

---

# Planeamento e Controlo de Projectos

Transparências de apoio à leccionação de aulas teóricas

**Slide 1**

Versão 1

©1998

Maria Antónia Carravilla – FEUP

---

# Planeamento e Controlo de Projectos

## Slide 2

### Noções gerais sobre Planeamento e Controlo de Projectos

---

#### Definição de Projecto

Conjunto de actividades inter-relacionadas cuja realização procura satisfazer um conjunto de objectivos organizacionais.

## Slide 3

- construção de um edifício;
- lançamento de um novo produto no mercado;
- organização de uma exposição.

---

## Projecto

### Slide 4

- Características:
  - duração limitada;
  - singularidade, como resultado da especificidade dos objectivos a atingir; das actividades a realizar; dos recursos necessários e/ou disponíveis e da organização encarregada de o levar a cabo.
- Objectivo fundamental
  - completá-lo a tempo
  - com um custo tão baixo quanto possível

---

## Planeamento e Controlo de Projectos

### Slide 5

- Planeamento
  - identificação e caracterização de objectivos, actividades, recursos disponíveis e necessários
  - definição e proposta de um plano de actuação
- Controlo
  - detecção e interpretação de desvios relativamente ao planeado
  - desencadeamento de medidas correctivas (refazer dinamicamente o plano)

## Fases do Planeamento e Controlo de Projectos

---

- Slide 6**
- iniciação do projecto
  - planeamento
  - arranque da execução das actividades
  - execução das actividades
  - recolha de informação
  - avaliação dos resultados
  - alteração do plano
  - termo do projecto
  - processamento de informação e arranque de novos projectos

## Representação Gráfica de Projectos

---

- Slide 7**
- Necessidades
    - conhecimento detalhado dos trabalhos a realizar
    - identificação das actividades nas quais o projecto se decompõe
  - Caracterização das actividades :
    - interdependência em relação a outras actividades (relações de precedência)
    - duração
    - utilização de recursos
    - custo de execução

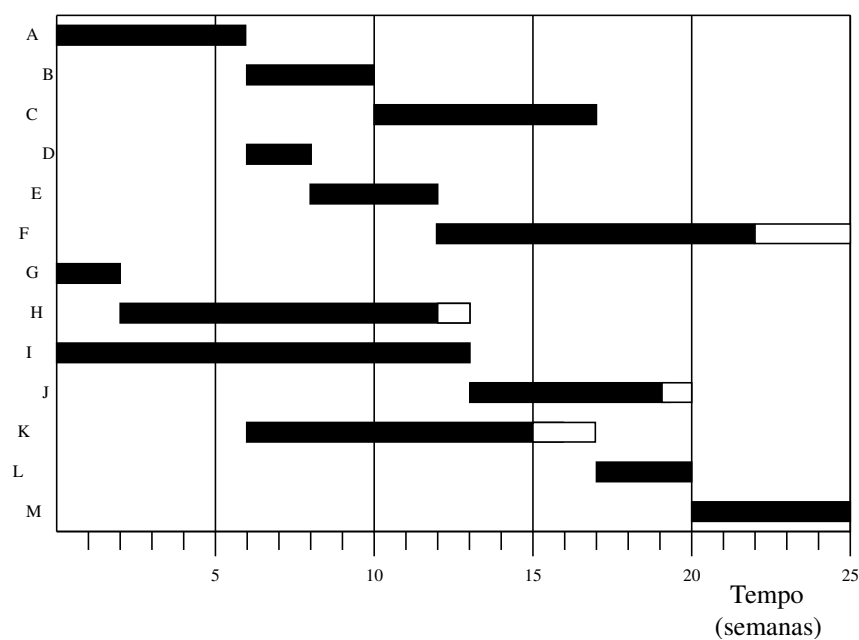
## Representação Gráfica de Projectos – Exemplo

Slide 8

Actividade	Descrição	Duração (semanas)	Actividades imediatamente precedentes
A	Organizar o departamento de vendas	6	-
B	Contratar o pessoal de vendas	4	A
C	Treinar o pessoal contratado	7	B
D	Seleccionar uma agência de publicidade	2	A
E	Planear a campanha publicitária	4	D
F	Executar a campanha publicitária	10	E
G	Conceber a embalagem	2	-
H	Montar o processo de embalagem	10	G
I	Adquirir o produto ao fabricante	13	-
J	Embalar o stock inicial	6	H,I
K	Seleccionar os distribuidores	9	A
L	Vender o produto aos distribuidores	3	C,K
M	Enviar o produto aos distribuidores	5	J,L

## Representação Gráfica de Projectos Exemplo - Diagrama de Gantt

Slide 9



## Representação Gráfica de Projectos

### Redes com actividades nos arcos

---

- Nó de início
  - de onde “partem todas as actividades” que não são precedidas por outras
- Nó de fim
  - conclusão do projecto.
- Duas actividades distintas não podem ser definidas pelo mesmo par de nós (i,j)
  - incluir Actividades Fictícias, que estabelecem relações de precedência sem consumir recursos

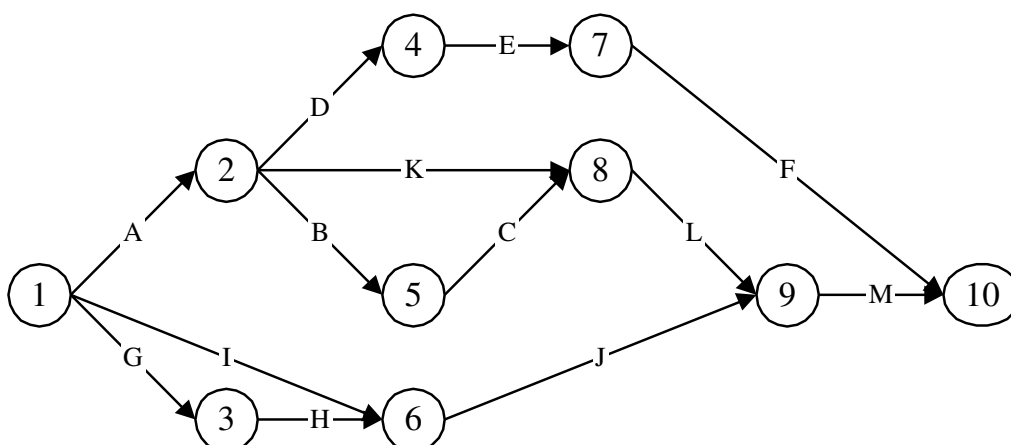
Slide 10

## Representação gráfica de Projectos

### Exemplo - Rede com actividades nos arcos

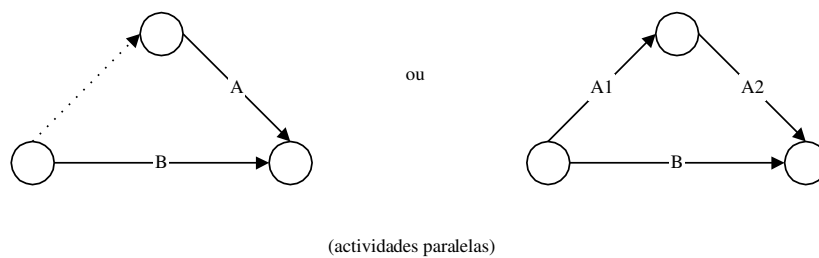
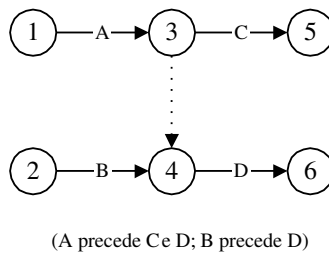
---

Slide 11



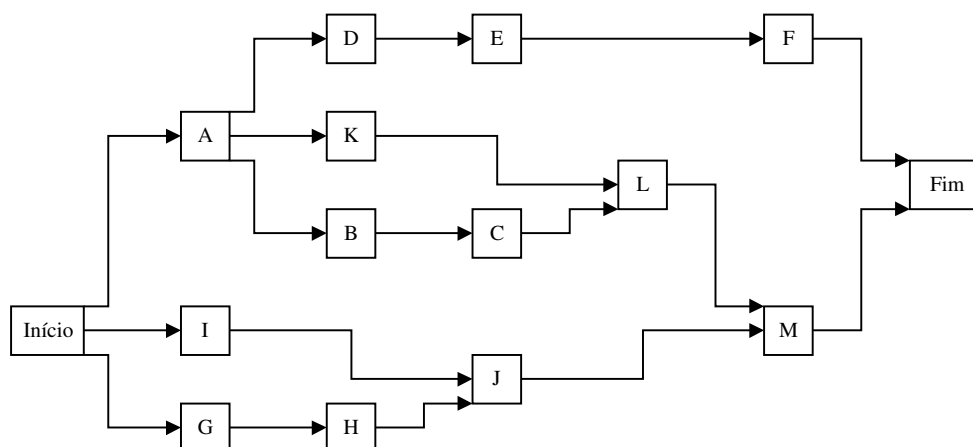
## Redes com actividades nos arcos Introdução de Actividades Fictícias

Slide 12



## Representação gráfica de Projectos Exemplo - Rede com actividades nos nós

Slide 13

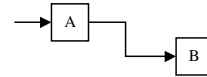


## Representação gráfica de Projectos

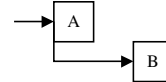
### Redes com actividades nos nós

---

FS (finish/start) - início de B depende do fim de A.

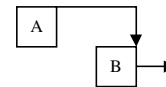


SS (start/start) - início de B depende do início de A.



Slide 14

FF (finish/finish) - fim de B depende do fim de A.



## Representação gráfica de Projectos

### Desenho de redes com actividades nos arcos

---

1. Construir a matriz de precedências das actividades
2. Definir os números de ordem das actividades
  - Atribuir um número de ordem:
    - = 0, se a actividade não for precedida por nenhuma outra
    - = n+1, se for n o número de ordem maior dentre todas as actividades imediatamente precedentes;
3. Definir as linhas de referência associadas aos números de ordem
4. Traçar as actividades, de jusante para montante
  - representar o NÓ DE FIM
  - traçar as actividades que precedem cada actividades já representada, a partir de linha correspondente ao número de ordem

Slide 15



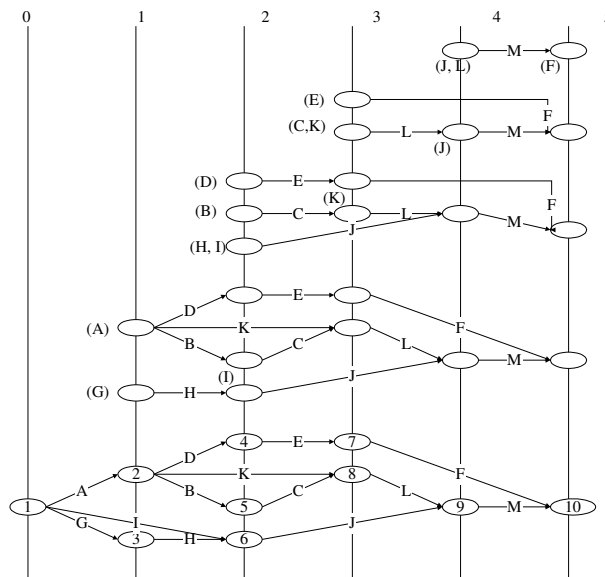
### Desenho de rede com actividades nos arcos Exemplo - determinação dos números de ordem

Actividades imediatamente subsequentes (ou posteriores)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	Número de ordem
A		1		1							1			0
B			1											1
C												1		2
D					1									1
E						1								2
F														3
G								1						0
H										1				1
I										1				0
J													1	2
K												1		1
L													1	3
M														4

Slide 16

### Desenho de rede com actividades nos arcos Exemplo



Slide 17

## Método CPM

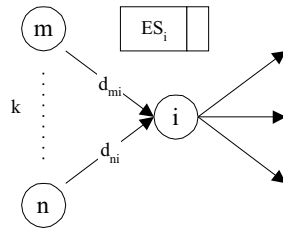
### $ES_i$ - earliest start

---

Data de início mais próximo de todas as actividades com início no nó  $i$ .

Corresponde à duração do caminho mais longo entre o nó INÍCIO e o nó  $i$ , e é comum a todas as actividades que partem do nó  $i$ .

Slide 18



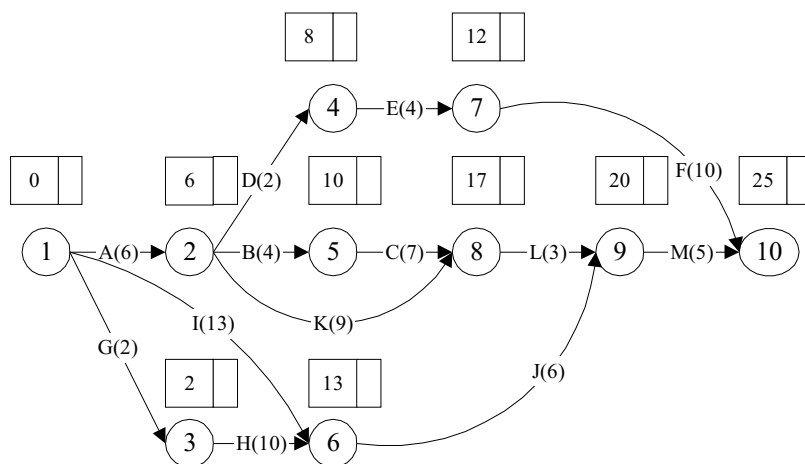
$$ES_i = \max_{k \in \{m \dots n\}} \{ES_k + d_{ki}\}, \forall_i$$

## Método CPM

### Exemplo $ES_i$ - earliest start

---

Slide 19

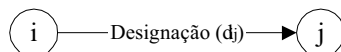


Notação:

-Nós



-Actividades



## Método CPM

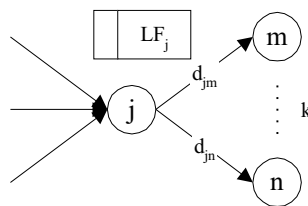
### $LF_j$ - latest finish

---

Data de conclusão mais afastada de todas as actividades que terminam no nó  $j$ .

Corresponde à última data em que é possível terminar a actividade sem atrasar o projecto, e é comum a todas as actividades que “chegam” ao nó  $j$

#### Slide 20



$$LF_j = \min_{k \in \{m \dots n\}} \{LF_k - d_{jk}\}, \forall_j$$

## Método CPM

### Caminho Crítico

---

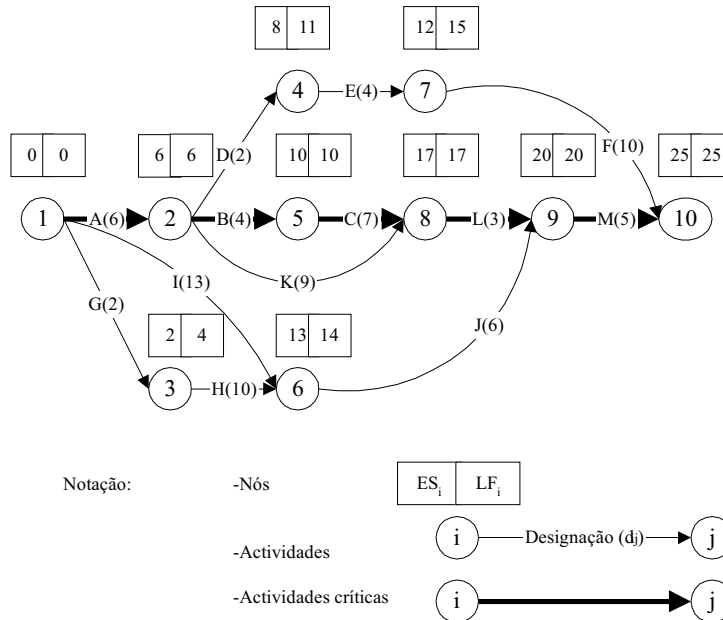
Caminho mais longo (demorado) que liga o nó INÍCIO ao nó FIM.

O caminho crítico determina a duração possível do projecto e é constituído pelas actividades críticas.

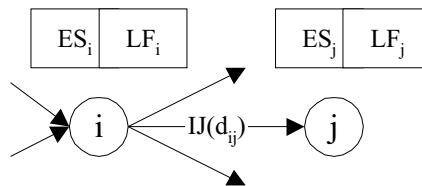
#### Slide 21

## Método CPM Exemplo - Caminho crítico

Slide 22



## Método CPM – Folgas das Actividades



Slide 23

- Folga Total

máximo atraso que o início de uma actividade pode sofrer (em relação ao seu início mais próximo), sem que isso implique um atraso no projecto.

$$FT_{ij} = LF_j - (ES_i + d_{ij})$$

- Folga Livre

maior atraso que uma actividade pode sofrer (em relação ao seu início mais próximo), sem impedir que as actividades subsequentes possam ter início nas respectivas datas de início mais próximas.

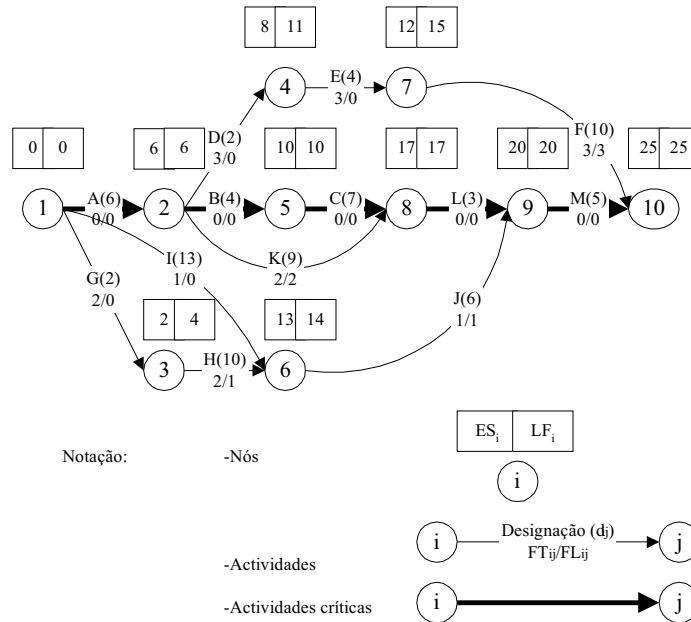
$$FL_{ij} = ES_j - (ES_i + d_{ij})$$

$$FL_{ij} \leq FT_{ij}$$

## Método CPM Exemplo - Folgas das Actividades

---

Slide 24



## Bibliografia

---

- Guimarães, Rui Campos (1984). *Planeamento e Controlo de Projectos: Método CPM e extensões*. FEUP.

Slide 25

---

## PERT (Program Evaluation and Review Technique)

### Slide 26

---

No método CPM admite-se que as durações das actividades são determinísticas.

O PERT é um método de planeamento e controlo de projectos que entra em linha de conta com a incerteza associada à duração das actividades.

### Slide 27

## PERT – Duração das actividades

---

- $D_{op}$  – estimativa optimista da duração da actividade. Possibilidade de conclusão da actividade num prazo mais curto é desprezável;
- $D_{pe}$  – estimativa pessimista da duração da actividade. Possibilidade de conclusão da actividade num prazo mais longo é desprezável;
- $D_{mp}$  – estimativa mais provável da duração da actividade. Duração da actividade quando tudo se processar dentro da normalidade.

Slide 28

Considerando que a duração da actividade pode ser descrita estatisticamente por uma distribuição **Beta**:

$$\mu = \frac{D_{op} + 4D_{mp} + D_{pe}}{6} \quad \sigma^2 = \frac{(D_{pe} - D_{op})^2}{36}$$

## Análise estocástica das redes de actividades

---

Duração total do projecto é igual à soma das durações das actividades do caminho crítico:

$$D_T = D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_n$$

Como as durações das actividades são variáveis aleatórias,  $D_T$  também será uma variável aleatória com média  $\mu_T$  dada por:

Slide 29

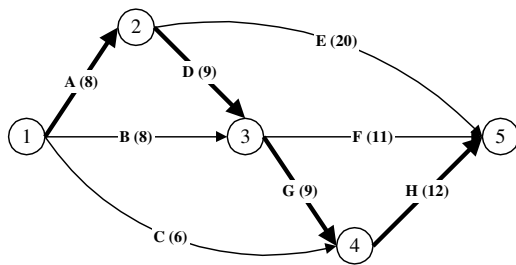
$$\mu_T = \mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \dots + \mu_n$$

Admitindo que as durações das actividades são variáveis aleatórias independentes, a variância da duração total  $\sigma_T^2$  será:

$$\sigma_T^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \dots + \sigma_n^2$$

**Teorema do Limite Central:** A soma de variáveis aleatórias independentes tende para a distribuição normal, se o número de parcelas for suficientemente grande.

Duração total do projecto pode ser descrita por uma distribuição normal com média  $\mu_T$  e variância  $\sigma_T^2$ .



Activ.	Durações				
	$D_{op}$	$D_{mp}$	$D_{pe}$	$\mu$	$\sigma^2$
A	6	7	14	8	1.77
B	2	9	10	8	1.77
C	4	6	8	6	0.44
D	3	10	11	9	1.77
E	18	19	26	20	1.77
F	9	10	17	11	1.77
G	3	10	11	9	1.77
H	9	12	15	12	1

Slide 30

Duração média do projecto:

$$\mu_T = \mu_A + \mu_D + \mu_G + \mu_H = 38$$

Variância da duração do projecto:

$$\sigma_T^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_G^2 + \sigma_H^2 = 6.33$$

$$Prob(D_T < 34) = Prob(D'_T < \frac{34-38}{\sqrt{6.33}}) = Prob(D'_T < -1.59) \approx 0.5 - 0.4441 \approx 6\%$$

## A limpeza do ShopShopping

Quando um centro comercial fecha ao público continua a fervilhar de vida no seu interior. É preciso limpar, esvaziar lixo, repor stocks nas lojas, fazer manutenção, etc., para que no dia seguinte tudo brilhe como no dia da inauguração.

Estas tarefas têm que ser levadas a cabo de uma forma organizada e respeitando algumas precedências entre elas. A sua duração não é determinística, mas a experiência acumulada de outros centros comerciais permite estabelecer que a duração de cada actividade segue uma distribuição normal com média e desvio-padrão conhecidos.

Slide 31

Na tabela seguinte apresenta-se essa informação:

Actividades	Actividades imediatamente anteriores	$\mu$ (horas)	$\sigma$ (horas)
Recolha de lixo (RL)	—	2	0.5
Lavagem de vidros e montras (LVM)	D, MEA	3	1
Limpeza do chão (LC)	LVM, DEC, RS	4	0.5
Desinfestação (D)	—	2	0
Montagem de estruturas e andaimes (MEA)	—	1	0
Manutenção eléctrica (ME)	MEA	2	1
Reposição de stocks (RS)	RL	2	1
Decoração (DEC)	RL, ME, D, MEA	1	1

1. Indique o valor esperado para a duração do projecto constituído por estas actividades, indicando as folgas total e livre para cada actividade.
2. Qual é a probabilidade de este conjunto de actividades não se concluir nas 10 horas em que o centro comercial está encerrado?



## **Bibliografia**

---

- Guimarães, Rui Campos (1984). *Planeamento e Controlo de Projectos: Método CPM e extensões*. FEUP.

**Slide 32**

---

## Planeamento de Custos em Projectos

### Slide 33

---

Existe uma relação directa entre a duração de uma actividade e os custos dessa actividade.

Afectando mais ou menos recursos à realização de uma actividade (aumentando ou diminuindo os seus custos), assim se consegue concluir essa actividade mais ou menos depressa.

### Slide 34

Problema: Dada uma duração “normal” de um projecto, pretende-se reduzir essa duração minimizando o acréscimo dos custos directos.

## Minimização dos custos directos – Dados

---

- rede do projecto
- custos marginais e compressões máximas de cada actividade
- duração pretendida para o projecto

Slide 35

## Minimização dos custos directos – Algoritmo de Siemens

---

1. Listar todos os caminhos que ligam o nó **início** ao nó **fim**;
2. Calcular duração de cada caminho;
3. Calcular redução necessária em cada caminho;
4. Calcular, para cada actividade o Custo Marginal Efectivo (CME):

$$CME = \frac{\text{Custo Marginal}}{\text{Quantidade de caminhos a reduzir que incluem a actividade}}$$

5. Seleccionar o(s) caminho(s) que necessitam de maior redução, e para este(s), a actividade com menor CME.

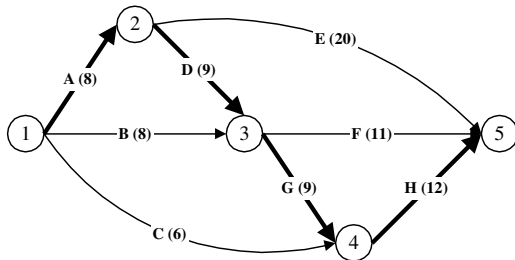
Em caso de empate, seleccionar a actividade:

- que pertence ao maior número de caminhos a encurtar;
  - com maior margem de compressão;
  - comum ao maior número de caminhos.
6. Reduzir, na medida do possível, a duração dessa actividade sem que a duração de algum dos caminhos envolvidos desça para um valor inferior à duração pretendida para o projecto.
  7. Repetir os passos **2** a **6** até todos os caminhos estarem com a duração pretendida.

Slide 36

**Minimização dos custos directos – Exemplo**

Slide 37



Objectivo: Reduzir a duração do projecto de 38 para 22 semanas minimizando o acréscimo dos custos directos.

Activ.	Custo Marginal	Compressão Máxima
A	9	5
B	2	4
C	4	3
D	6	7
E	3	7
F	1	5
G	7	5
H	8	7

Slide 38

Actividade			Caminhos					
			AE	ADF	ADGH	BF	BGH	CH
Custo Marginal (CM)	Redução Possível (RP)	Comprimento	28	28	38	19	29	18
		Redução necessária	6	6	16	0	7	0
A	9	5						
B	2	4						
C	4	3						
D	6	7						
E	3	7						
F	1	5						
G	7	5						
H	8	7						

Slide 39

Actividade				Caminhos			
CM	RP	R	AE	ADF	ADGH	BGH	
			28	28	38	29	
			6	6	16	7	
A	9	5	0	3	3	3	
B	2	4	0			2	
C	4	3	0				
D	6	7	0		3	3	
E	3	7	0	3			
F	1	5	0		1		
G	7	5	0			3.5	
H	8	7	0			4	

Slide 40

Actividade				Caminhos			
CM	RP	R	AE	ADF	ADGH	BGH	
			23	22	32	29	
			1	0	10	7	
A	9	0	5	-	-	-	
B	2	4	0			2	
C	4	3	0				
D	6	6	1			6	
E	3	7	0	3			
F	1	5	0				
G	7	5	0			3.5	
H	8	7	0			4	

Slide 41

---

Actividade				Caminhos		
CM	RP	R	AE	ADGH	BGH	
			23	27	24	
			1	5	2	
A	9	0	5	-	-	
B	2	4	0		2	
C	4	3	0			
D	6	6	1	6		
E	3	7	0	3		
F	1	5	0			
G	7	0	5	-	-	
H	8	7	0	4	4	

Slide 42

---

Actividade				Caminhos		
CM	RP	R	AE	ADGH	BGH	
			23	25	22	
			1	3	0	
A	9	0	5	-	-	
B	2	4	0			
C	4	3	0			
D	6	6	1	6		
E	3	7	0	3		
F	1	5	0			
G	7	0	5	-	-	
H	8	7	2	8		

Slide 43

---

Actividade				Caminhos	
CM	RP	R	AE	ADGH	
			22	22	
			0	0	
A	9	0	5	-	-
B	2	4	0		
C	4	3	0		
D	6	3	4		
E	3	6	1		
F	1	5	0		
G	7	0	5	-	-
H	8	7	2		

Slide 44

---

Actividade				Custo
CM	RP	R		
A	9	0	5	45
B	2	4	0	0
C	4	3	0	0
D	6	3	4	24
E	3	6	1	3
F	1	5	0	0
G	7	0	5	35
H	8	7	2	16
Custo Total				123

## **Bibliografia**

---

- Guimarães, Rui Campos (1984). *Planeamento e Controlo de Projectos: Método CPM e extensões*. FEUP.

**Slide 45**



---

## Planeamento de Recursos em Projectos

### Slide 46

### **Planeamento de Recursos**

---

CPM

Sistema sequenciado de actividades que se analisa no tempo, para que se atinja o fim do projecto no tempo mais curto possível.

Mas também é necessário economizar os recursos disponíveis.

#### **Recursos**

### Slide 47

Meios humanos, equipamentos e materiais necessários para o desenvolvimento de um projecto.

Na maioria das situações reais, os recursos impõem restrições à forma como cada projecto deve ser conduzido.

## Planeamento de Recursos

---

Slide 48

- **Recursos acumuláveis**
  - materiais
  - energia
  - permitem a constituição de stocks que alimentam as necessidades do projecto ao longo do seu desenvolvimento.
  
- **Recursos não acumuláveis**
  - meios humanos
  - equipamentos
  - a sua não utilização durante algum tempo implica uma perda irrecoverável a que está associado um custo.

## Planeamento de Recursos não acumuláveis

---

Slide 49

- Regularização

Quando o custo de um recurso depende apenas da duração do projecto e do seu pico de utilização (por exemplo, equipamento deslocado para um estaleiro), o problema pode ser enunciado da seguinte forma:

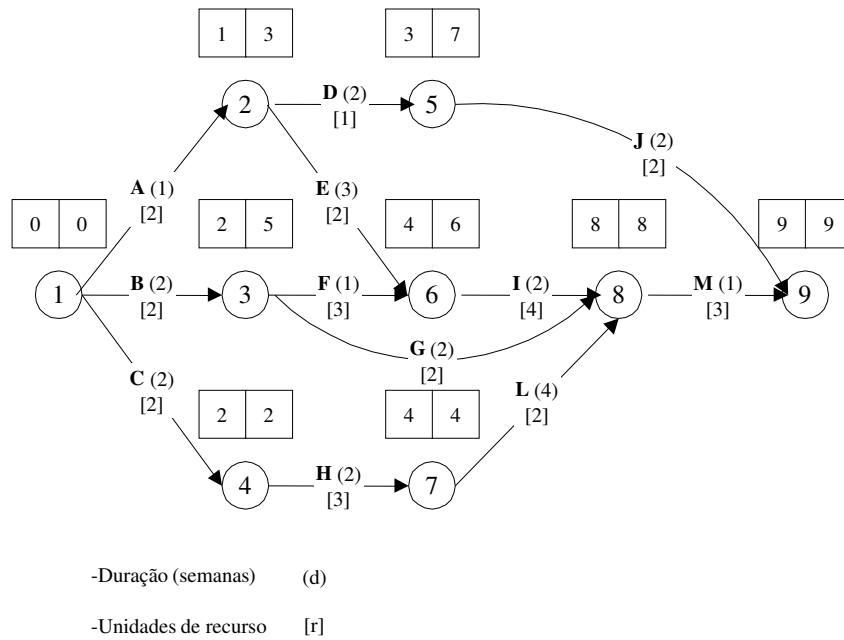
**Dado um prazo (pelo CPM por exemplo), minimizar o pico de utilização do recurso.**
  
- Nivelamento

Se a disponibilidade do recurso ao longo do tempo for limitada, considera-se em geral o problema pode ser enunciado da seguinte forma:

**Dado um nível de recurso, minimizar o prazo de execução do projecto.**

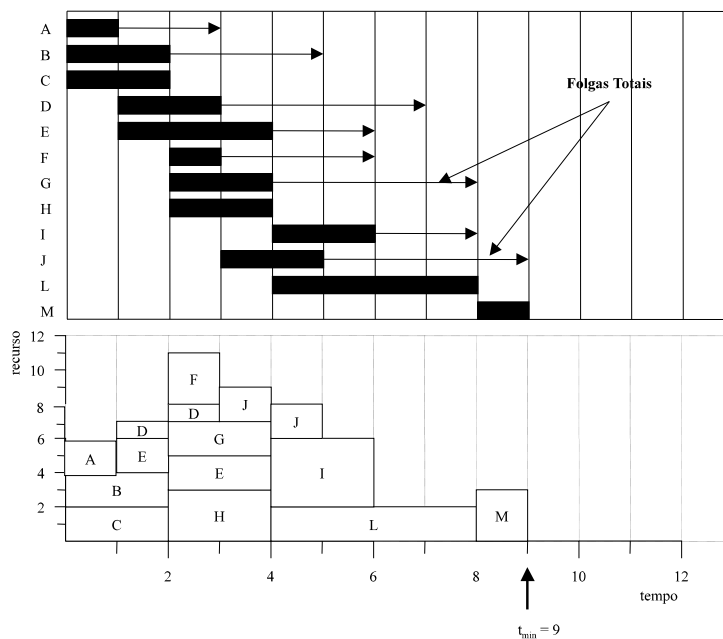
**Exemplo – Rede do Projecto**

Slide 50



**Exemplo – Calendário e diagrama de recursos para as datas mais cedo**

Slide 51



## Regularização – uma heurística

---

### Slide 52

1. fixar  $\mathbf{R}$ , máximo de unidades de recurso disponíveis
2. fixar início de actividades críticas
3. subtrair as unidades de recurso correspondentes às actividades críticas nos períodos correspondentes à sua duração
4. determinar  $\mathbf{t}$ , primeiro período com capacidade disponível
5. determinar folgas totais relativamente a  $\mathbf{t}$ , das actividades que se podem iniciar em  $\mathbf{t}_1 \leq \mathbf{t}$  e que ainda não foram colocadas
6. se alguma folga total  $< 0$ 
  - (a) aumentar  $\mathbf{R}$ , máximo de unidades de recurso disponíveis
  - (b) voltar a 4
7. se todas as folgas totais  $\geq 0$ 
  - (a) construir lista ordenada (segundo **REGRAS**), com actividades que se podem iniciar em  $\mathbf{t}_1 \leq \mathbf{t}$  e que ainda não foram colocadas
  - (b) marcar início das actividades pela ordem da lista, enquanto houver recurso disponível
  - (c) voltar a 4

## Regularização – Regras

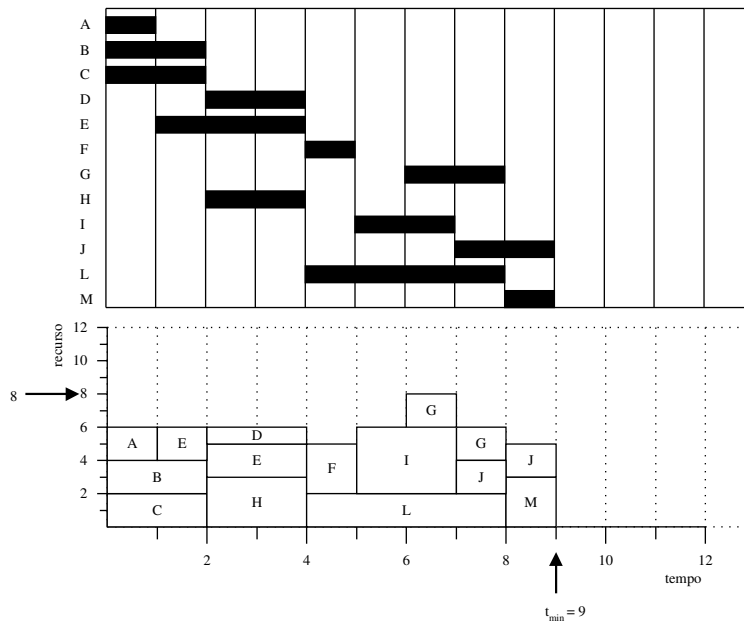
---

### Slide 53

1. ordenar actividades por ordem crescente das suas folgas totais
2. ordenar actividades por ordem crescente dos tempos mais tardios de conclusão
3. ordenar actividades por ordem decrescente das percentagens dos recursos disponíveis utilizados

## Exemplo – Resultado da Regularização

Slide 54



## Nivelamento – uma heurística

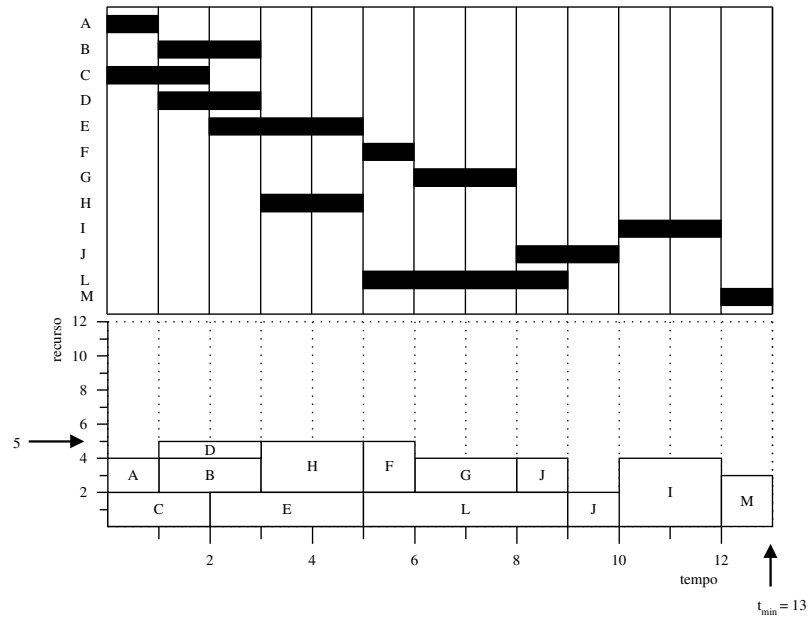
Dados:  $R$ , unidades de recurso disponíveis

1. determinar  $t$ , primeiro período com capacidade disponível
2. determinar folgas totais relativamente a  $t$ , das actividades que se podem iniciar em  $t_1 \leq t$  e que ainda não foram colocadas
3. se alguma folga total  $< 0$ , alterar Latest Finish correspondente para que folga total = 0
4. construir lista ordenada (segundo **REGRAS**), com actividades que se podem iniciar em  $t_1 \leq t$  e que ainda não foram colocadas
5. marcar início das actividades pela ordem da lista, enquanto houver recurso disponível
6. voltar a 1

Slide 55

## Exemplo – Resultado do Nivelamento

Slide 56



## Bibliografia

- Guimarães, Rui Campos (1984). *Planeamento e Controlo de Projectos: Método CPM e extensões*. FEUP.

Slide 57