

IV. Priorização de Recursos

1. Gestão de Projetos:

PERT (Program Evaluation and Review Technique)

CPM (Critical Path Method)

Aplicações:

1. Desenvolvimento de novos produtos
2. Projetos da NASA
3. Produção de filmes
4. Manutenção de reatores nucleares
5. Projeto de software

Desenvolvidos no final da década de 50.

Exemplo: Projeto de construção

Uma Empresa de construção venceu a concorrência para construção de uma nova planta industrial. O projeto está orçado em \$ 5,4 milhões. A empresa contratante deseja colocar a nova planta em operação no próximo ano, assim o contrato inclui as seguintes cláusulas:

- (a) Uma multa de \$ 300.000 se a empresa não cumprir o prazo de 47 semanas.
- (b) Se a empresa concluir o projeto em 40 semanas receberá um bônus de \$ 150.000.

Atividade	Descrição	Predecessor	Duração (semanas)
A	Escavação	-	2
B	Fundação	A	4
C	Pardeis	A, B	10
D	Telhado	C	6
E	hidráulica ext.	C, D	4
F	hidráulica int.	E, D	5
G	Acabamento exterior	D	7
H	Pintura ext.	E, G	9
I	Parte elétrica	F, C	7
J	Acabamento paredes	F, I	8
K	Teto	F, J	4
L	Pintura interior	G, J	5
M	Finalização ext.	H, I	2
N	Finalização int.	K, L	6

Questões

1. Visualização
2. Tempo total necessário
3. Planejamento de início e final de atividades
4. Caminho crítico
5. Atraso tolerável
6. Probabilidade de finalização dentro dos prazos
7. Custos
8. Monitoração e controle de orçamento e prazo

Preço, Prazo, Qualidade : Escolha um.

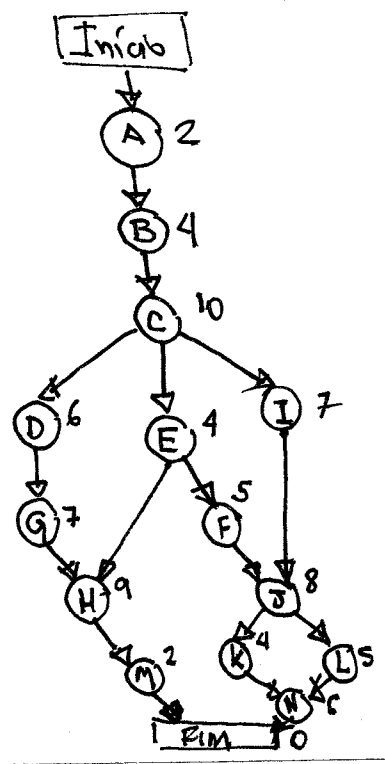
2. Rede de Projeto

Informações resumidas:

- (i) Atividades
- (ii) Relações de precedência
- (iii) Durações

Dois tipos de redes:

- (a) AOA (Activity-on-arc)
- (b) AON (Activity-on-node) ←

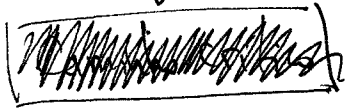


3. Caminho Crítico

105

Caminhos na rede	Comprimento
INICIO → A → B → C → D → G → H → M → FIM	40
INICIO → A → B → E → H → M → FIM	31
INICIO → A → B → C → E → F → J → K → N → FIM	43
<u>INICIO → A → B → C → E → F → J → L → N → FIM</u>	<u>44</u>
INICIO → A → B → C → I → J → K → N → FIM	41
INICIO → A → B → C → I → J → L → N → FIM	42

↓
Caminho mais longo



↓
Caminho crítico

Tempo ~~total~~ necessário sem atrasos = 44 semanas

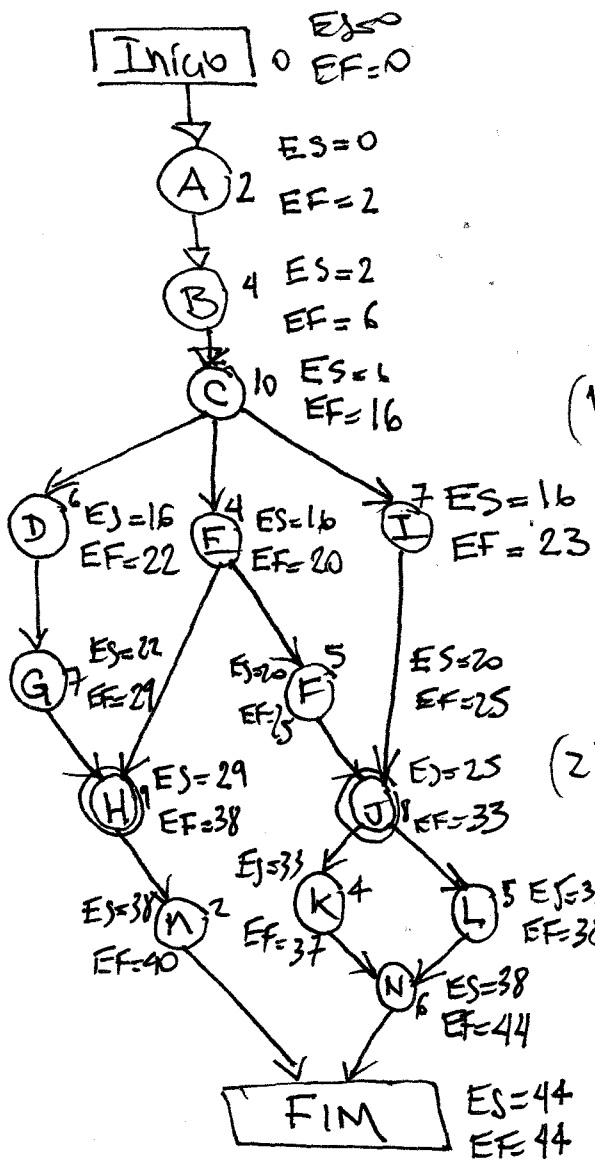
INICIO → A → B → C → E → F → J → L → N → FIM

- * Se houver atrasos nestas atividades o projeto inteiro atrasará com certeza.
- * Para reduzirmos a duração geral do projeto devemos atuar sobre estas atividades.

INEFICIENTE!

4. Cronograma de Atividades

forward pass

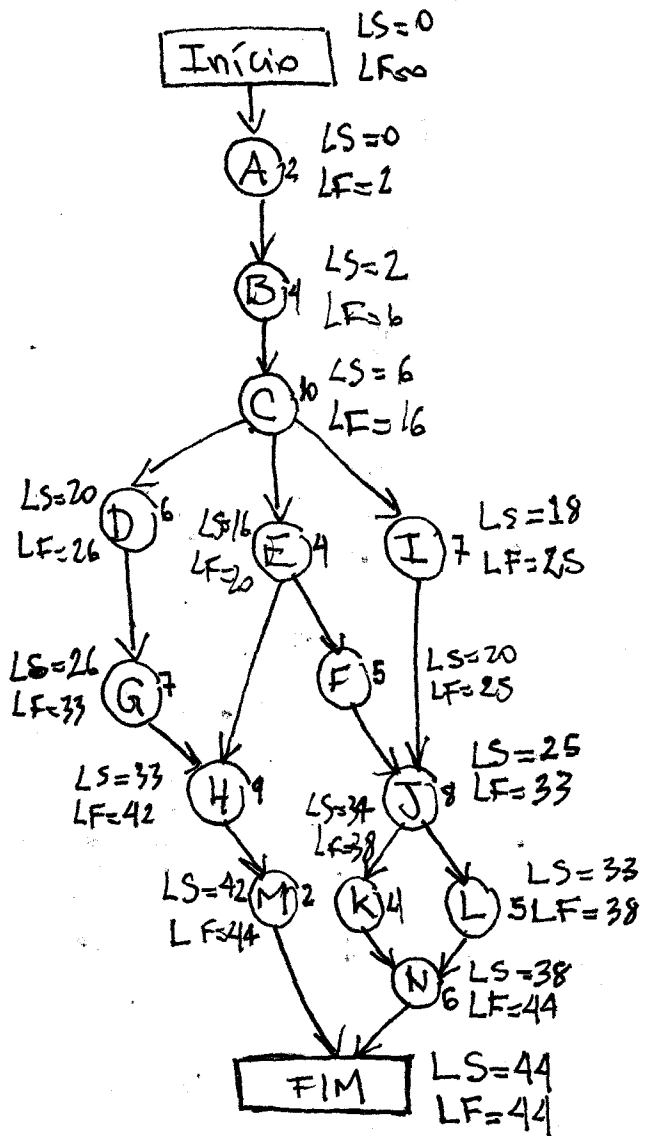


(1) Se uma atividade tem apenas um predecessor
 $ES = EF$ do predecessor

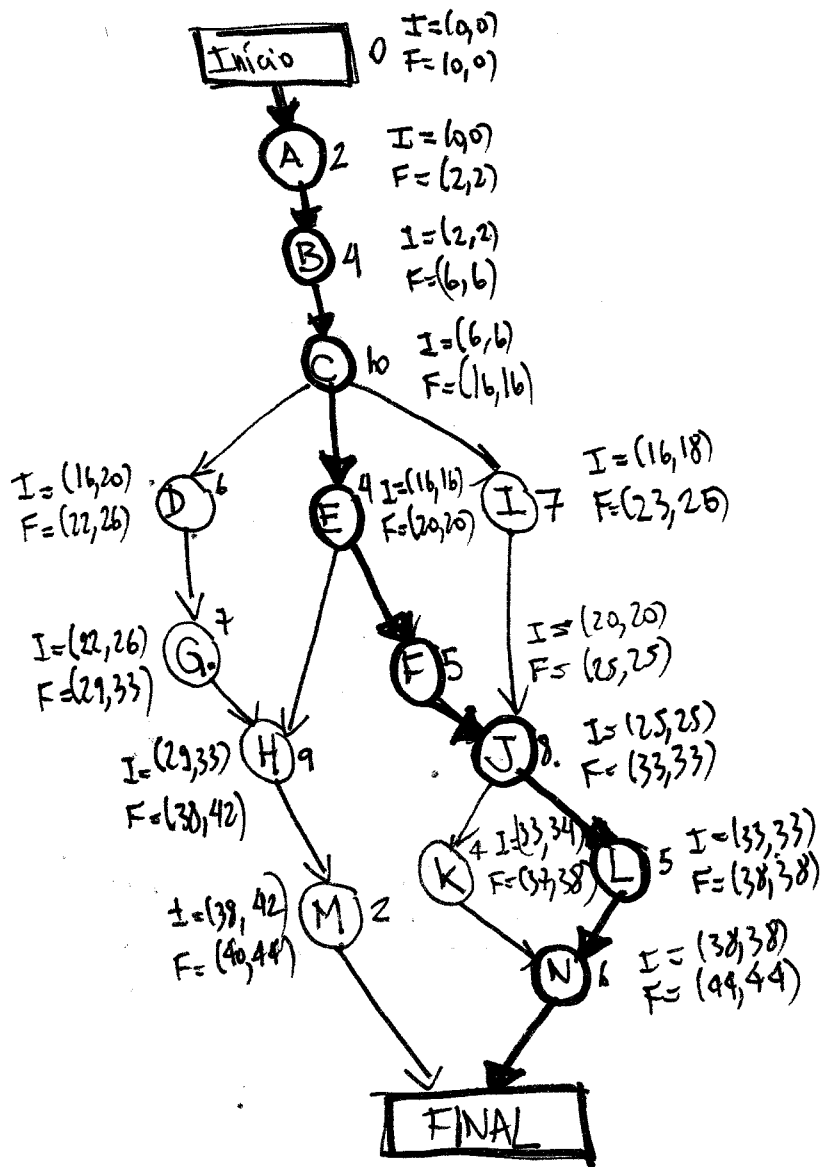
(2) Se uma atividade tem vários predecessores
 $ES = \text{Max } EF$ dos predecessores

$LS = LF - \text{duração da atividade}$

$LF = \text{menor } LS \text{ dos sucessores imediatos}$



↑ backward pass



Atividade	Folga (LF-EF)	Caminhos Críticos
A	0	S
B	0	S
C	0	S
D	4	N
E	0	S
F	0	S
G	4	N
H	4	N
I	2	S
J	0	S
K	1	N
L	0	S
M	4	N
N	0	S

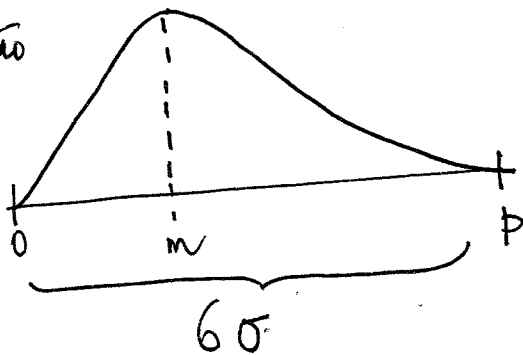
Caminhos críticos:
~~INICIO~~ → A → B → C → E → F →
 → J → L → N → FINAL

6. Incerteza nas Durações de Atividades

Estimativas PERT:

- (i) Duração mais provável, m
- (ii) Estimativa otimista, o
- (iii) Estimativa pessimista, p

Distribuição Beta



$$\sigma^2 = \left(\frac{p - o}{6} \right)^2$$

$$\mu = \frac{o + 4m + p}{6}$$

Atividade	Otimista	Mais provável	Pessimista	Média	Variancia
A	1	2	3	2	1/9
B	2	3,5	8	4	1
C	6	9	18	10	4
D	4	5,5	10	6	1
E	1	4,5	5	4	4/9
F	4	4	10	5	1
G	5	6,5	11	7	1
H	5	8	17	9	4
I	3	7,5	9	7	1
J	3	9	9	8	1
K	4	4	4	4	0
L	1	5,5	7	5	1
M	1	2	3	2	1/9
N	5	5,5	9	6	4/9

Caminho	Rov Duração (sumando)
INI \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow G \rightarrow H \rightarrow M \rightarrow FIM	70
INI \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow H \rightarrow M \rightarrow FIM	54
INI \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow J \rightarrow K \rightarrow N \rightarrow FIM	66
INI \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow J \rightarrow K \rightarrow N \rightarrow FIM	69
INI \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow I \rightarrow J \rightarrow K \rightarrow N \rightarrow FIM	60
INI \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow I \rightarrow J \rightarrow L \rightarrow N \rightarrow FIM	63

B. Distribuição de Probabilidade da Duração de um Projeto

Def: Caminho crítico médio: É o caminho na rede de projeto que seria crítico se a duração de cada atividade fosse igual à média.

Na tabela da página (7) teremos o seguinte caminho crítico médio:

INI \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow J \rightarrow L \rightarrow N \rightarrow FIM

Assumimos que:

- 1) O caminho crítico médio é o caminho mais longo na rede.
- 2) As durações das atividades são estatisticamente independentes.

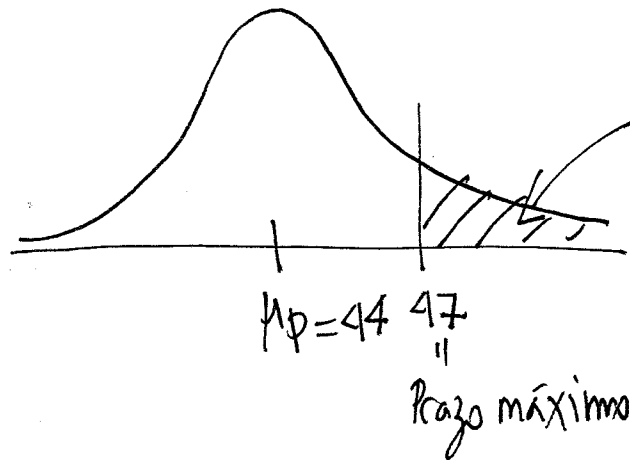
* μ_p : ^{duração} média do projeto = soma das durações médias das atividades no caminho crítico médio

* σ_p^2 : soma das variâncias das durações para as atividades no caminho médio.

$\mu_p = 44$

$\sigma_p^2 = 9$

(11)



probabilidade de multa.

$$P(T \leq d) = P(x \leq \frac{d - \mu_p}{\sigma_p}) = 1 - P(x > \frac{d - \mu_p}{\sigma_p}) =$$

7. Custos

$$= 1 - P(x > \frac{47 - 44}{3}) = 84\%$$

Atividade	Tempo (semanas)		Custo (em mil)		Máxima redução de tempo	Custo por semana de redução
	Normal	Crash	Normal	Crash		
A	2	1	180	280	1	100
B	4	2	320	420	2	50
C	10	7	620	840	3	80
D	6	4	260	340	2	40
E	4	3	410	570	1	160
F	5	3	190	260	2	40
G	7	4	900	1020	3	160
H	9	5	200	380	4	40
I	7	5	210	270	2	60
J	8	6	430	490	2	30
K	4	3	160	200	1	30
L	5	3	250	350	2	40
M	2	1	100	200	1	50
N	6	3	330	510	2	100
			4550	6150	3	60

↑ tabela de normal padrão

Qual é a forma mais barata de redução da duração do projeto para 40 semanas?

(8)

A. Análise de Custos Marginais

1123

Atividade a Reduzir	Custo de Redução	Duração					
		ABCDGIM	ABCEHM	ARCEFDJKN	AB(CEFJ)LN	ABCIDJKN	ABCIDJLN
		40	31	43	44	41	42
J	30	40	31	42	43	40	41
J	30	30	31	41	42	39	40
F	40	40	31	40	41	39	40
F	40	40	31	39	40	39	40
140							

Como o bônus contratual é de 150.000 a redução indicada (2 semanas em J e F) é economicamente justificável.

B. Programação Linear

Minimizar $Z = 100x_A + 50x_B + 80x_C + \dots + 60x_N$

sujeito a

Potencial de Redução: $x_A \leq 1$ $x_B \leq 2$ \dots $x_N \leq 3$

Início de cada atividade: $y_A \geq 0$ $y_B \geq 0$ \dots $y_N \geq 0$

Duração do Projeto: $y_{FINISH} \geq 0$ $y_{FINISH} \leq 40$

$y_B \geq 0 + 2 - x_A$

$y_C \geq y_B + 4 - x_B$

$y_M \geq y_H + 9 - x_H$

$y_H \geq y_G + 7 - x_G$

$y_H \geq y_E + 4 - x_E$

$y_{FINISH} \geq y_M + 2 - x_M$

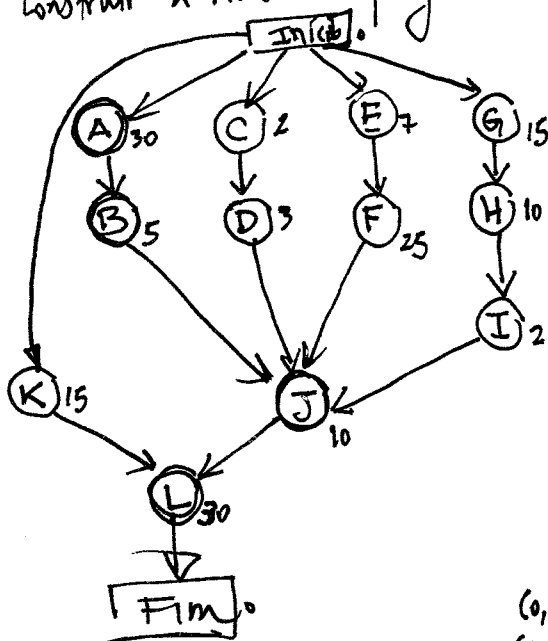
$y_{FINISH} \geq y_N + 6 - x_N$

Exemplo 1

Preparação de uma lasanha.

Tarefa	Descrição	Predecessor	Duração (min)
A	Comprar mussarela	A	30
B	Fazer mussarela	A	5
C	Bater 2 ovos	C	2
D	Misturar os ovos com a ricota	C	3
E	Cortar cebola e champignon	C	7
F	Cozinhar a massa de lasanha	E	25
G	Aquecer a água	E	15
H	Cozinhar legumes	G	10
I	Esquentar a água	H	2
J	Montar lasanha	I, F, D, B	10
K	Pré-aquecer forno	J, K	15
L	Assar a lasanha	J, K	30

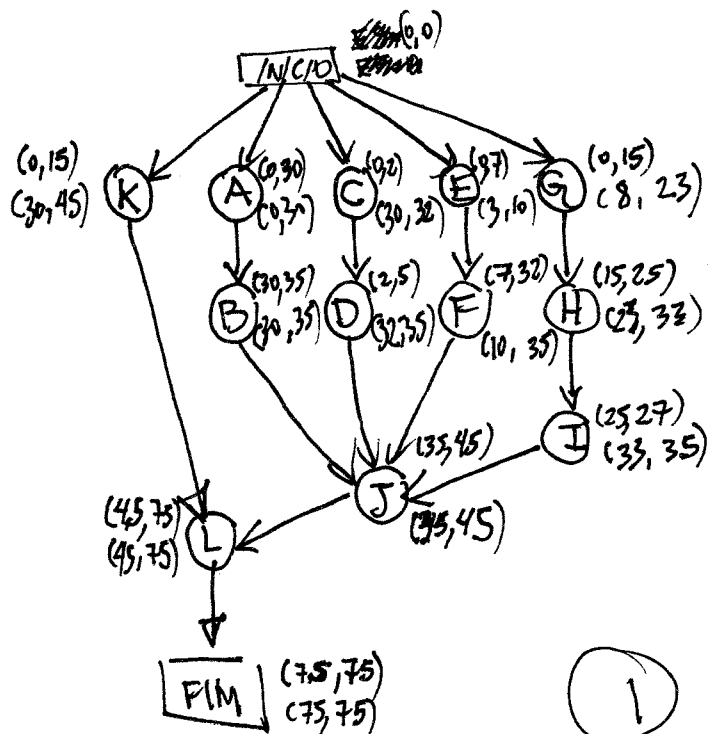
(a) Construir a rede de projeto



(b) Caminhos

Caminho	Duração	Característica
INI → K → L → FIM	45	critical path
INI → A → B → J → L → FIM	75	critical path
INI → C → D → J → L → FIM	45	
INI → E → F → J → L → FIM	72	
INI → G → H → I → J → L → FIM	67	

(c) Início mais tarde e mais tardio



(d)

Atividade	Folga
A	0
B	0
C	0
D	0
E	0
F	3
G	8
H	8
I	8
J	0
K	0
L	30
FIM	0

(2) Por causa de uma ligação telefônica você é interrompido por 6 minutos quando deveria estar cozinhando cebola e cogumelos. Em quanto tempo o jantar será atrasado?

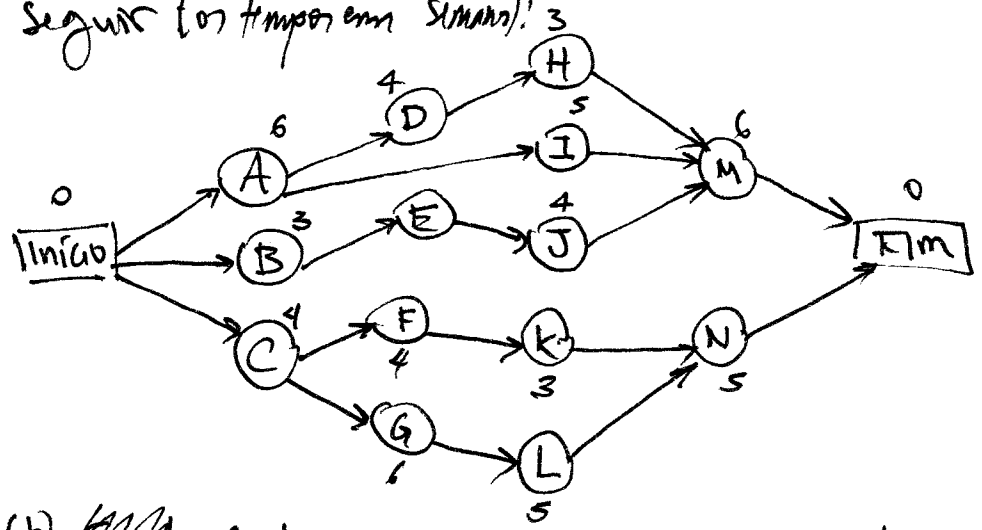
Se você utilizar seu ^{multi}processador que reduz o tempo da tarefa de 7 para 2 minutos o jantar ainda será atrasado?

Atrasará 3 minutos

Não

Exercícios

(1) (a) Encontre o caminho crítico do projeto ~~com~~ ^{representado} pelo grafo a seguir (os tempos em semanas):



(b) ~~Elabore~~ Construa uma tabela com início mais cedo e mais tarde, fim mais cedo e + tardio e folga.

(c) Qual é a duração total do projeto?
 Qual é a duração se a atividade I atrasar 2 semanas?
 E se a atividade H atrasar 2 semanas?

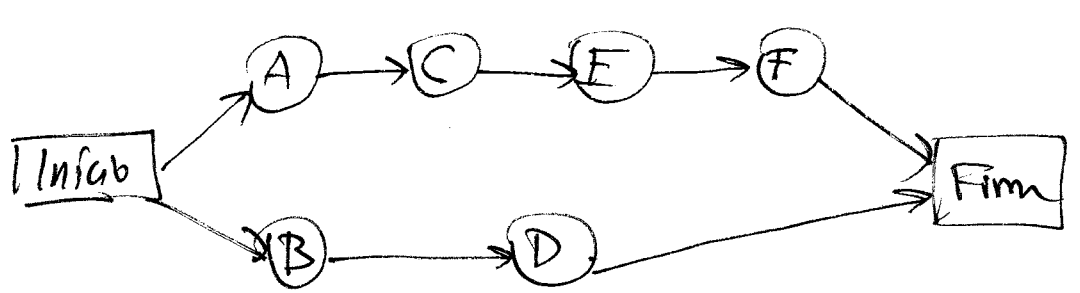
(2) Um projeto de construção é composto das atividades descritas na tabela abaixo:

Atividade	Tempo (semana)			Predecessores
	otimista	+ provável	pesssimista	
A	3	4	5	—
B	2	2	2	A
C	3	5	6	B
D	1	3	5	A
E	2	3	5	B, D

Se o projeto não for finalizado em 11 semanas há uma multa de 500.000 a ser paga

- (a) Construa o gráfico do projeto
- (b) Estime a média e variância da duração ~~do projeto~~ de cada atividade
- (c) Encontre o caminho crítico médio
- (d) Encontre a probabilidade aproximada do projeto ser terminado em 11 semanas.

(3) ~~Suponha~~ ^{considere} um projeto ~~em~~ definido pelo gráfico a seguir:



Sua tabela de custos é:

Atividade	Tempo (dias)		Custo Normal (k)	Custo Crash (k)
	Normal	Crash		
A	12	9	210	270
B	23	18	420	460
C	15	12	290	320
D	27	21	440	500
E	18	14	350	410
F	6	4	160	210

- (a) Qual é a duração esperada para ~~execução~~ normal do projeto?
- (b) Utilize a análise de custo marginal para determinar a forma mais econômica de redução da duração do projeto para 47 dias.