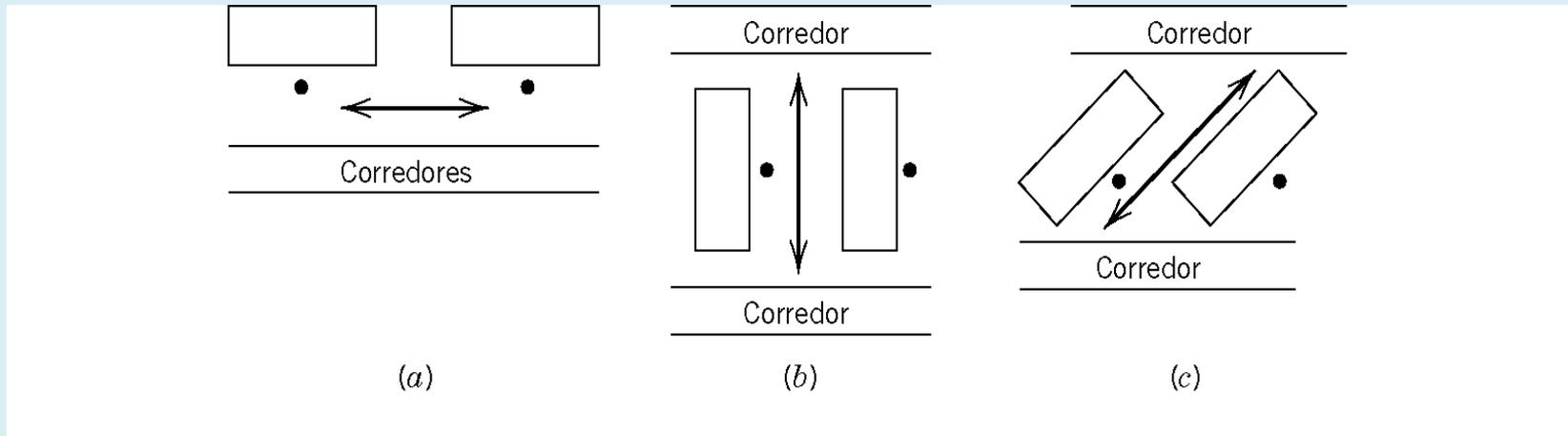
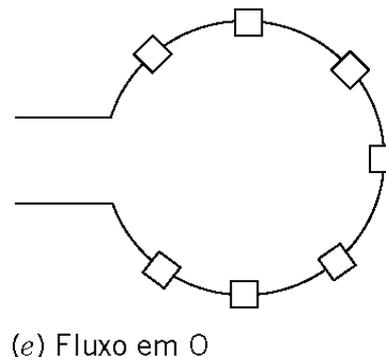
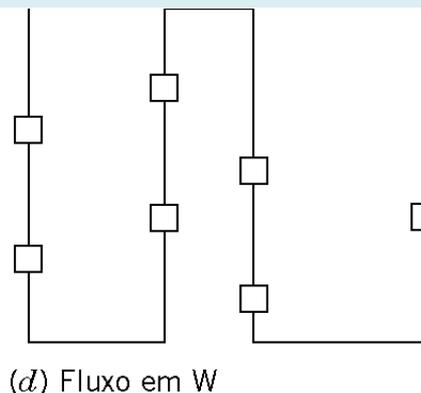
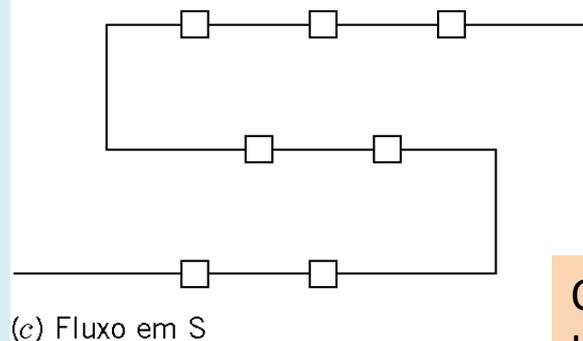
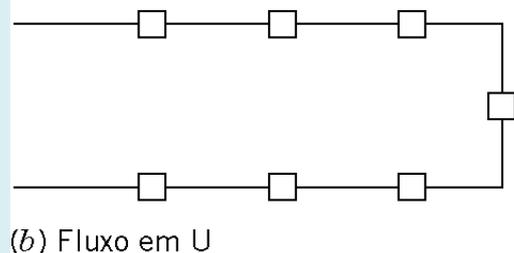
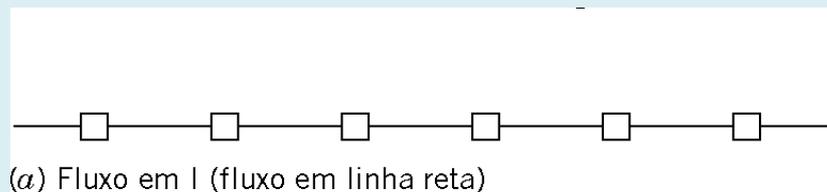


Figura 3.6 Fluxo dentro dos departamentos por processo. (a) Paralelo. (b) Perpendicular. (c) Diagonal.

A determinação do padrão preferido de arranjo das estações de trabalho e corredores depende das interações entre as áreas das estações de trabalho, do espaço disponível e do tamanho dos materiais a serem manuseados.

Operadores multifuncionais....

Fluxo dentro dos departamentos por produto e por processo com consideração do manuseio de materiais



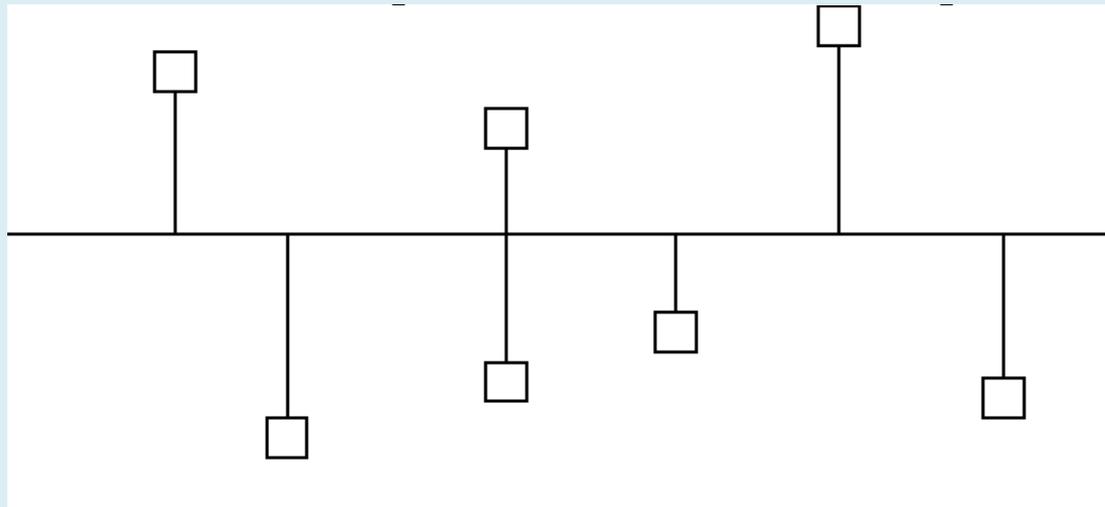
Padrões de fluxo em linha

A escolha do tipo de fluxo influencia na construção do prédio

O fluxo em linha é a estrutura mais eficaz para a produção em linha de transferência ou linhas de montagem, nas quais os retrocessos são mínimos ou inexistentes.
Exemplo: indústria automotiva

Padrão de fluxo em espinha

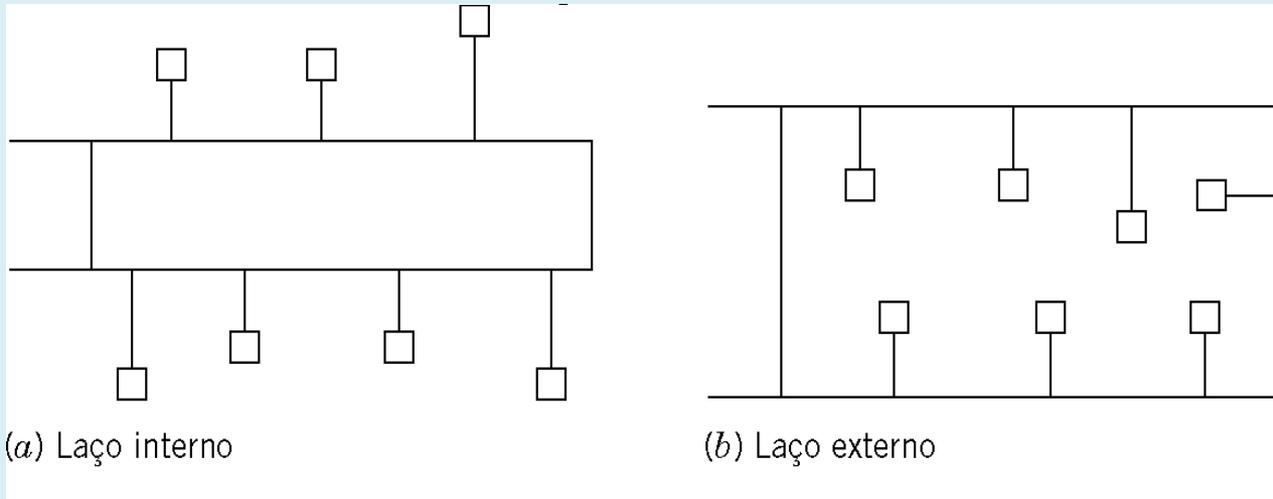
Os padrões de fluxo em espinha unilateral/bilateral caracteriza-se pela presença de um dispositivo de manuseio de materiais uni ou bidimensional operando ao longo de uma espinha central. As estações de trabalho situam-se ao longo da linha de fluxo principal com conexão através do uso de ramificações.



Aplicações para fluxos dentro dos departamentos ou entre os departamentos

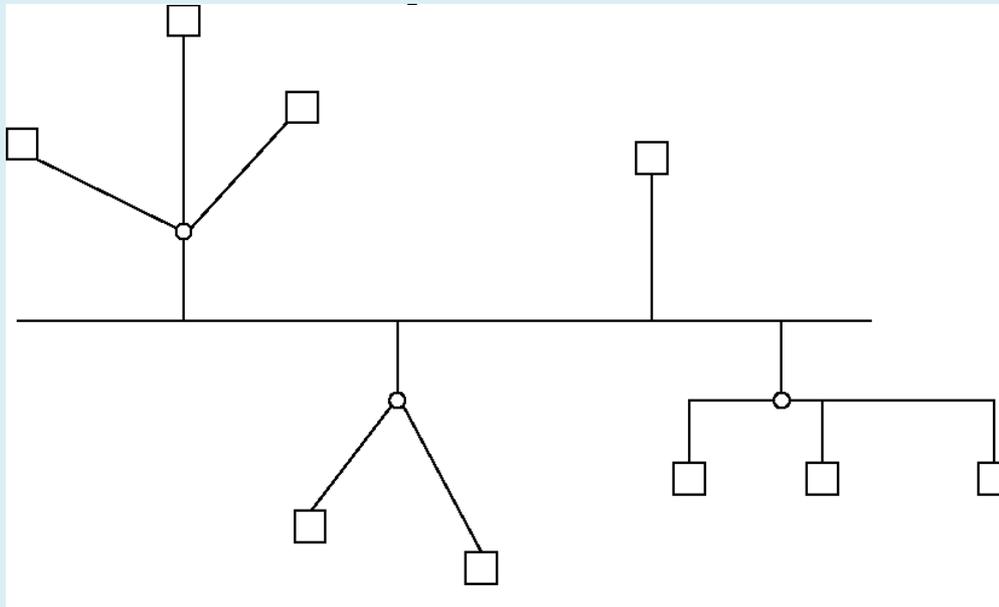
Padrão de fluxo em laço

O fluxo em laço caracteriza-se pela presença de um laço que atende às estações de trabalho operando de uma espinha central. A direção do fluxo pode ser uni ou bidirecional. As estações de trabalho são posicionadas na parte interna ou externa do laço.



Padrão de fluxo em árvore

No fluxo em árvore as estações de trabalho podem ser posicionadas em uma única árvore ou em várias árvores que são ligadas por um dispositivo central de manuseio de materiais. Esse tipo de estrutura de fluxo pode ser encontrado nas instalações que utilizam dispositivos automatizados de manuseio de materiais para movimentar as peças de uma estação para outra.



Fluxo entre os departamentos

- O fluxo entre os departamentos é um critério utilizado com frequência para avaliar o fluxo geral dentro de uma estação.
- # O fluxo entre os departamentos é a localização das estações de retirada e entrega de cada departamento.
- Recebimento e expedição
- Sempre avaliando o impacto fluxo-tempo-custo-qualidade

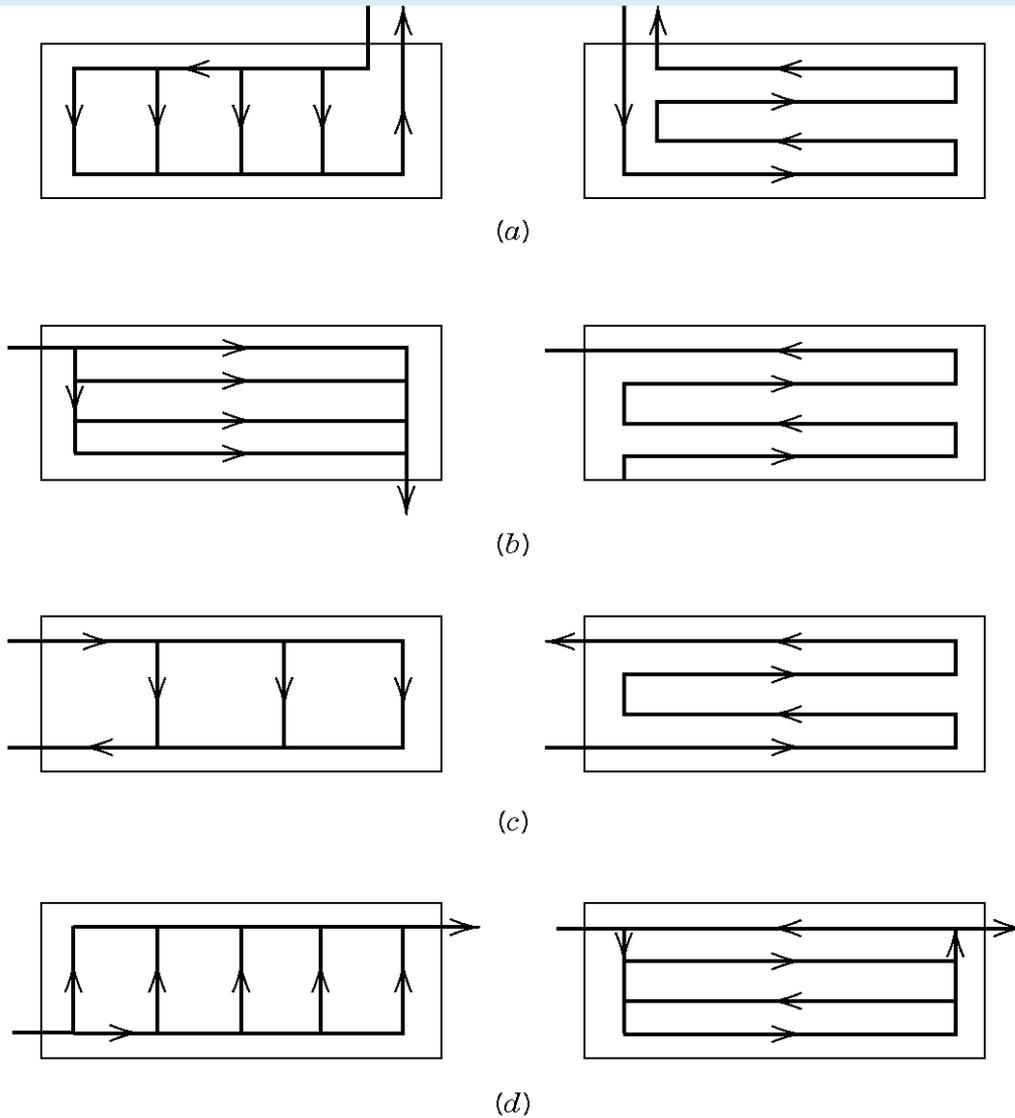


Figura 3.11 Fluxo dentro de um departamento considerando as localizações dos pontos de entrada/saída. (a) No mesmo local. (b) Em lados adjacentes. (c) No mesmo lado. (d) Em lados opostos.

Vários padrões de fluxo ou estruturas para se analisar a eficiência da movimentação

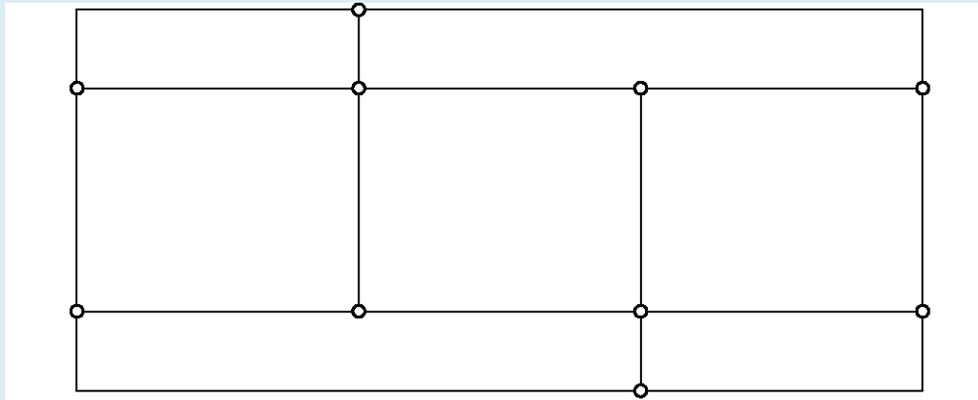


Figura 3.12 Estrutura de fluxo convencional entre departamentos.

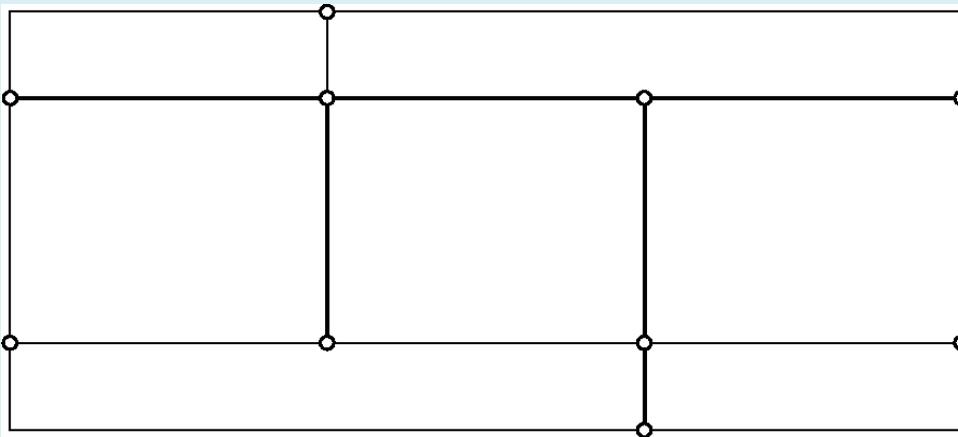


Figura 3.13 Estrutura de espinha entre departamentos.

Vários padrões de fluxo ou estruturas para se analisar a eficiência da movimentação

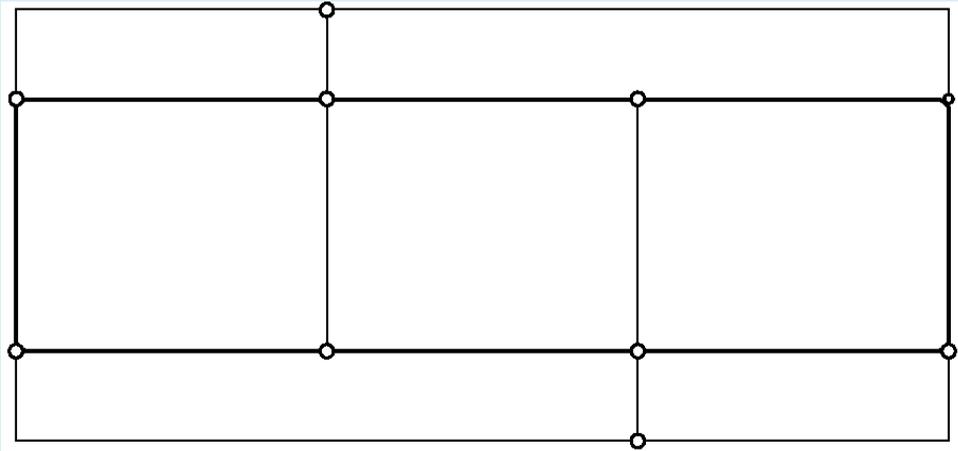


Figura 3.14 Estrutura de fluxo interdepartamental em laço.

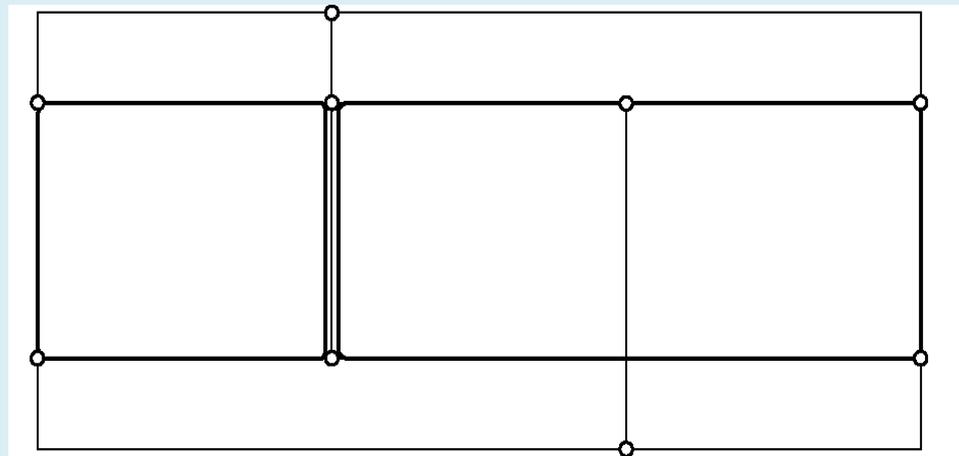


Figura 3.15 Estrutura de fluxo interdepartamental simultâneo.

Vários padrões de fluxo ou estruturas para se analisar a eficiência da movimentação

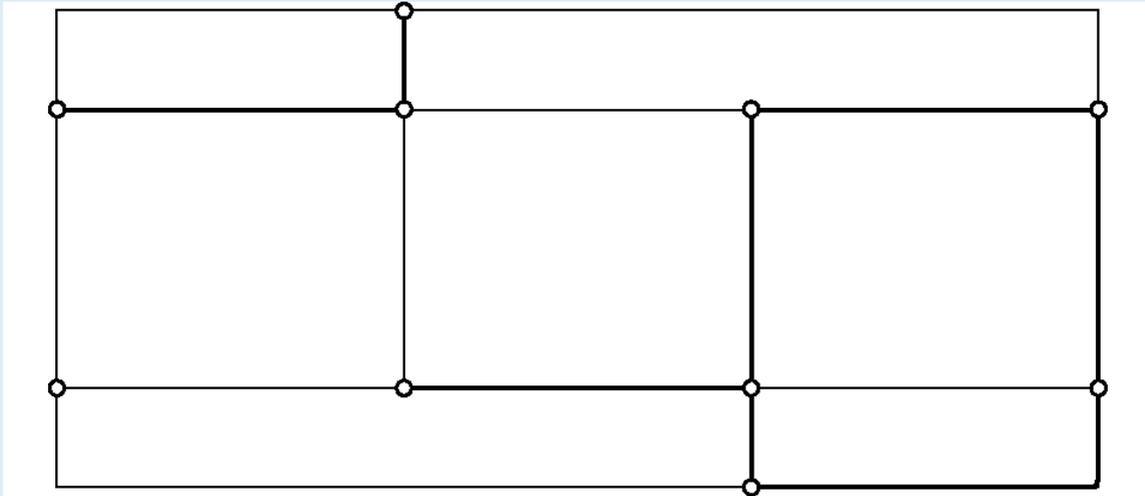


Figura 3.16 Estrutura de fluxo interdepartamental segmentado.

Na análise dos problemas relacionados aos fluxos entre departamentos é necessária uma atenção especial não só as necessidades estáticas baseadas nas demandas previstas. Mas também nos fatores:

- ✓ *Carga de pico, congestionamento, viagens sem carga, capacidade dos transportadores capacidade das máquinas, capacidade de armazenagem em processo, programação da produção e regras de despacho dos transportadores.*

O fluxo eficaz é um processo de planejamento hierárquico o qual depende do fluxo eficaz entre os departamentos



Figura 3.17 Hierarquia de planejamento do fluxo.

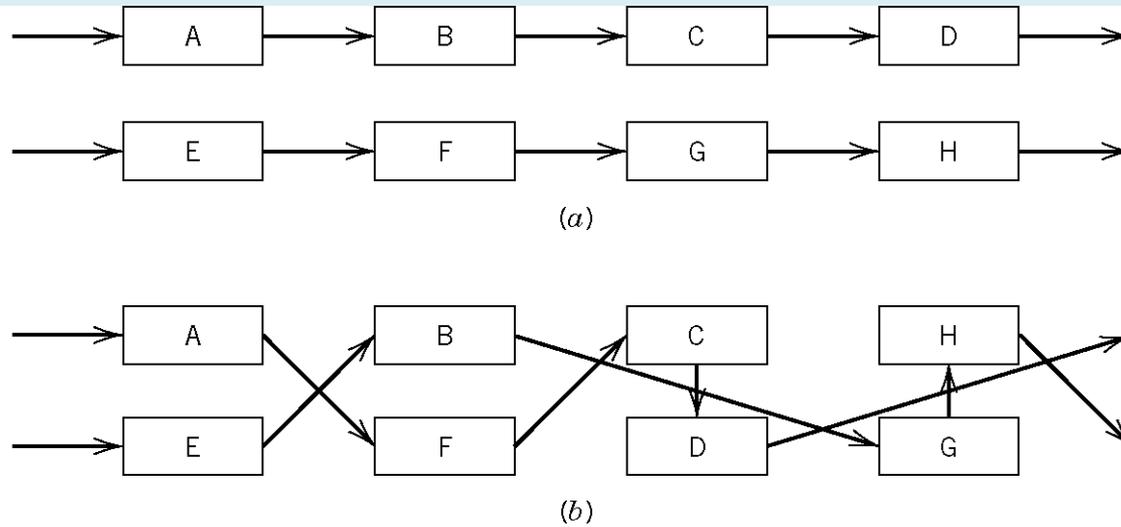
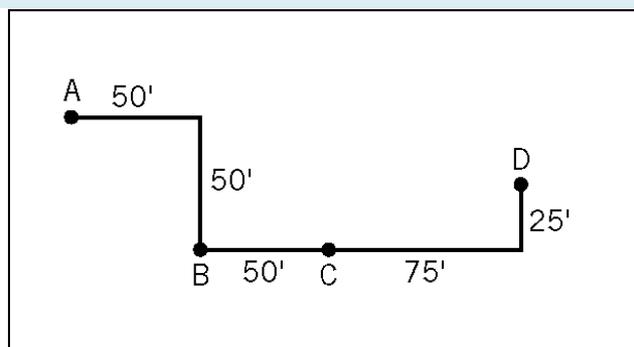


Figura 3.18 O impacto das interrupções nos trajetos de fluxo. (a) Trajetos de fluxo ininterruptos. (b) Trajetos de fluxo interrompidos.

Um trajeto de fluxo ininterrupto é aquele que não cruza outros trajetos

Exemplo do efeito do retrocesso no tamanho do trajeto de fluxo

Fluxo linear



50'	=	15 m
75'	=	23 m
25'	=	8 m
250 pés	=	76 m
450 pés	=	137 m

Penalidade de 61 m

Trajeto de fluxo A – B – C – D
 $(50' + 50') + 50' + (75' + 25') = 250$ pés

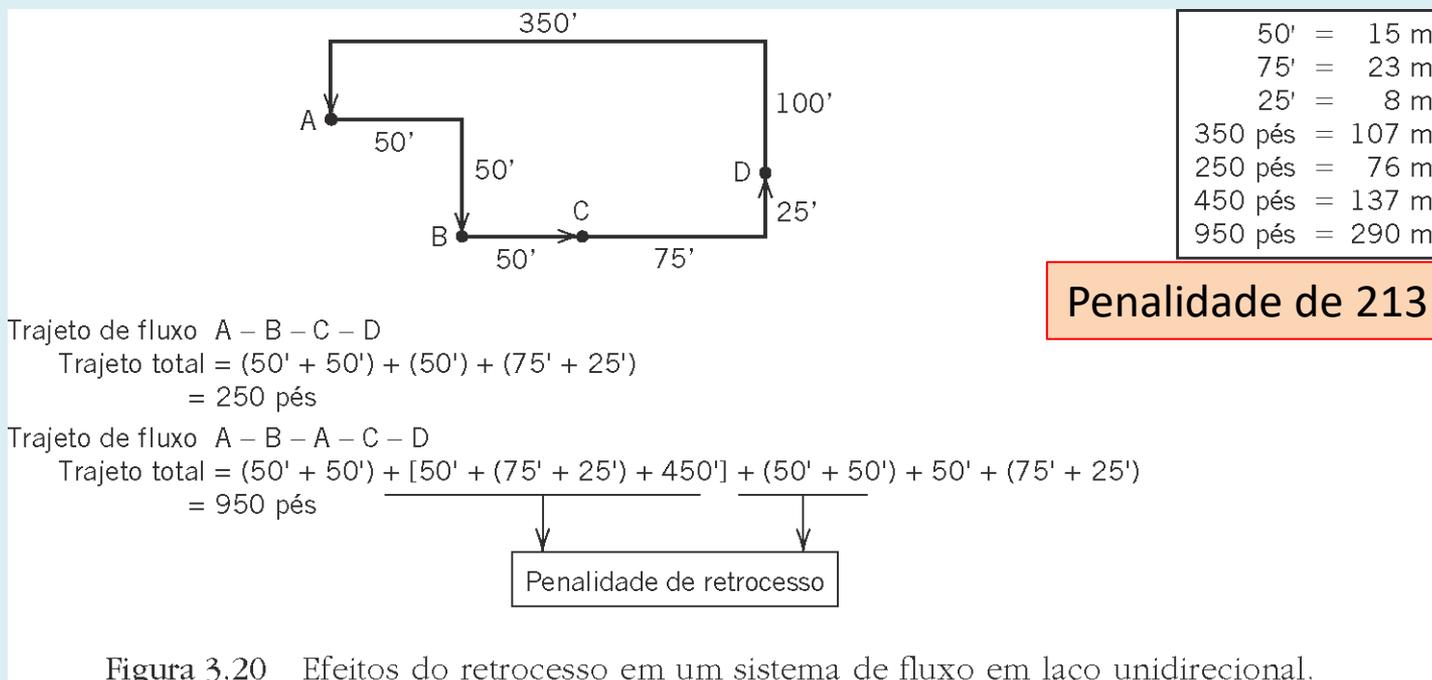
Trajeto de fluxo A – B – A – C – D
 $(50' + 50') + (50' + 50') + (50' + 50') + 50' + (75' + 25') = 450$ pés

↓ ↓
 Penalidade de retrocesso

↑ 80% na distância

Figura 3.19 Ilustração de como o retrocesso impacta o tamanho dos trajetos de fluxo.

Exemplo em um fluxo de laço



Neste caso o fluxo em linha é a melhor alternativa. Pois o conceito de penalidade por retrocessos realmente nos leva a considerar um método mais sistemático de encurtar a distância percorrida total (Fluxo total multiplicado pela distância)

Como fazer a formação de *departamentos planejados*?

R: Depende do volume e variedade

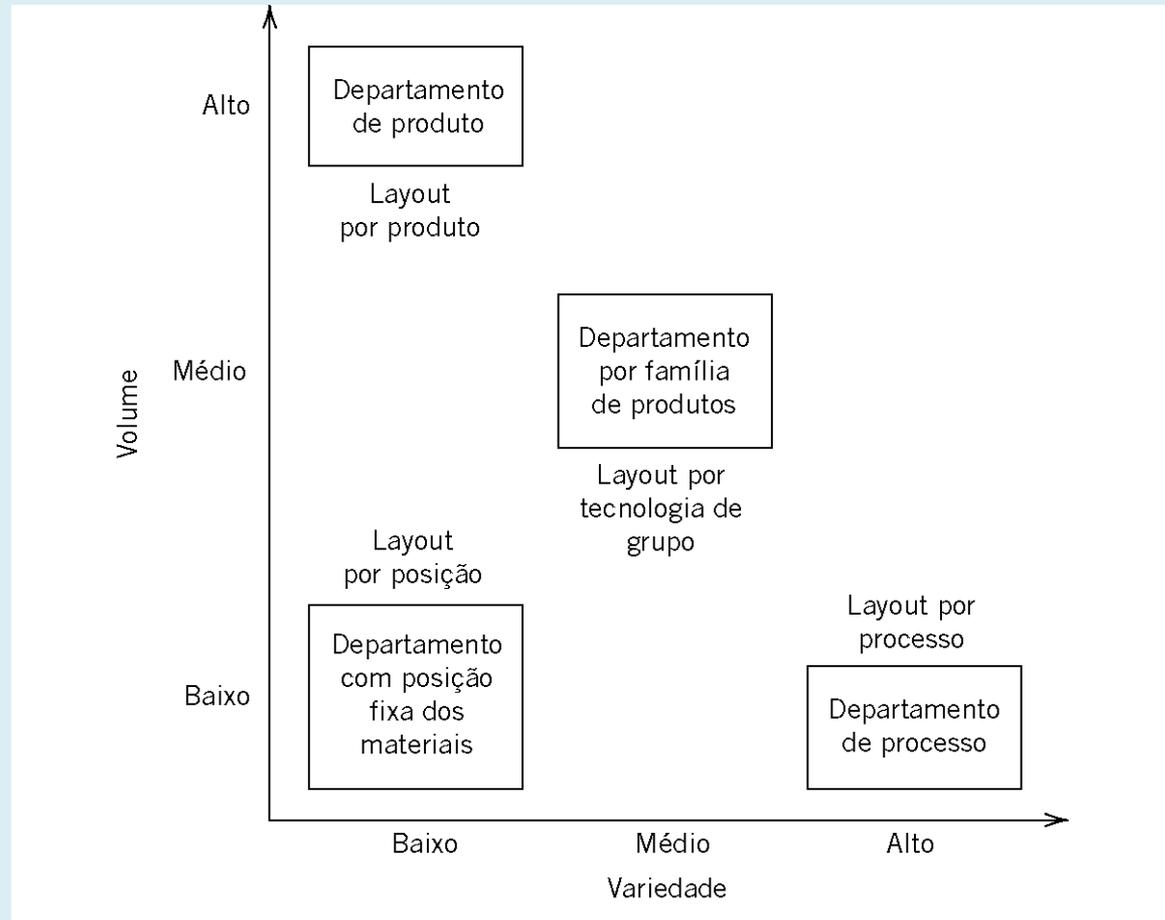


Figura 3.21 Classificação do arranjo físico de acordo com volume e variedade.

Tabela 3.1 *Guia de Procedimentos para a Combinação de Estações de Trabalho em Departamentos Planejados*

Se o Produto For	O Tipo de Departamento Planejado Deve Ser	E o Método de Combinação das Estações de Trabalho em Departamentos Planejados Deve Ser
Padronizado e tiver uma grande demanda estável	Linha de produção, departamento por produto	Combinar todas as estações de trabalho necessárias para fabricar o produto
Fisicamente grande, incômodo para ser movimentado e tiver uma demanda esporádica baixa	Localização fixa de materiais, departamento por produto	Combinar todas as estações de trabalho necessárias para fabricar o produto com a área necessária para estocá-lo temporariamente
Capaz de ser agrupado em famílias de peças similares que possam ser produzidas por um grupo de estações de trabalho	Família de produtos, departamento por produto	Combinar todas as estações de trabalho necessárias para produzir a família de produtos
Nenhuma das características anteriores	Departamento por processo	Combinar as estações de trabalho idênticas em departamentos planejados e tentar combinar esses departamentos similares sem obscurecer as relações importantes dentro dos departamentos

Departamentos por família de produtos

- ✓ Agregam peças de volume e variedades médias
- ✓ As máquinas necessárias para fabricar a família de peças são agrupadas, formando uma **célula**
- ✓ ***Manufatura celular***
- ✓ A manufatura celular envolve o uso de *células de manufatura* que são formadas de várias maneiras, a *mais popular* envolve o agrupamento de máquinas, empregados, materiais, ferramental e equipamento de manuseio e armazenagem de materiais, produzindo famílias de peças.
- ✓ A manufatura celular tornou-se bastante popular no final do século XX e muitas vezes é associada a just-in-time (JIT), gestão da qualidade total (TQM), e conceitos e técnicas de produção enxuta (Lean Manufacturing)
- ✓ Vem crescendo em importância e aplicação

Vamos introduzir o assunto através de exemplo

Algoritmo de agrupamento direto (DCA)

O DCA baseia-se em uma matriz máquina × peça na qual 1 indica que a peça requer processamento pela máquina; um espaço em branco indica que a máquina não é utilizada na peça em particular.

Peça N.º	Máquina N.º					N.º de 1s
	1	2	3	4	5	
1	1		1			2
2	1					1
3		1		1	1	3
4	1		1			2
5		1				1
6				1	1	2
N.º de 1s	3	2	2	2	2	

Matriz máquina × peça

Peça N.º	Máquina N.º				
	5	4	2	3	1
3	1	1	1		
6	1	1			
5			1		
4				1	1
1				1	1
2					1

Formação de duas células

Exemplo 1

Peça N.º	Máquina N.º					N.º de 1s
	1	2	3	4	5	
1	1		1			2
2	1					1
3		1		1	1	3
4	1		1			2
5		1				1
6				1	1	2
N.º de 1s	3	2	2	2	2	

Aplicando a **Etapa 1**

Ordenar as linha (de cima para baixo) em ordem decrescente de quantidade de 1s e os empates são feitos pela sequência numérica descendente.

Ordenar as colunas (da esquerda para a direita) em ordem crescente de quantidade de 1s em cada uma delas. Onde existirem empates, quebrá-los em sequência numérica decrescente.

Peça N.º	Máquina N.º					N.º de 1s
	5	4	3	2	1	
3	1	1		1		3
6	1	1				2
4			1		1	2
1			1		1	2
5				1		1
2					1	1
N.º de 1s	2	2	2	2	3	

Figura 3.23 Matriz máquina \times peça ordenada.

Aplicando a **Etapa 2**

Classificar as colunas. Começando pela primeira linha da matriz, deslocar para a esquerda da matriz todas as colunas com 1s na primeira linha. Continuar o processo linha por linha até que não haja mais oportunidade de deslocar as colunas.

Peça N.º	Máquina N.º					N.º de 1s
	5	4	2	3	1	
3	1	1	1			3
6	1	1				2
4				1	1	2
1				1	1	2
5			1			1
2					1	1
N.º de 1s	2	2	2	2	3	

Figura 3.24 Matriz máquina \times peça classificada por coluna.

Aplicando a **Etapa 3**

Classificar as linhas. Coluna a coluna, começando pela coluna mais à esquerda, deslocar as linhas para cima quando existirem oportunidades de formar blocos de 1s. A ordenação de colunas e linhas é facilitada pelo uso de planilhas eletrônicas, como MS Excel.

Peça N.º	Máquina N.º					N.º de 1s
	5	4	2	3	1	
3	1	1	1			3
6	1	1				2
5			1			1
4				1	1	2
1				1	1	2
2					1	1
N.º de 1s	2	2	2	2	3	

Figura 3.25 Matriz máquina \times peça classificada por linha.

Aplicando a **Etapa 4**

Formar células. Buscar oportunidades de formar células de modo que todo o processamento de cada peça ocorra em uma célula.

Peça N.º	Máquina N.º				
	5	4	2	3	1
3	1	1	1		
6	1	1			
5			1		
4				1	1
1				1	1
2					1

Figura 3.26 Formação de duas células.

Neste caso as máquinas podem ser agrupadas em duas células.

Com as peças 3, 5 e 6 sendo processadas pelas máquinas 2, 4 e 5.

E as peças 1, 2 e 4 sendo processadas pelas máquinas 1 e 3.

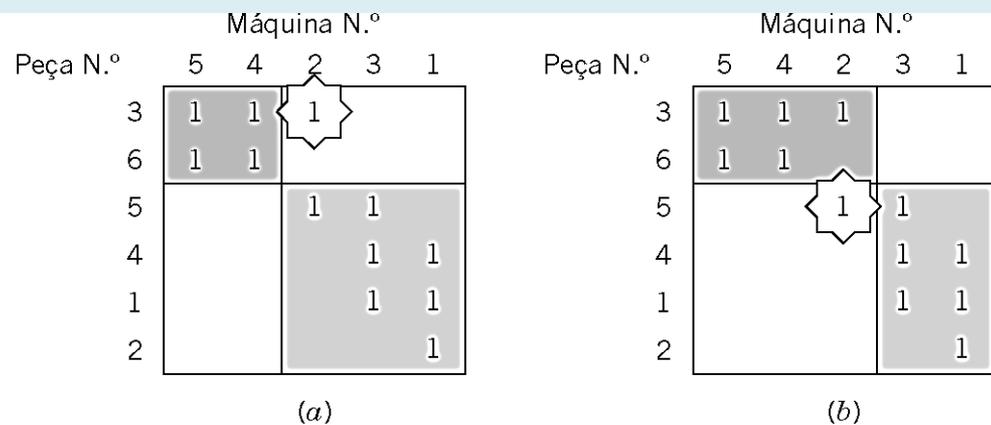
Exemplo 2

Peça N.º	Máquina N.º					N.º de 1s
	1	2	3	4	5	
1	1		1			2
2	1					1
3		1		1	1	3
4	1		1			2
5		1	1			2
6				1	1	2
N.º de 1s	3	2	3	2	2	

Figura 3.27 Matriz máquina × peça.

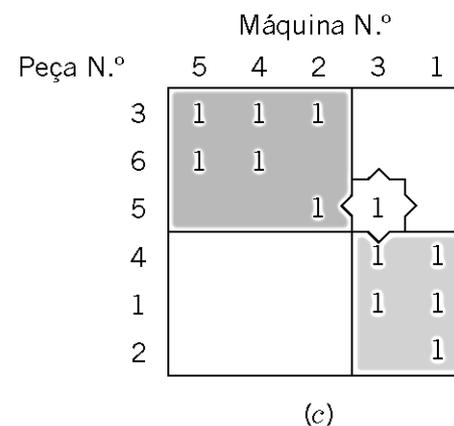
Peça N.º	Máquina N.º					N.º de 1s
	5	4	2	3	1	
3	1	1	1			3
6	1	1				2
5			1	1		1
4				1	1	2
1				1	1	2
2					1	1
N.º de 1s	2	2	2	2	3	

Figura 3.28 Matriz máquina × peça classificada.



(a)

(b)



(c)

Figura 3.29 Formação das células com “gargalo” na máquina 2 ou 3.

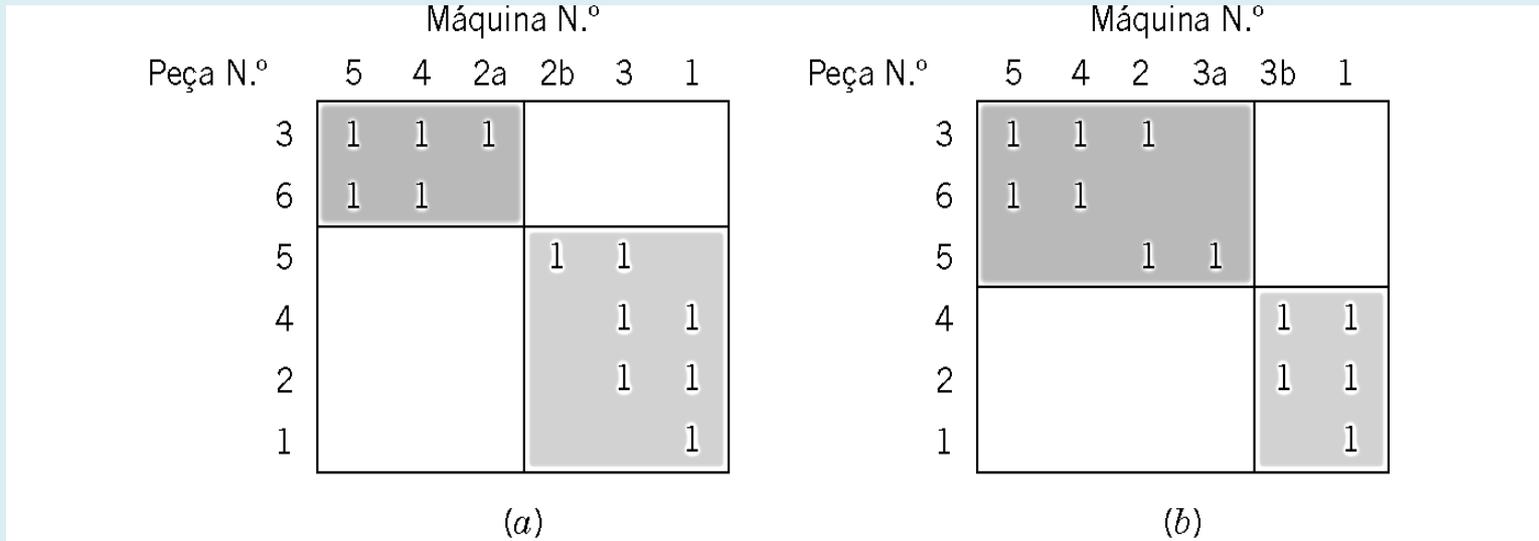


Figura 3.30 Formação das células com a duplicação da (a) máquina 2 e (b) da máquina 3.

A alternativa é duplicar a máquina 2 ou 3 e colocar em cada célula.

- .18 Quando você recomendaria um layout por tecnologia de grupo?
- .19 Quando você recomendaria um layout de posição fixa?
- .20 Que tipo de layout é muito popular nas instalações de produção *just-in-time*? Explique por quê.
- .21 Mencione três limitações do tipo de layout por processo.
- .22 Use o algoritmo de agrupamento direto para formar células para a matriz máquina × peça exibida a seguir. Se existirem conflitos, proponha abordagens alternativas para resolvê-los.

Peça N.º	Máquina N.º			
	1	2	3	4
1		1	1	
2	1			
3			1	
4	1			1

- 23 Na matriz máquina × peça exibida a seguir, forme células usando o algoritmo de agrupamento direto, e, se houver conflitos, proponha abordagens alternativas para resolvê-los.

Peça N.º	Máquina N.º				
	1	2	3	4	5
1	1		1		
2					
3		1		1	1
4	1		1		
5		1			
6				1	1

- 24 Na matriz máquina × peça exibida a seguir, forme células usando o algoritmo de agrupamento direto, e, se houver conflitos, proponha abordagens alternativas para resolvê-los.

Peça N.º	Máquina N.º							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	1					
2	1			1	1			
3		1	1			1		
4				1	1			1
5					1		1	1
6	1		1			1		
7		1	1			1		
8				1	1	1		
9	1	1	1					
10				1	1		1	

