

# Diagramação do Arranjo Físico (*layout*)

Depto. de Engenharia de Produção  
Escola Politécnica da USP  
*Prof. Dr. Dario Ikuo Miyake*

**2023**

# Análise de Arranjo Físico Funcional

## Aplicação da Carta “De-Para”

Análise de fluxos para projeto de layout considerando ou não a variação do **custo** de manuseio de materiais em função da dificuldade/complexidade de movimentação

Transferências de carga do setor i para setor j por dia

De / Para	A	B	C	D	E
A		17	0	30	10
B	13		20	0	20
C	0	10		0	70
D	30	0	0		30
E	10	10	10	10	

dados de  $f_{ij}$

1

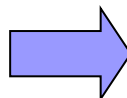
Se o **custo** unitário de transferência não varia conforme a rota, considerar somente a frequência

Total de transferências de carga entre setores i e j por dia

De / Para	A	B	C	D	E
A		30	0	60	20
B			30	0	30
C				0	80
D					40
E					

2

Se o **custo** de transferência varia conforme a rota



Custos unitários de transferência entre um setor i e um setor j

De / Para	A	B	C	D	E
A		2	2	2	2
B	3		3	3	3
C	2	2		2	2
D	10	10	10		10
E	2	2	2	2	

Ex. rotas em que  $C_{ij} = C_{ji}$

Ex. rotas em que  $C_{ij} \neq C_{ji}$

Custo de transferência de cargas do setor i para setor j por dia

De / Para	A	B	C	D	E
A		34	0	60	20
B	39		60	0	60
C	0	20		0	140
D	300	0	0		300
E	20	20	20	20	

Custo total de transferência de cargas entre setores i e j por dia

De / Para	A	B	C	D	E
A		73	0	360	40
B			80	0	80
C				0	160
D					320
E					

# Análise de Arranjo Físico Funcional

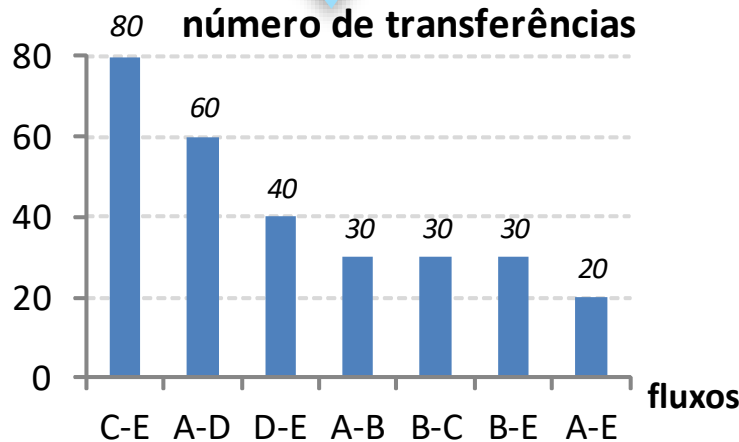
## Aplicação da Carta “De-Para”

Priorização de rotas entre pares de atividades de uma fábrica com layout funcional, dependendo da unidade de medida considerada na realização da análise de fluxo

**1** Se o **custo** de transferência não varia conforme a rota

Total de transferências de carga entre setores i e j por dia

De / Para	A	B	C	D	E
A		30	0	60	20
B			30	0	30
C				0	80
D					40
E					

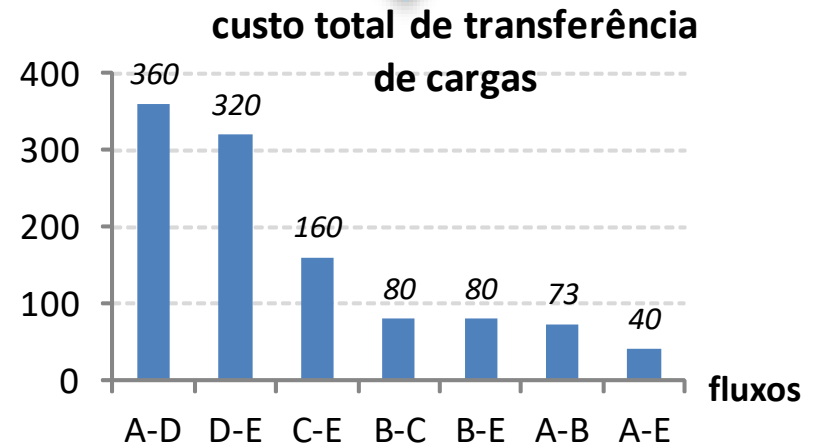


**Objetivo:** posicionar os setores funcionais de tal modo a minimizar as distâncias das rotas com maior **frequência** de transferências

**2** Se o **custo** de transferência varia conforme rota

Custo total de transferência de cargas entre setores i e j por dia

De / Para	A	B	C	D	E
A		73	0	360	40
B			80	0	80
C				0	160
D					320
E					



**Objetivo:** posicionar os setores funcionais de tal modo a minimizar as distâncias das rotas nas quais o **custo** é maior e/ou adotar meios que diminuam  $c_{ij}$  elevados

# Análise de Arranjo Físico Funcional

Busca de uma alternativa de layout melhor considerando o **custo** de movimentação de materiais

Exemplos de rotas em que  $C_{ij} > C_{ji}$

Setor $i$	Setor $j$
Processo localizado num ponto mais baixo do terreno	Processo localizado num ponto mais alto do terreno
Máquinas como injetoras ou sopradoras em que o produto tem pouca massa mas muito volume	Máquina de moagem/granulação de sucata para reciclagem
Processo donde o material sai quente, incandescente, fundido	Processo donde o material sai esfriado, solidificado, rígido

# Aplicações da Carta De-Para no (Re)Projeto de Arranjo Físico Funcional

A Carta De-Para pode ser utilizada na análise dos fluxos de materiais tanto para

1) Ajustar o Arranjo Físico de uma fábrica já existente (mudança de menor magnitude)

como para

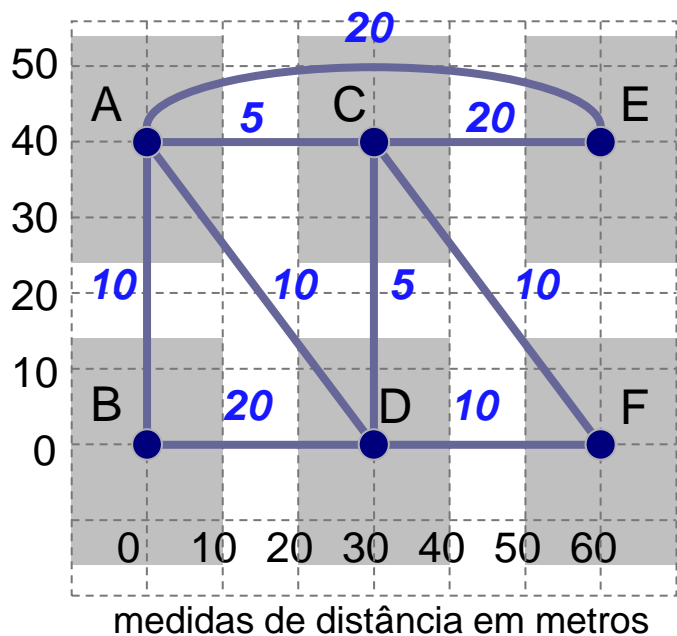
2) Definir o Arranjo Físico de uma nova fábrica a ser instalada ou criar um novo projeto de Arranjo Físico para uma fábrica já existente

A seguir, é apresentada uma ilustração da **primeira** forma de aplicação.

# Análise de Arranjo Físico Funcional

Busca de uma alternativa de layout melhor para uma fábrica já instalada pela minimização das distâncias percorridas com carga

*Números nos arcos:  
número de transferências*



Admitindo que o custo dos transportes internos aumente com a distância percorrida, devemos reduzir o seu Custo Total dado pelo somatório de  $F_{ij} \times D_{ij}$

$F_{ij}$  = número de transferência de carga no período entre os setores  $i$  e  $j$

Entre	A	B	C	D	E	F
A		10	5	10	20	0
B			0	20	0	0
C				5	20	10
D					0	10
E						0
F						

$D_{ij}$  = distância linear entre os centros dos setores  $i$  e  $j$

Entre	A	B	C	D	E	F
A		40	30	50	60	72
B			50	30	72	60
C				40	30	50
D					50	30
E						40
F						

produto  $F_{ij} \times D_{ij}$

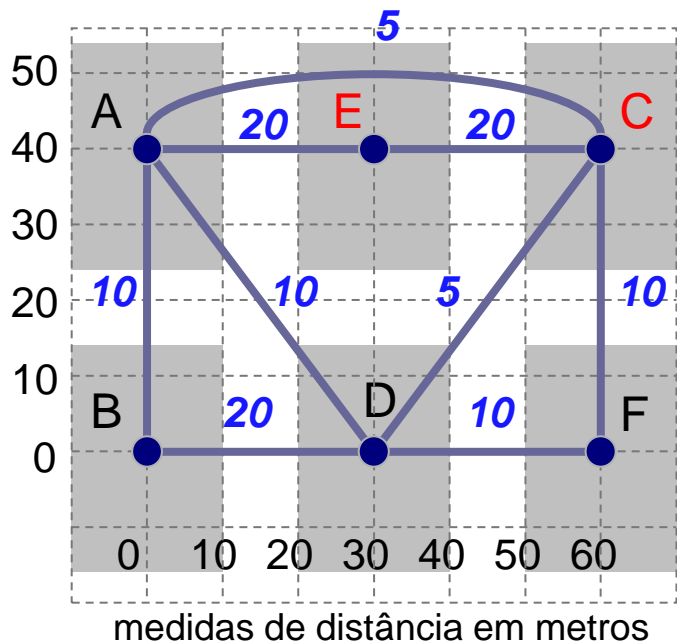
Entre	A	B	C	D	E	F
A		400	150	500	1200	0
B			0	600	0	0
C				200	600	500
D					0	300
E						0
F						

SUM  $F_{ij} \times D_{ij} = 4450$  m

# Análise de Arranjo Físico Funcional

Busca de uma alternativa de layout melhor para uma fábrica já instalada pela minimização das distâncias percorridas com carga

**Números nos arcos:**  
número de transferências



Admitindo que o custo dos transportes internos aumente com a distância percorrida, devemos reduzir o seu Custo Total dado pelo somatório de  $F_{ij} \times D_{ij}$

$F_{ij}$  = número de transferência de carga no período entre os setores  $i$  e  $j$

Entre	A	B	C	D	E	F
A		10	5	10	20	0
B			0	20	0	0
C				5	20	10
D					0	10
E						0
F						

$D_{ij}$  = distância linear entre os centros dos setores  $i$  e  $j$

Entre	A	B	C	D	E	F
A		40	60	50	30	72
B			72	30	50	60
C				50	30	40
D					40	30
E						50
F						

produto  $F_{ij} \times D_{ij}$

Entre	A	B	C	D	E	F
A		400	300	500	600	0
B			0	600	0	0
C				250	600	400
D					0	300
E						0
F						

SUM  $F_{ij} \times D_{ij} = 3950$  m

# Aplicações da Carta De-Para no (Re)Projeto de Arranjo Físico Funcional

A Carta De-Para pode ser utilizada na análise dos fluxos de materiais tanto para

- 1) Ajustar o Arranjo Físico de uma fábrica já existente (mudança de menor magnitude)

como para

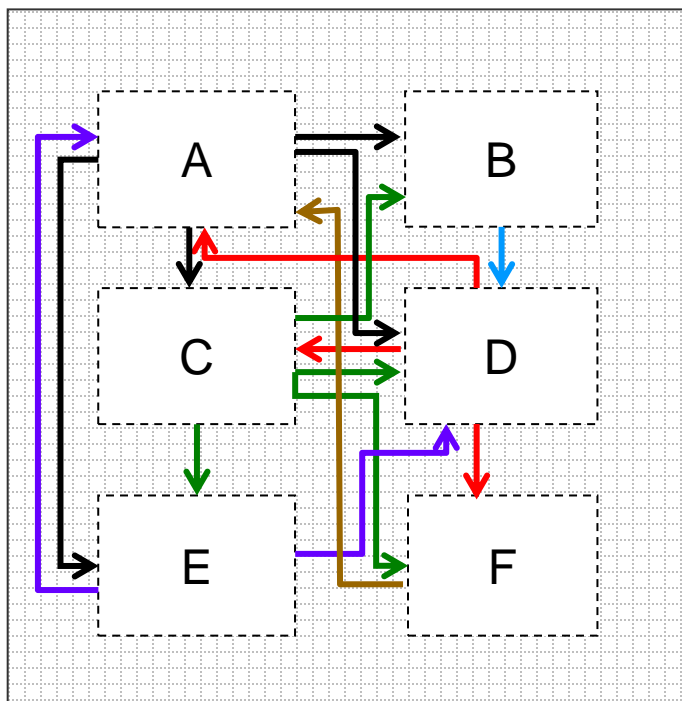
- 2) Definir o Arranjo Físico de uma nova fábrica a ser instalada ou criar um novo projeto de Arranjo Físico para uma fábrica já existente

A seguir, é apresentada uma ilustração da **segunda** forma de aplicação.



# Análise de fluxos para projeto de AF Funcional com Carta De-Para

- Retomemos o exemplo da fábrica com Arranjo Físico Funcional composto de 6 setores funcionais (A, B, C ... F) que, inicialmente, foi implantada como ilustra a figura abaixo à esquerda. Se as condições de demanda, mix de produção e processos de produção mudaram significativamente desde a implantação e a empresa tiver de mudar a produção para uma nova fábrica, será necessário elaborar um novo projeto de arranjo físico com os dados da situação atual e projeções de médio a longo prazo.



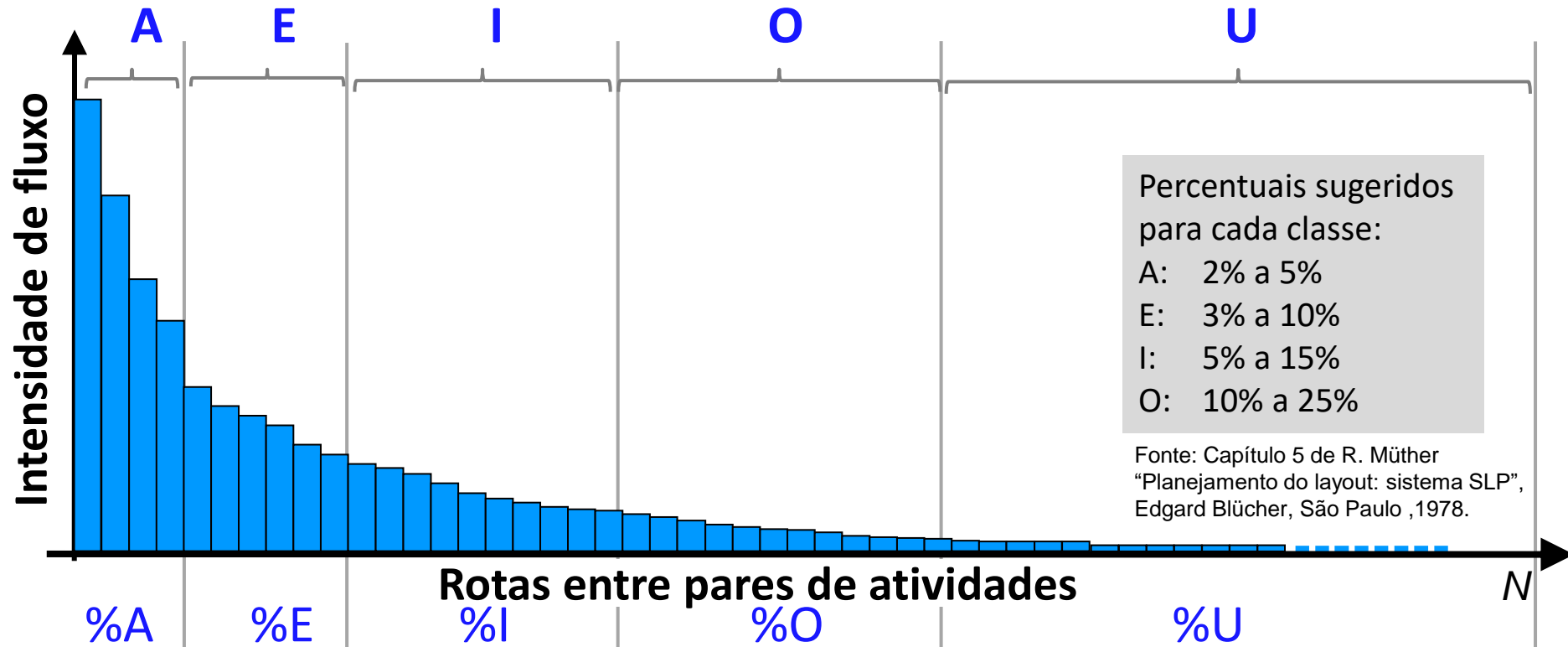
DE \ PARA	A	B	C	D	E	F	total DE
A		10	5	10	20	0	45
B	0		0	20	0	0	20
C	0	20		25	20	10	75
D	15	0	15		0	10	40
E	5	0	0	10		0	15
F	10	0	0	0	0		10
total PARA	30	30	20	65	40	20	

Dados atualizados do número de transferências num período de tempo (dados agregados sobre as transferências de todos os itens transportados de um setor para outro)

# Classificação dos dados de fluxo

## Medição e Análise dos fluxos de materiais

Conversão de dados de fluxo de material para a classificação por Vogais



Seja  $N$  = total de rotas;  $n_i$  = quantidade de rotas da classe  $i$ ;  $\%i = n_i / N$   
 Então, quando o  $N$  é grande, recomenda-se que:  $\%A \leq \%E \leq \%I \leq \%O \leq \%U$

# Ordenação dos dados de fluxo

- Sendo  $n$  = número de setores de uma fábrica, os fluxos de material poderão ocorrer em até  $n.(n-1)/2$  rotas. Por exemplo,  $n$  for 6, o número total de rotas em que pode haver fluxo de material é de 15.
- No exemplo considerado, dentre o total de 15, ocorrem fluxos em 12 rotas.
- Os totais dos fluxos de material entre um setor  $i$  e um setor  $j$  obtidos da Carta De-Para podem ser então ordenados em classificação decrescente como ilustra a tabela à direita

DE \ PARA	A	B	C	D	E	F
A		10	5	25	25	10
B			20	20	0	0
C				40	20	10
D					10	10
E						0
F						

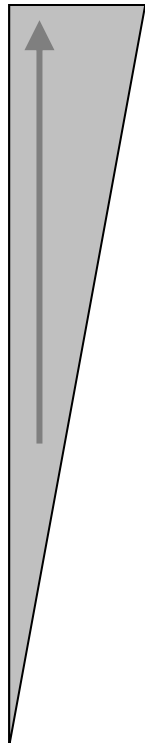


no.	rota	fluxo	fluxo acum.	% fluxo
1	C↔D	40	40	20%
2	A↔D	25	65	32%
3	A↔E	25	90	44%
4	B↔C	20	110	54%
5	B↔D	20	130	63%
6	C↔E	20	150	73%
7	A↔B	10	160	78%
8	A↔F	10	170	83%
9	C↔F	10	180	88%
10	D↔E	10	190	93%
11	D↔F	10	200	98%
12	A↔C	5	205	100%
13	B↔E	0	205	100%
14	B↔F	0	205	100%
15	E↔F	0	205	100%
<b>total</b>		205		

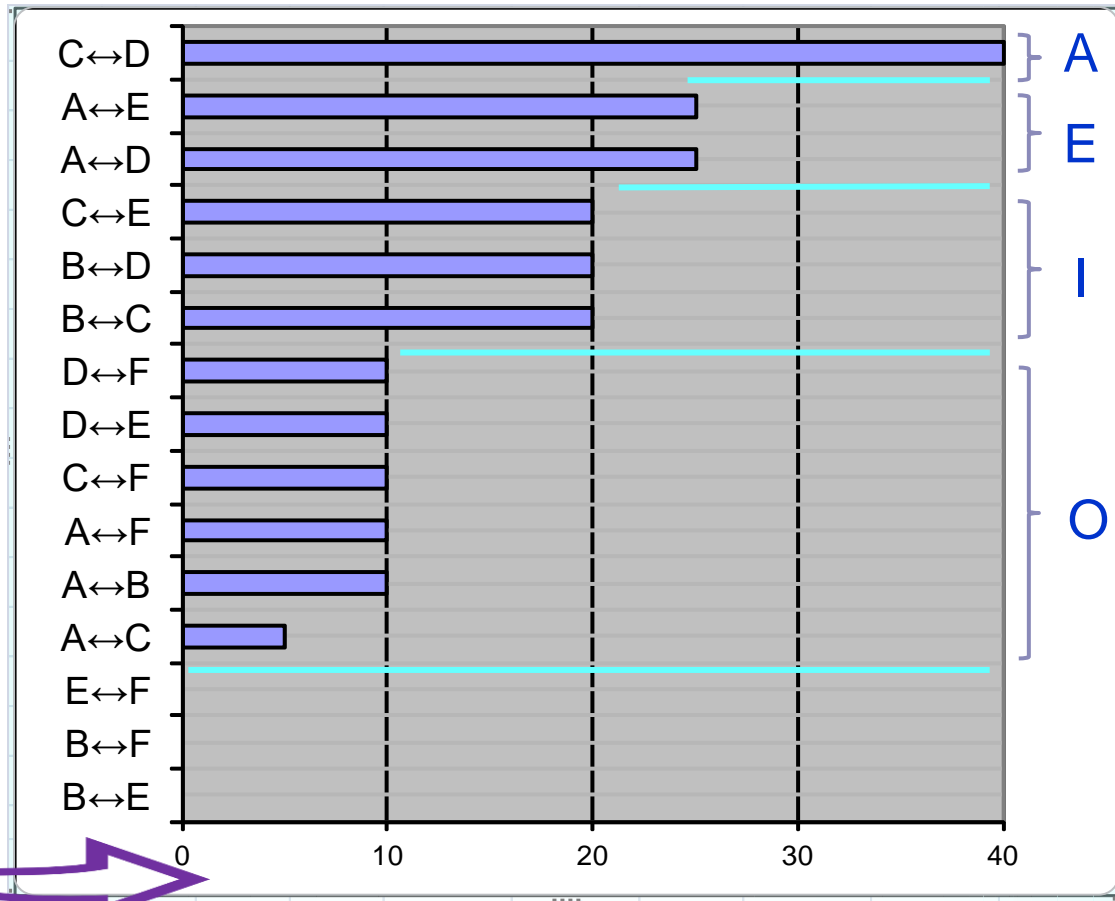
# Classificação dos dados de fluxo

- Os totais dos fluxos de material entre um setor  $i$  e um setor  $j$  obtidos da Carta De-Para, ao serem ordenados em classificação decrescente, revelam a relevância individual de cada rota em que há algum fluxo de material (não nulo).
- A relevância do fluxo pode ser expressa pela por meio da “Classificação de Vogais”

Importância relativa da proximidade entre  $i$  e  $j$







no.	rota	fluxo	fluxo acum.	% fluxo
1	C↔D	40	40	20%
2	A↔D	25	65	32%
3	A↔E	25	90	44%
4	B↔C	20	110	54%
5	B↔D	20	130	63%
6	C↔E	20	150	73%
7	A↔B	10	160	78%
8	A↔F	10	170	83%
9	C↔F	10	180	88%
10	D↔E	10	190	93%
11	D↔F	10	200	98%
12	A↔C	5	205	100%
13	B↔E	0	205	100%
14	B↔F	0	205	100%
15	E↔F	0	205	100%
<b>total</b>		205		



# Diagrama de Inter-Relações

Elaboração do Diagrama de Inter-Relações a partir de dados de fluxo

**Convenção de linhas para diagramação das inter-relações entre pares de atividades baseadas em fluxo**

Classe	Proximidade	Tipo de linha	Comprimento*
A	Absolutamente necessário		$L_A$
E	Especialmente importante		$2 \times L_A$
I	Importante		$3 \times L_A$
O	Pouco importante		$4 \times L_A$
U	Desprezível		

Escala de Vogais

No *slide* seguinte, as inter-relações baseadas no fluxo de materiais entre os 6 setores/processos do exemplo considerado, serão inseridas sequencialmente conforme a classificação por vogais, começando pelas mais importantes, para visualizá-las por meio de um Diagrama de Inter-Relações

\* Em relação ao comprimento das ligações A:  $L_A$

# Diagrama de Inter-Relações

## Elaboração do Diagrama de Inter-Relações a partir de dados de fluxo

Diagramar ligações “A” com 4 traços paralelos

Incluir ligações “E” com 3 traços paralelos

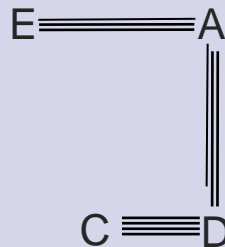
Incluir ligações “I” com 2 traços paralelos

Incluir ligações “O” com traço simples

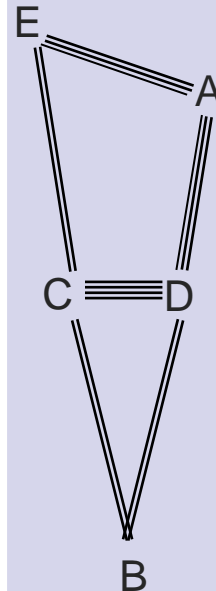
Ligações “U” não precisam ser plotadas, são desprezíveis.



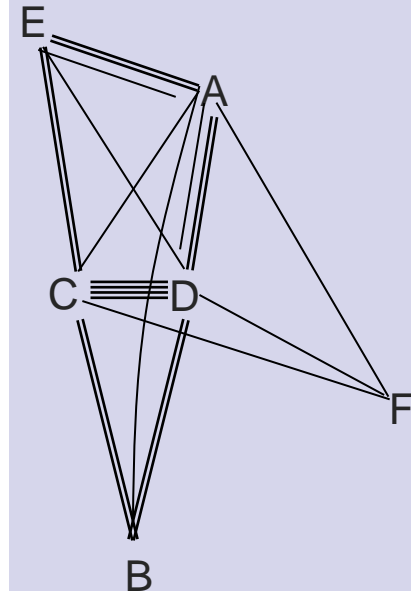
C ≡≡≡≡ D



E ≡≡≡ A  
C ≡≡≡≡ D



E ≡≡ A  
C ≡≡≡≡ D  
E ≡≡ B  
C ≡≡ B



E ≡≡ A  
C ≡≡≡≡ D  
E ≡≡ B  
C ≡≡ B  
A — F  
C — F

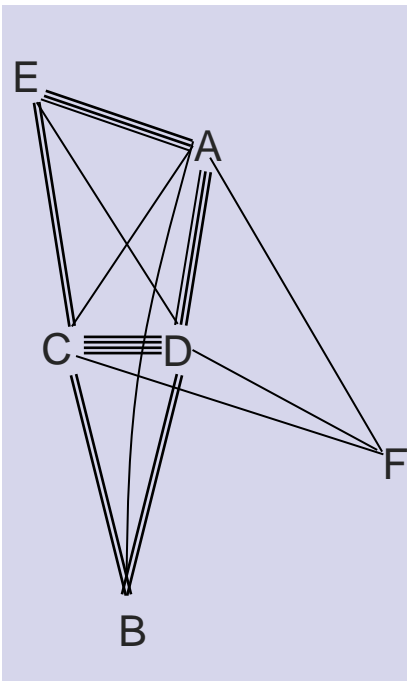
\* Num caso com N atividades/setores, existem um total de  $N \times (N-1) / 2$  inter-relações e se todas fossem representadas neste diagrama, esta se tornaria muito confusa dificultando a visualização das inter-relações mais relevantes que têm maior influência na adequação geral do arranjo físico representado.

Distribuição ideal dos setores/processos considerados

# Desenho de Arranjo Físico Funcional

## Dados necessários para a elaboração de um desenho de Arranjo Físico

Diagrama de Inter-Relações



Visualização da disposição ideal dos nós que representam as áreas funcionais ou recursos

Necessidades de área para cada setor/processo que compõe a fábrica

Setor	Área (m <sup>2</sup> )
A	200
B	150
C	150
D	350
E	250
F	500
<b>Total</b>	<b>1600</b>

Características e restrições da edificação onde a fábrica deverá ser instalada



Disponibilidade de área na edificação a ser ocupada pela fábrica. Neste exemplo, temos:

Área total: 2250 m<sup>2</sup>

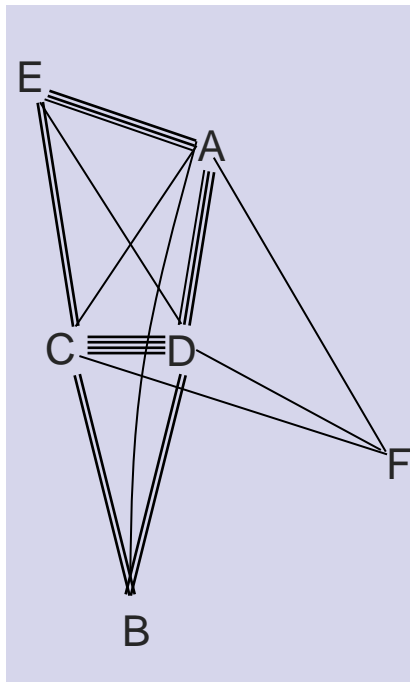
Área indisponível: 100 m<sup>2</sup>

Área disponível: 2150 m<sup>2</sup>

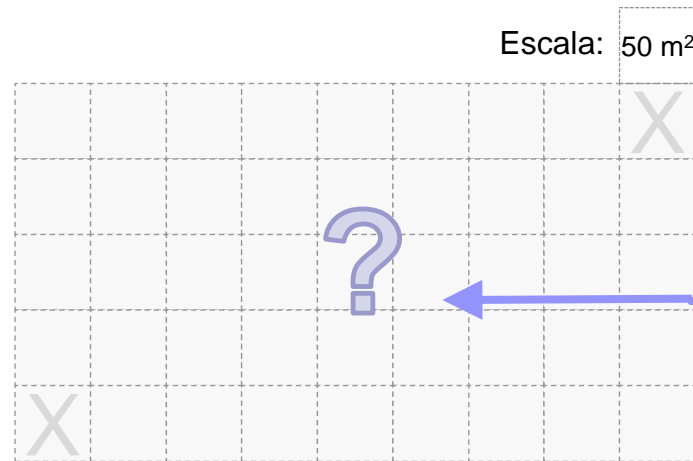
# Desenho de Arranjo Físico Funcional

Posicionar blocos de área nos espaços disponíveis procurando respeitar as necessidades de proximidade indicadas pelo Diagrama de Inter-Relações

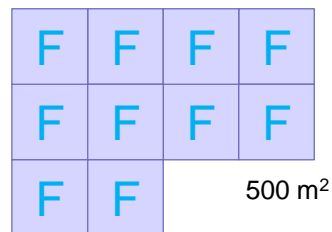
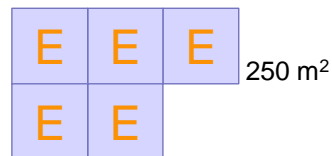
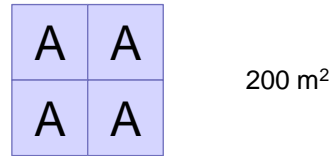
Diagrama de Inter-Relações



1



2

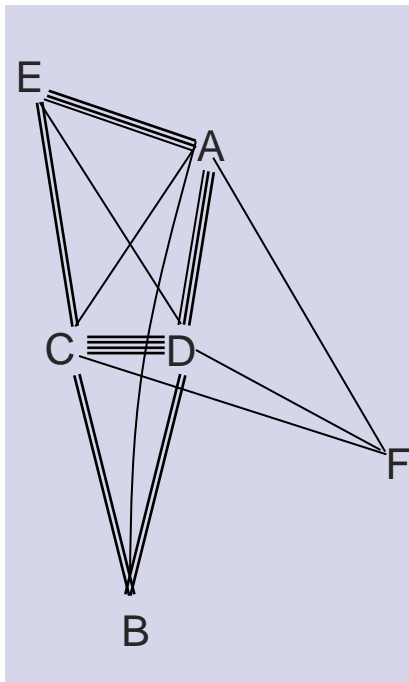




# Desenho de Arranjo Físico Funcional

Ajustar a posição dos blocos procurando reservar áreas de corredores para a circulação dos fluxos de materiais

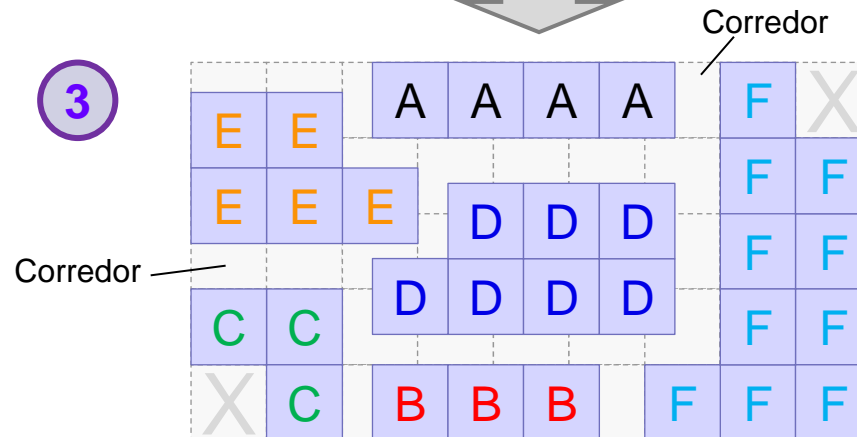
Diagrama de Inter-Relações



2



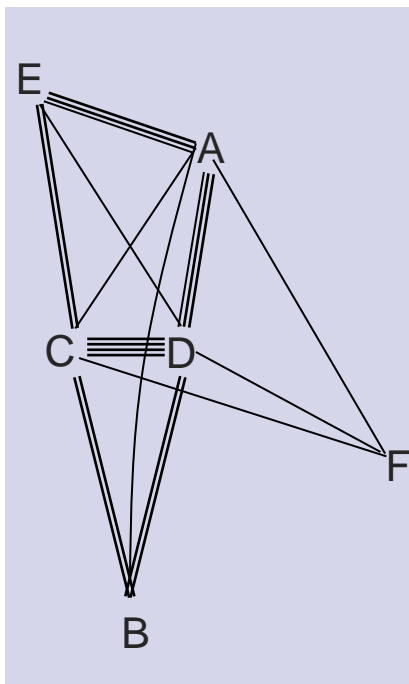
3



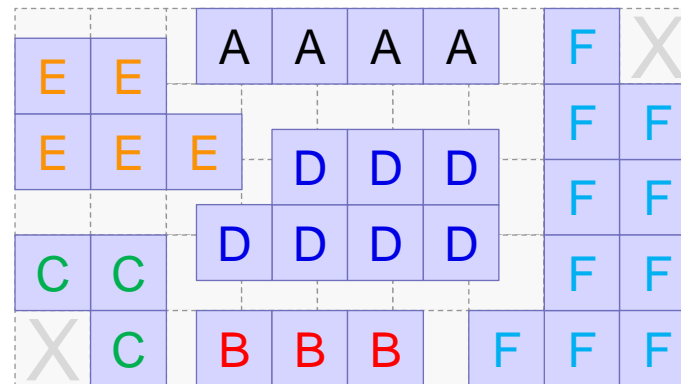
# Desenho de Arranjo Físico Funcional

Ajustar o formato dos blocos de área que definem as fronteiras de cada setor que compõe o Arranjo Físico de modo a torná-los mais regulares e melhorar a demarcação dos corredores e passagens

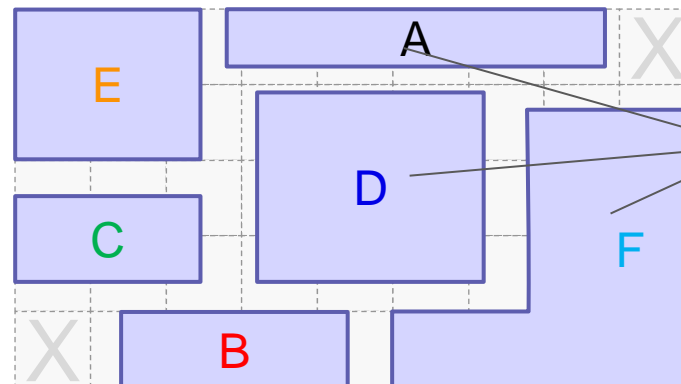
Diagrama de Inter-Relações



3



4

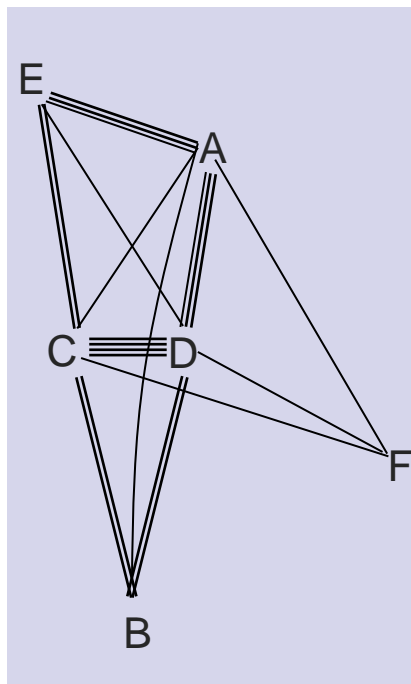


Exemplos de blocos com formato retangular, quase quadrado ou de "L"

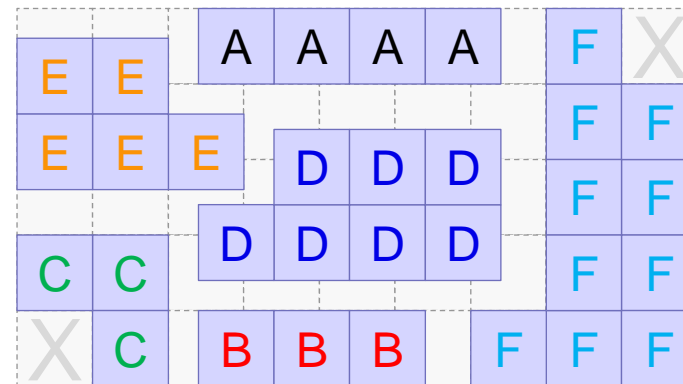
# Desenho de Arranjo Físico Funcional

Traçar as linhas de inter-relação entre os setores que compõem o Arranjo Físico e verificar se as necessidades de proximidade para os pares de setores entre os quais o fluxo de materiais é mais intenso são atendidas

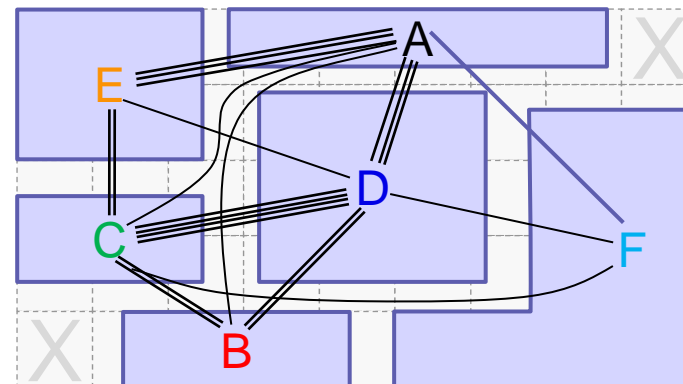
Diagrama de Inter-Relações



3



4



Sobreposição das linhas de inter-relações para verificação da adequação da proposta de arranjo físico