

# **PESQUISA OPERACIONAL II**

## **MÉTODO DO CAMINHO CRÍTICO PERT/CPM**

Prof. Dr. Daniel Caetano

2019 - 1

# Objetivos

- Compreender o Problema do Caminho Crítico (CPM) e as folgas
- Compreender o método de solução CPM
- Compreender o tratamento das incertezas

- **Atividade Aula 9 – SAVA!**



# Material de Estudo



---

## Material

## Acesso ao Material

Apresentação

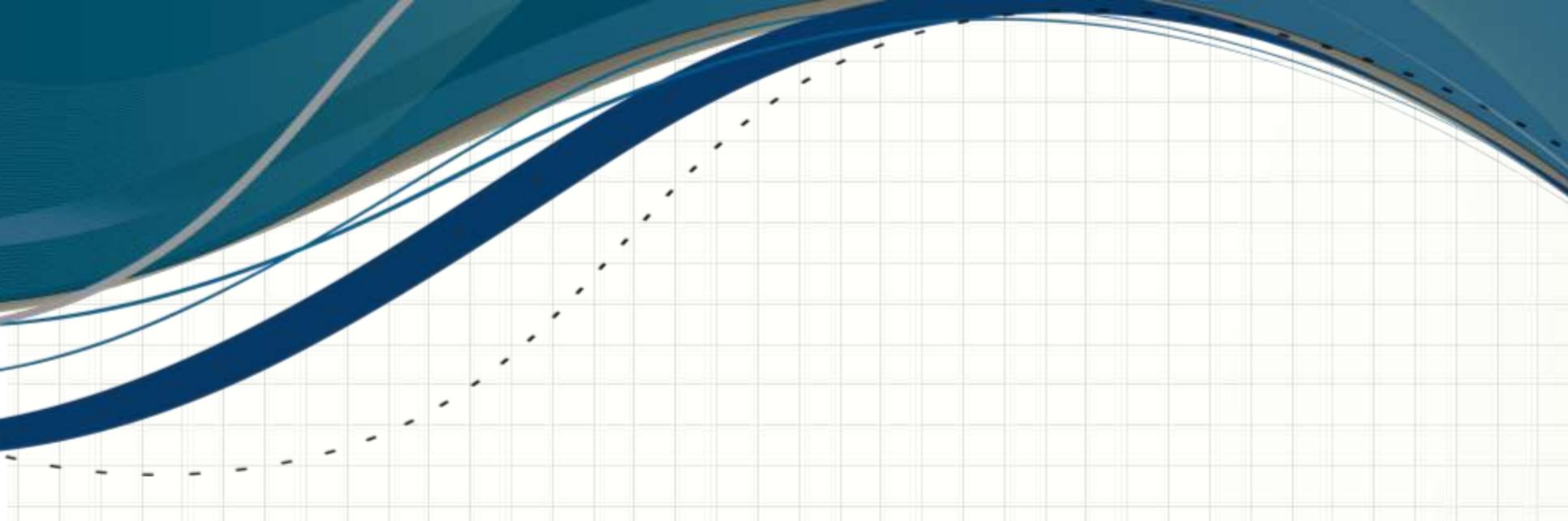
<http://www.caetano.eng.br/>  
(Pesquisa Operacional II – Aula 9)

Biblioteca Virtual

Pesquisa Operacional (Taha) – Seção 6.5

Recursos na Web

[https://www.ime.usp.br/~rvicente/PERT\\_CPM.pdf](https://www.ime.usp.br/~rvicente/PERT_CPM.pdf)  
<https://blogdaqualidade.com.br/metodo-do-caminho-critico/>



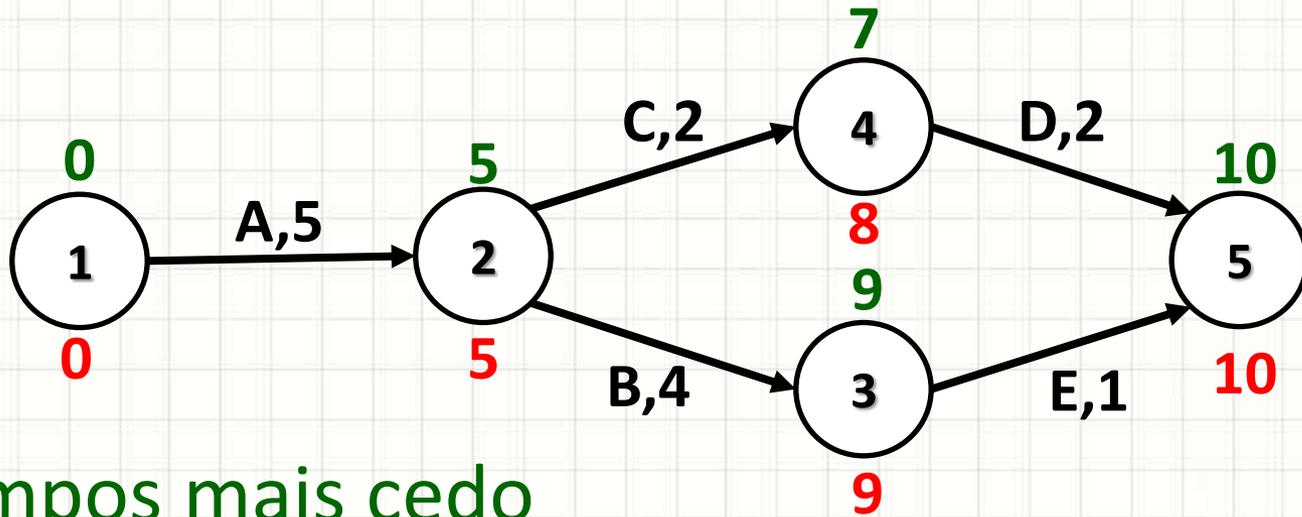
# **O PROBLEMA DO CAMINHO CRÍTICO**

# Problema do Caminho Crítico

- Problemas de Programação de Produção
  - Atividades inter-relacionadas com duração finita
    - CPM: durações determinísticas
    - PERT: durações probabilísticas
- Tempo total de projeto
- Caminho Crítico
  - Sequência de atividades críticas
  - Atraso em uma, atraso no projeto

# Método do Caminho Crítico

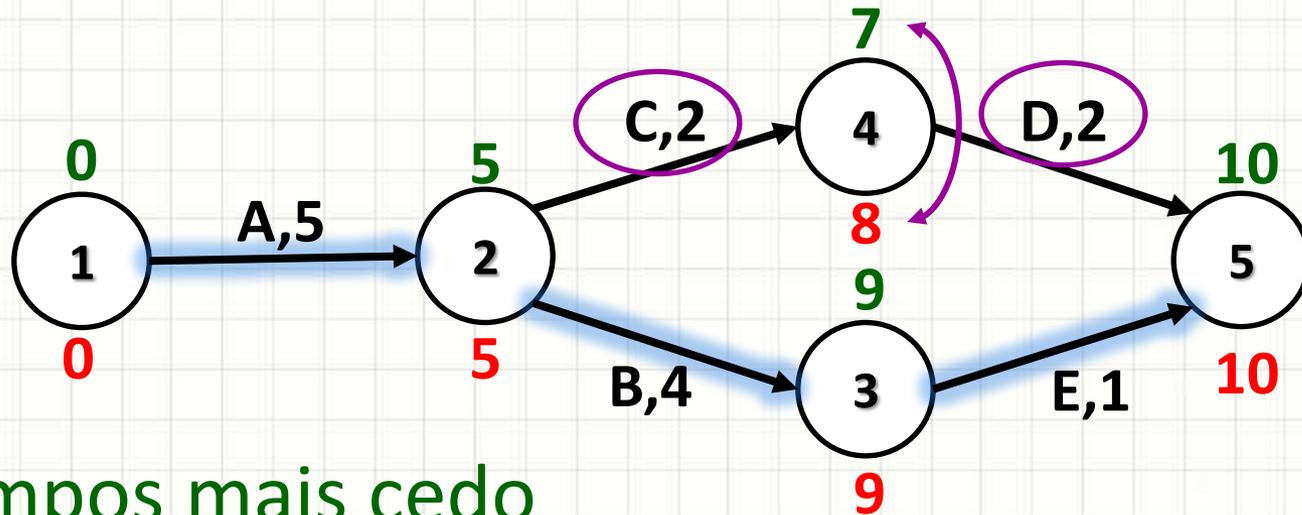
- Atividades: arcos
  - Nós são início e término das atividades



- Tempos mais cedo
- Tempos mais tarde

# Método do Caminho Crítico

- Atividades: arcos
  - Nós são início e término das atividades

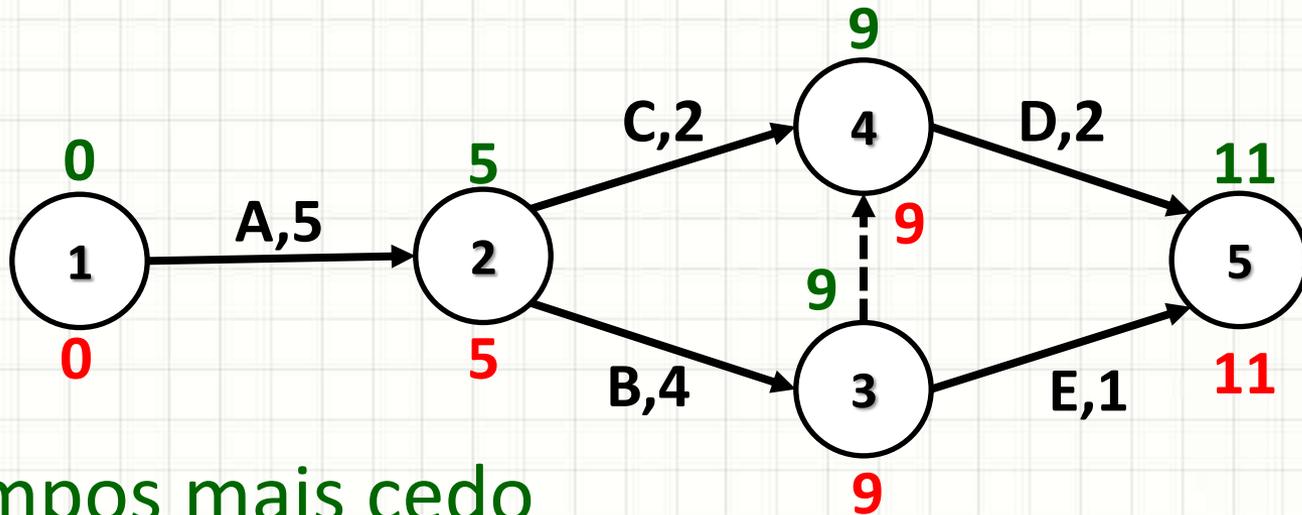


- Tempos mais cedo
- Tempos mais tarde
- Caminho crítico

**Folga!**

# Método do Caminho Crítico

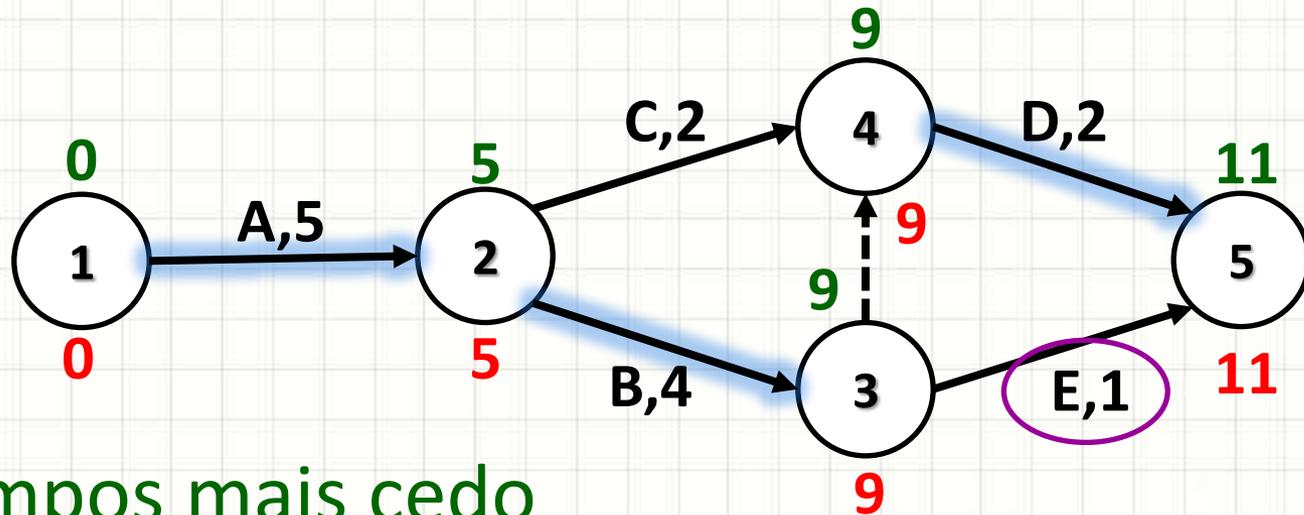
- Atividades Fictícias: dependência
  - Se B precisa finalizar antes de D...



- Tempos mais cedo
- Tempos mais tarde

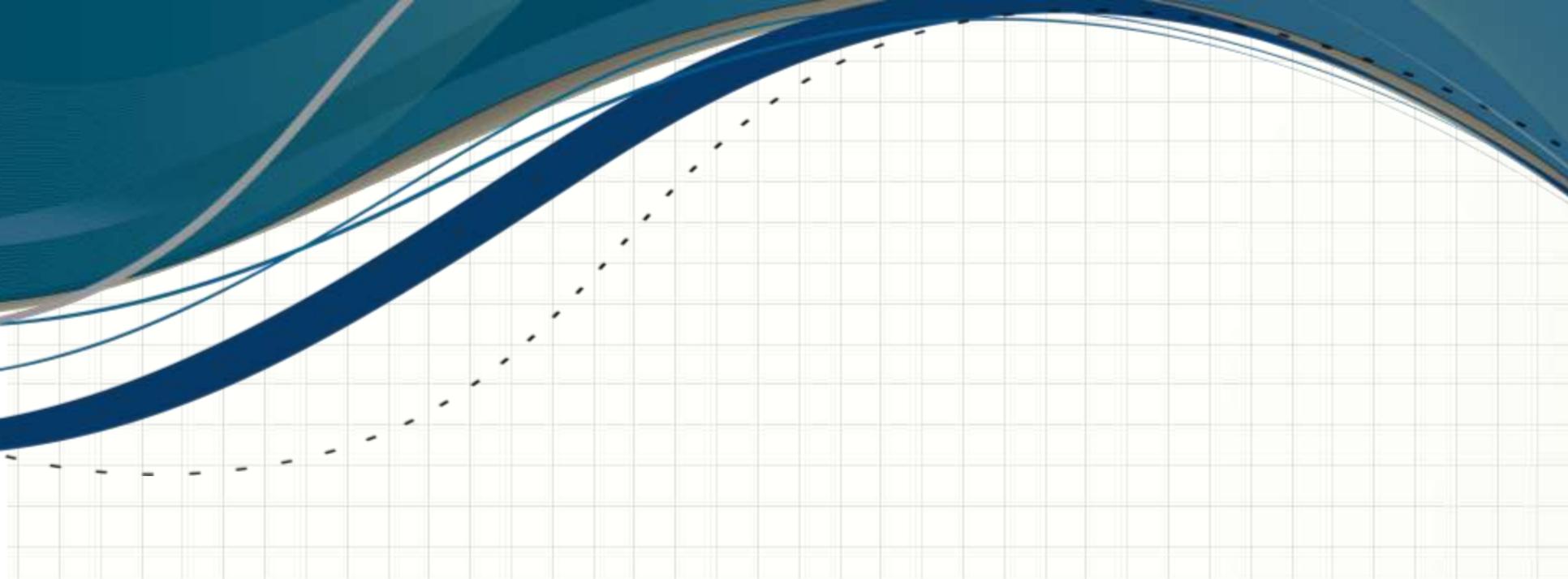
# Método do Caminho Crítico

- Atividades Fictícias: dependência
  - Se B precisa finalizar antes de D...



- Tempos mais cedo
- Tempos mais tarde
- Caminho crítico

**Folga?**



# ALGORITMO CPM

# Método do Caminho Crítico (CPM)

- Passos

1. Obter cronograma de dependências
2. Traçar o diagrama das atividades (rede)
3. Calcular os tempos “mais cedo” na ida (máximos)
4. Identificar o tempo total
5. Calcular os tempos “mais tarde” na volta (mínimos)
6. Identificar o caminho crítico: sem folga
7. Identificar as folgas

# Método do Caminho Crítico (CPM)

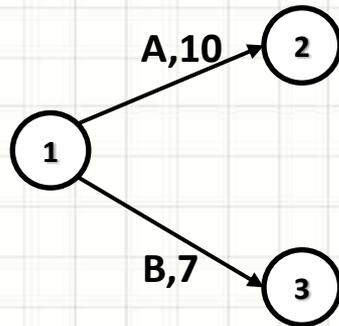
## 1. Obter cronograma de dependências

Atividade	Predecessora(s)	Duração (dias)
<i>A</i> : Prever volume de vendas	—	10
<i>B</i> : Estudar concorrência de mercado	—	7
<i>C</i> : Elaborar o projeto do item e das instalações	<i>A</i>	5
<i>D</i> : Preparar programação de produção	<i>C</i>	3
<i>E</i> : Estimar custo de produção	<i>D</i>	2
<i>F</i> : Determinar preço de venda	<i>B, E</i>	1
<i>G</i> : Preparar orçamento	<i>E, F</i>	14

# Método do Caminho Crítico (CPM)

## 2. Traçar o diagrama das atividades (rede)

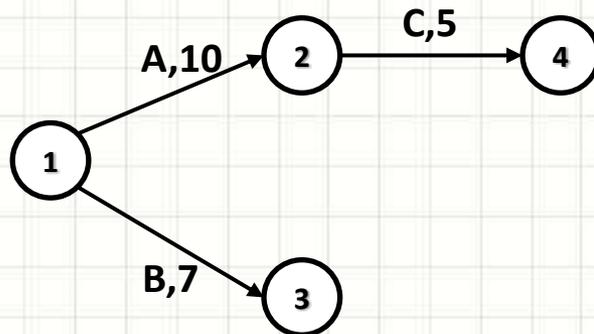
Atividade	Predecessora(s)	Duração (dias)
A: Prever volume de vendas	—	10
B: Estudar concorrência de mercado	—	7
C: Elaborar o projeto do item e das instalações	A	5
D: Preparar programação de produção	C	3
E: Estimar custo de produção	D	2
F: Determinar preço de venda	B, E	1
G: Preparar orçamento	E, F	14



# Método do Caminho Crítico (CPM)

## 2. Traçar o diagrama das atividades (rede)

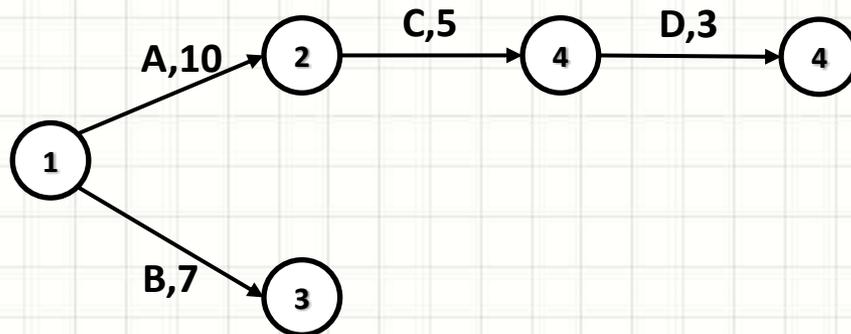
Atividade	Predecessora(s)	Duração (dias)
A: Prever volume de vendas	—	10
B: Estudar concorrência de mercado	—	7
C: Elaborar o projeto do item e das instalações	A	5
D: Preparar programação de produção	C	3
E: Estimar custo de produção	D	2
F: Determinar preço de venda	B, E	1
G: Preparar orçamento	E, F	14



# Método do Caminho Crítico (CPM)

## 2. Traçar o diagrama das atividades (rede)

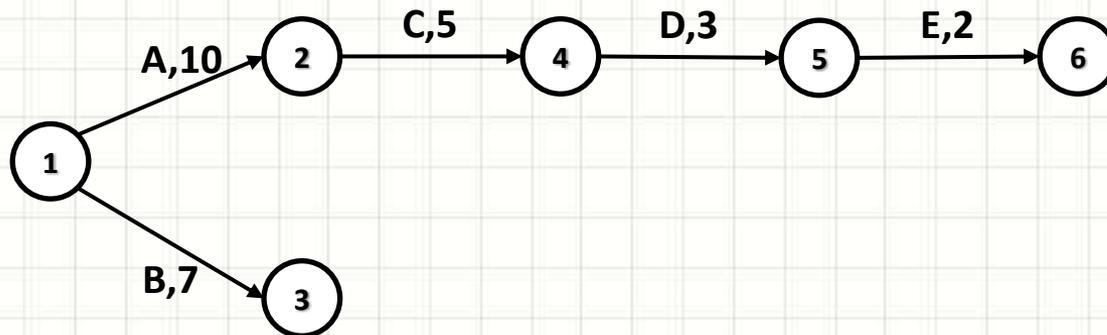
Atividade	Predecessora(s)	Duração (dias)
A: Prever volume de vendas	—	10
B: Estudar concorrência de mercado	—	7
C: Elaborar o projeto do item e das instalações	A	5
D: Preparar programação de produção	C	3
E: Estimar custo de produção	D	2
F: Determinar preço de venda	B, E	1
G: Preparar orçamento	E, F	14



# Método do Caminho Crítico (CPM)

## 2. Traçar o diagrama das atividades (rede)

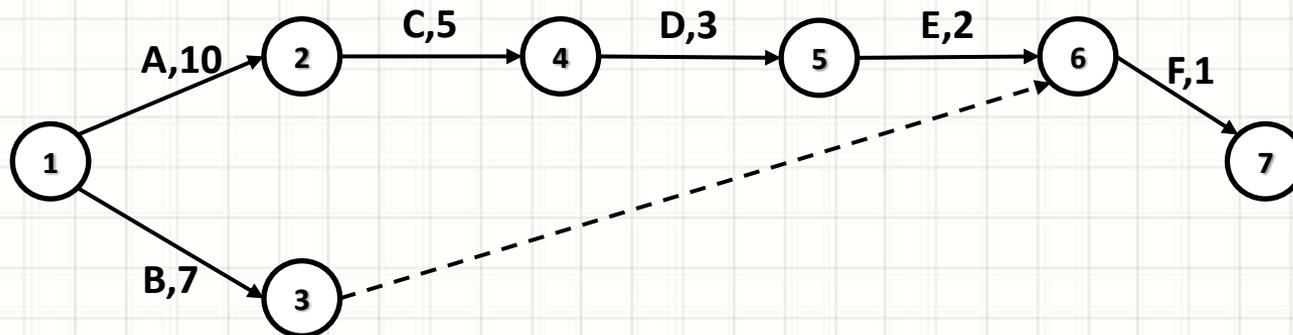
Atividade	Predecessora(s)	Duração (dias)
A: Prever volume de vendas	—	10
B: Estudar concorrência de mercado	—	7
C: Elaborar o projeto do item e das instalações	A	5
D: Preparar programação de produção	C	3
E: Estimar custo de produção	D	2
F: Determinar preço de venda	B, E	1
G: Preparar orçamento	E, F	14



# Método do Caminho Crítico (CPM)

## 2. Traçar o diagrama das atividades (rede)

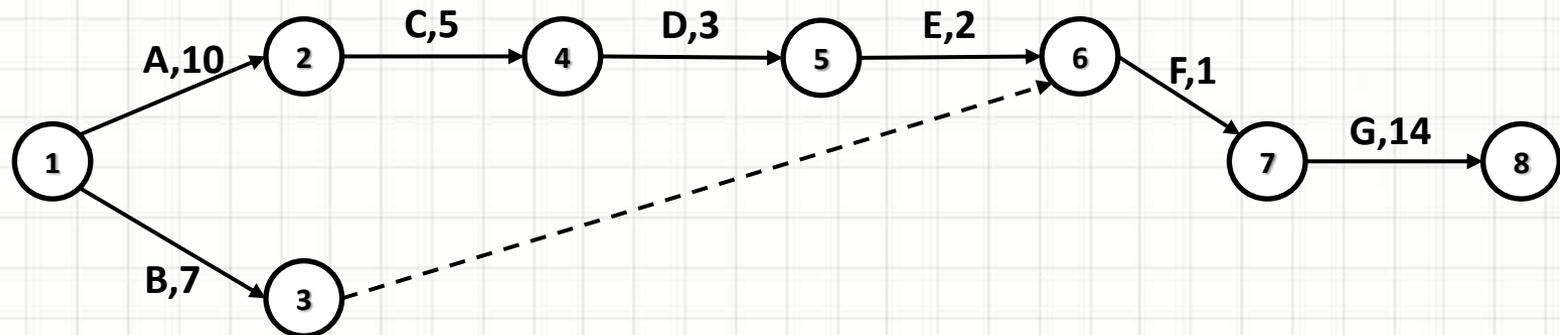
Atividade	Predecessora(s)	Duração (dias)
A: Prever volume de vendas	—	10
B: Estudar concorrência de mercado	—	7
C: Elaborar o projeto do item e das instalações	A	5
D: Preparar programação de produção	C	3
E: Estimar custo de produção	D	2
F: Determinar preço de venda	B, E	1
G: Preparar orçamento	E, F	14



# Método do Caminho Crítico (CPM)

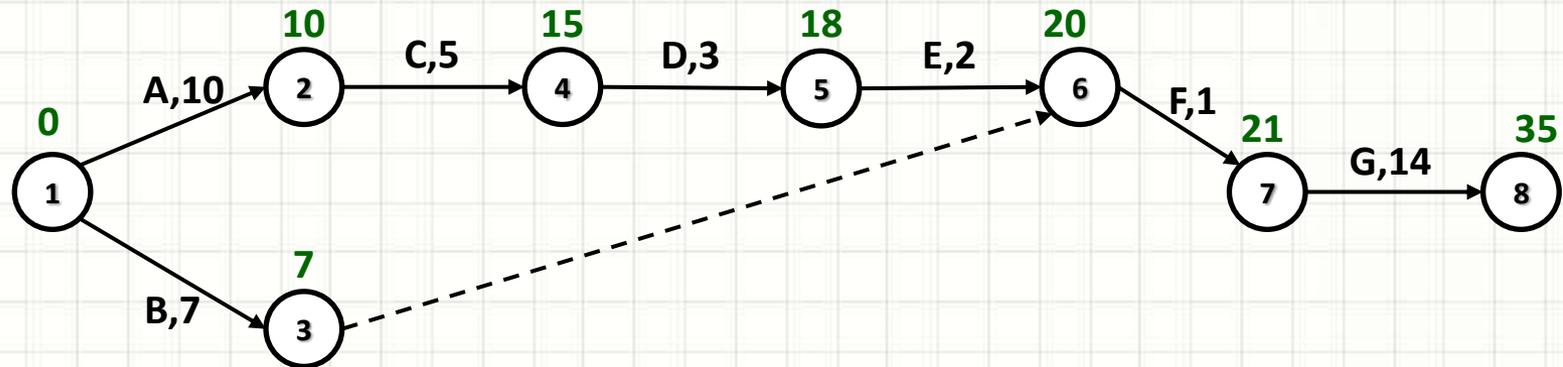
## 2. Traçar o diagrama das atividades (rede)

Atividade	Predecessora(s)	Duração (dias)
A: Prever volume de vendas	—	10
B: Estudar concorrência de mercado	—	7
C: Elaborar o projeto do item e das instalações	A	5
D: Preparar programação de produção	C	3
E: Estimar custo de produção	D	2
F: Determinar preço de venda	B, E	1
G: Preparar orçamento	E, F	14



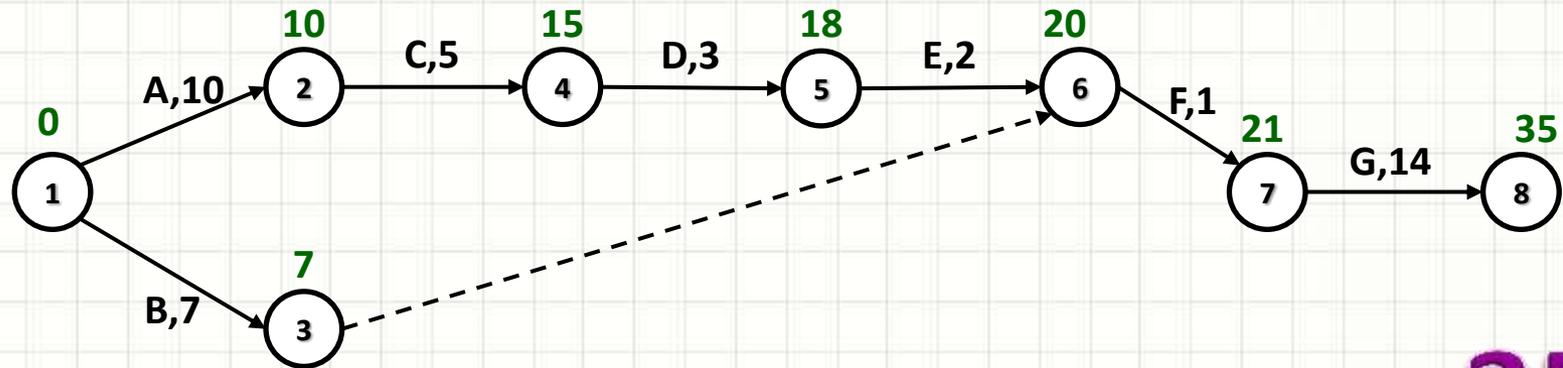
# Método do Caminho Crítico (CPM)

3. Calcular os tempos “mais cedo” na ida



# Método do Caminho Crítico (CPM)

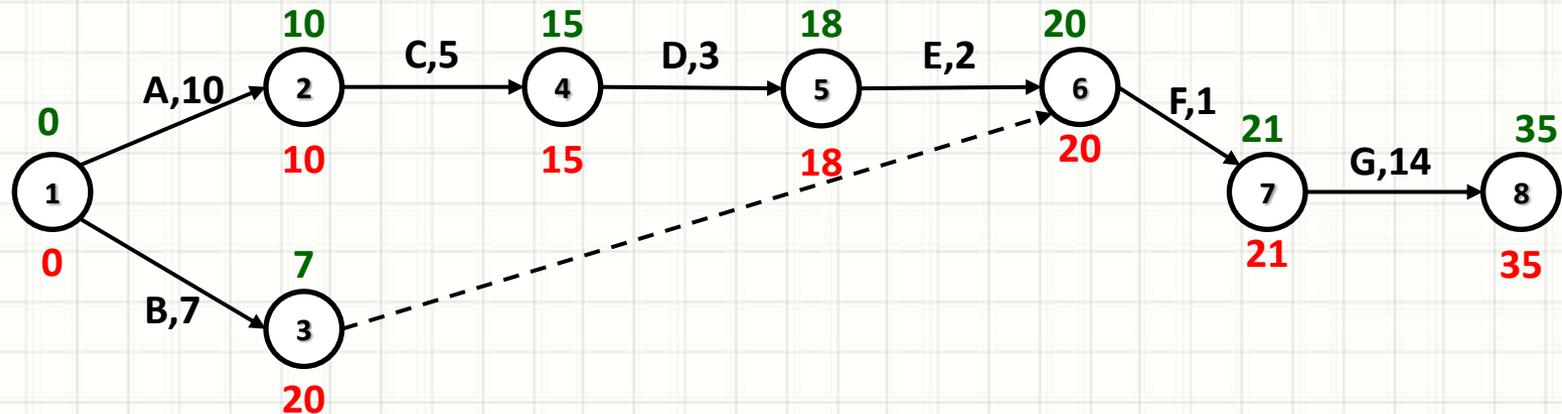
## 4. Identificar o tempo total



**35**

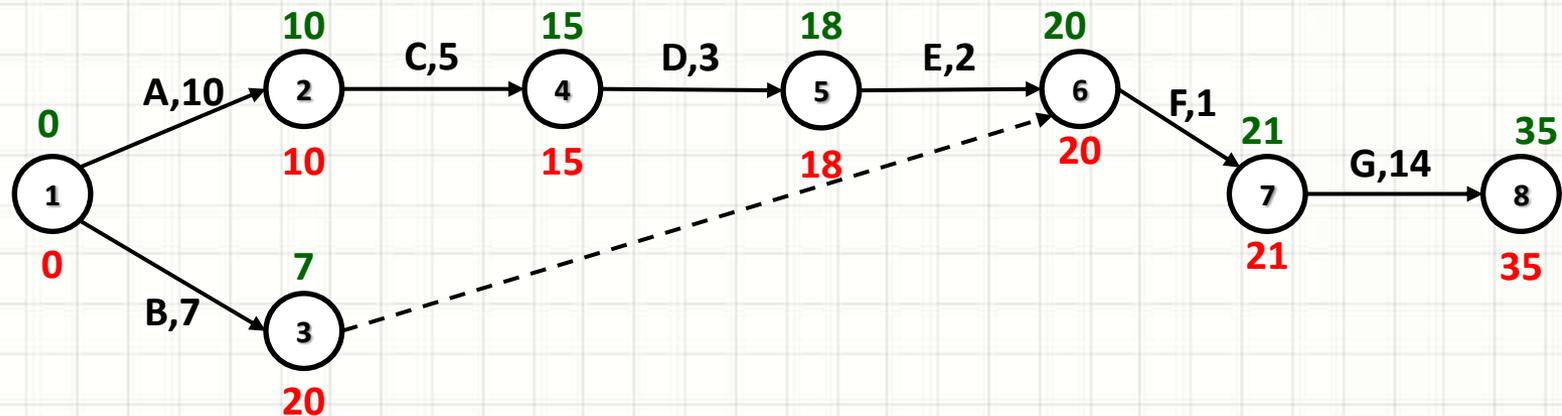
# Método do Caminho Crítico (CPM)

5. Calcular os tempos “mais tarde” na volta



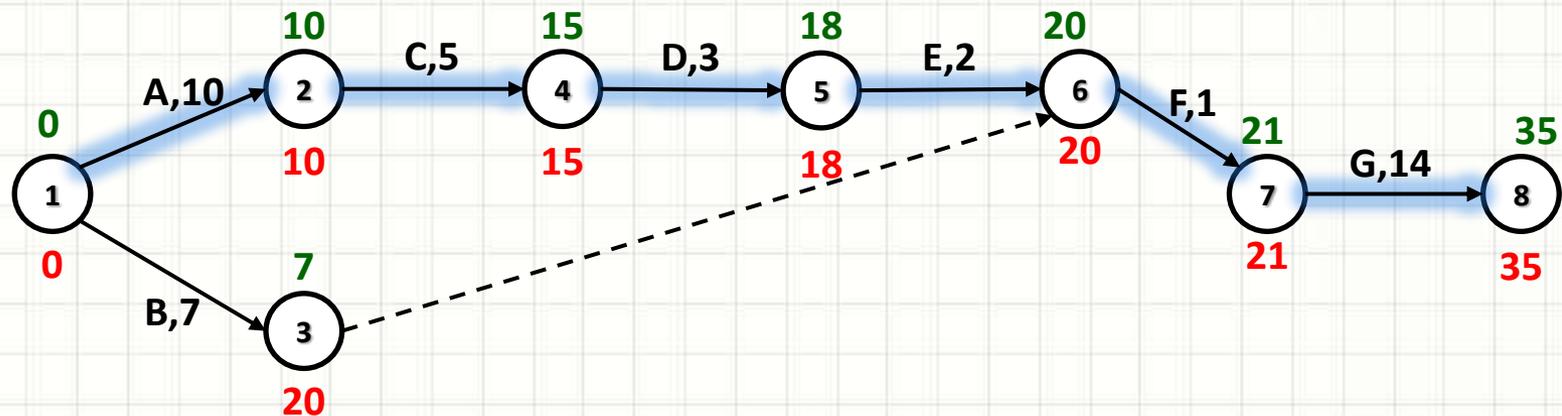
# Método do Caminho Crítico (CPM)

6. Identificar o caminho crítico: sem folga



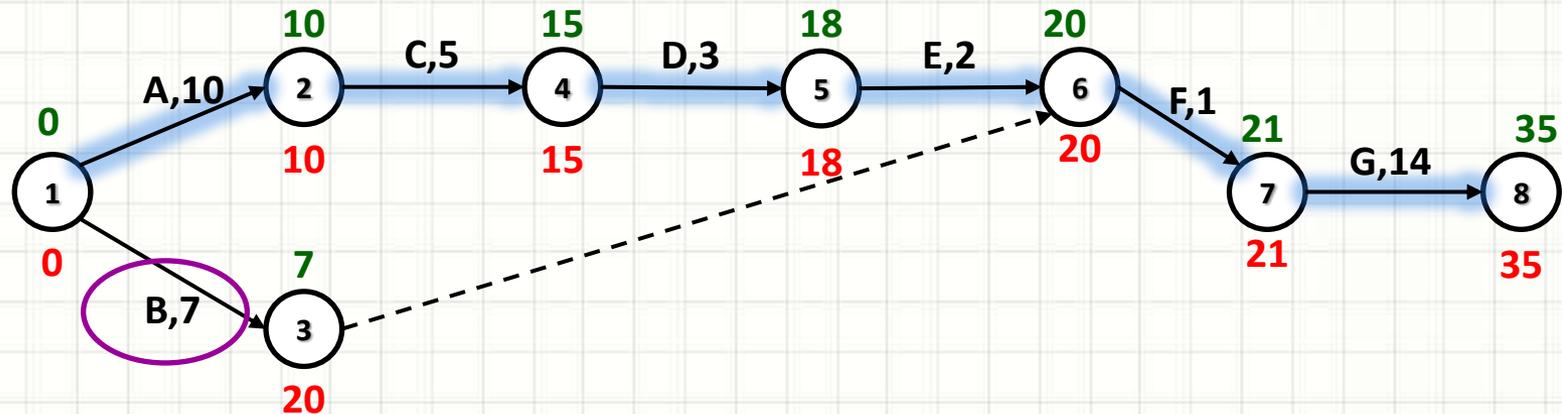
# Método do Caminho Crítico (CPM)

6. Identificar o caminho crítico: sem folga



# Método do Caminho Crítico (CPM)

## 7. Identificar as folgas



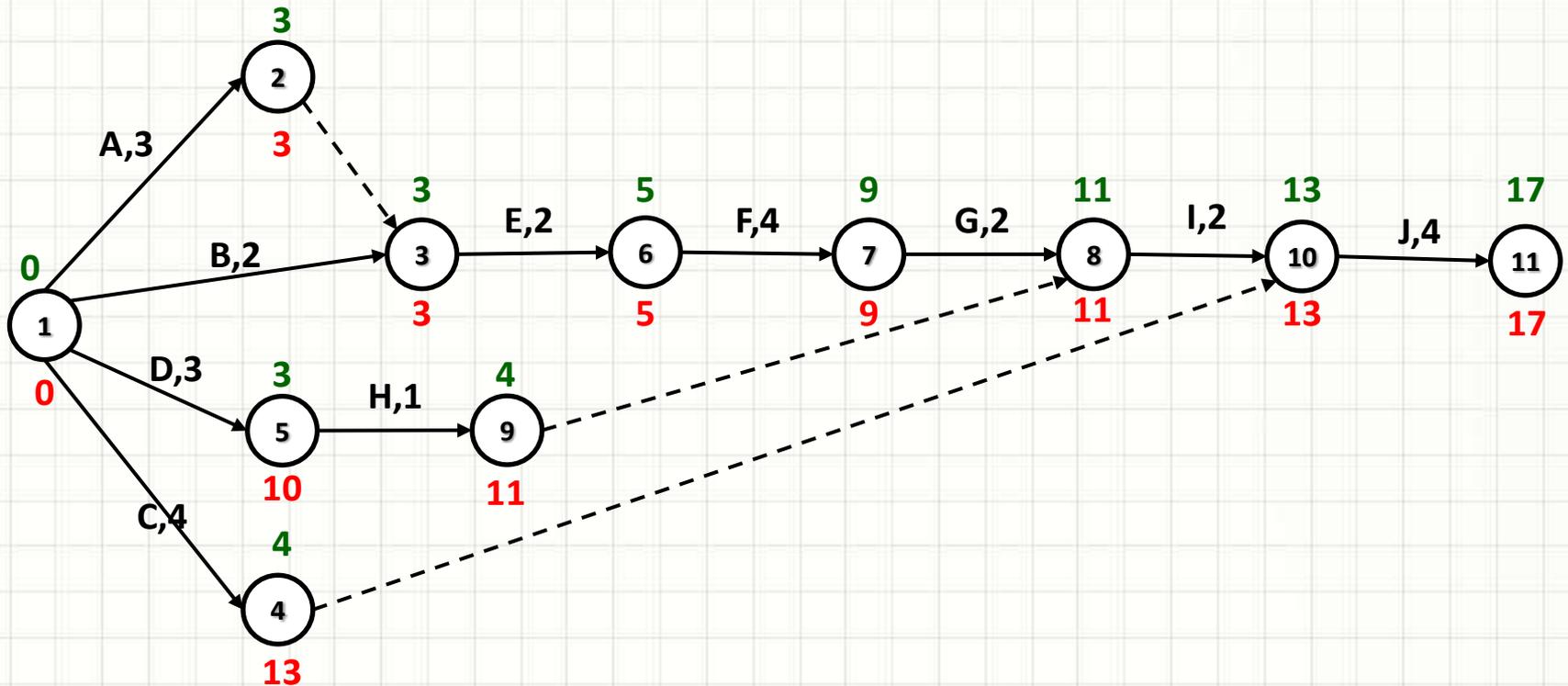
# Exercício

- Aplique o método CPM:

Atividade	Predecessora(s)	Duração (semanas)
<i>A</i> : Revisão do manuscrito pela editora	—	3
<i>B</i> : Preparação de páginas de amostra	—	2
<i>C</i> : Projeto gráfico da capa do livro	—	4
<i>D</i> : Preparação da arte-final	—	3
<i>E</i> : Aprovação do autor para o manuscrito editado e para as páginas de amostra	<i>A, B</i>	2
<i>F</i> : Diagramação do livro	<i>E</i>	4
<i>G</i> : Revisão das provas diagramadas pelo autor	<i>F</i>	2
<i>H</i> : Revisão da arte-final pelo autor	<i>D</i>	1
<i>I</i> : Produção dos clichês	<i>G, H</i>	2
<i>J</i> : Produção e encadernação do livro	<i>C, I</i>	4

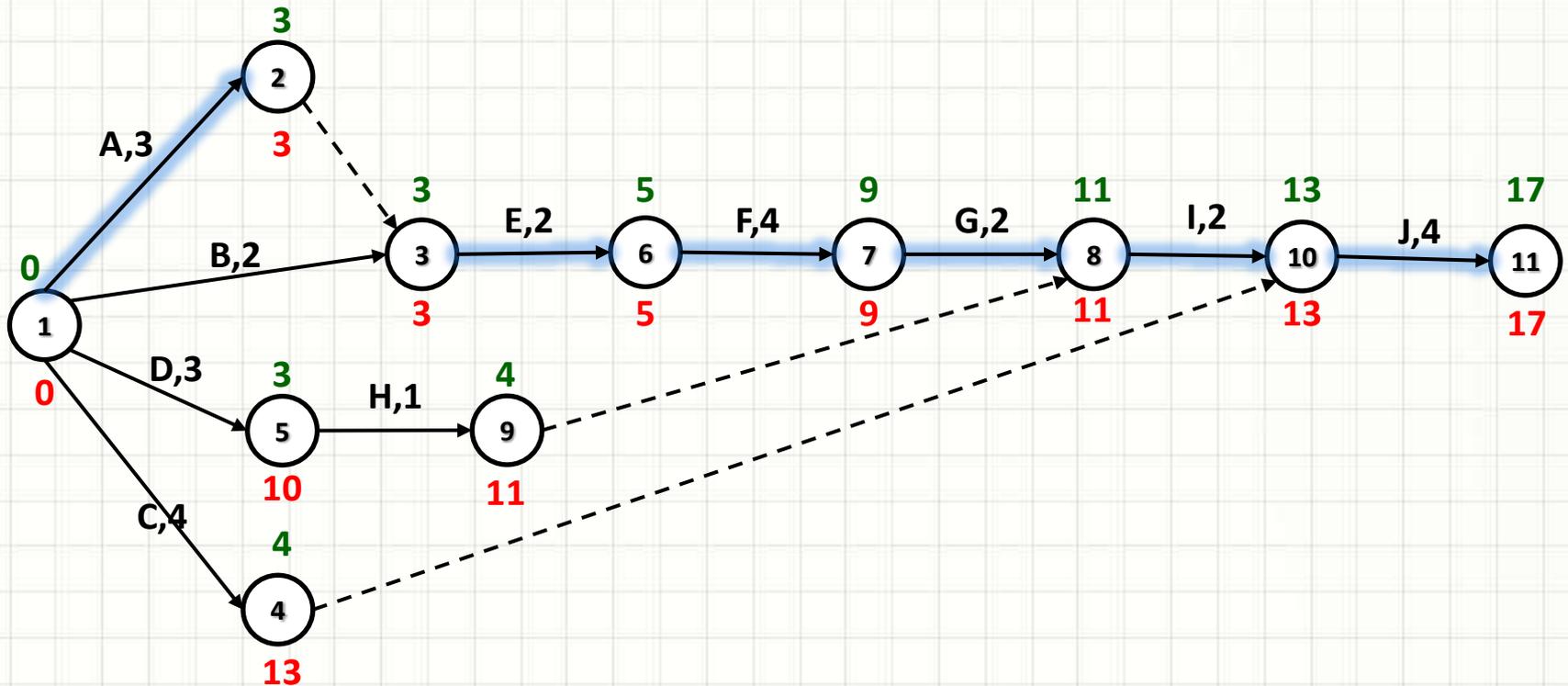
# Exercício

- Aplique o método CPM:



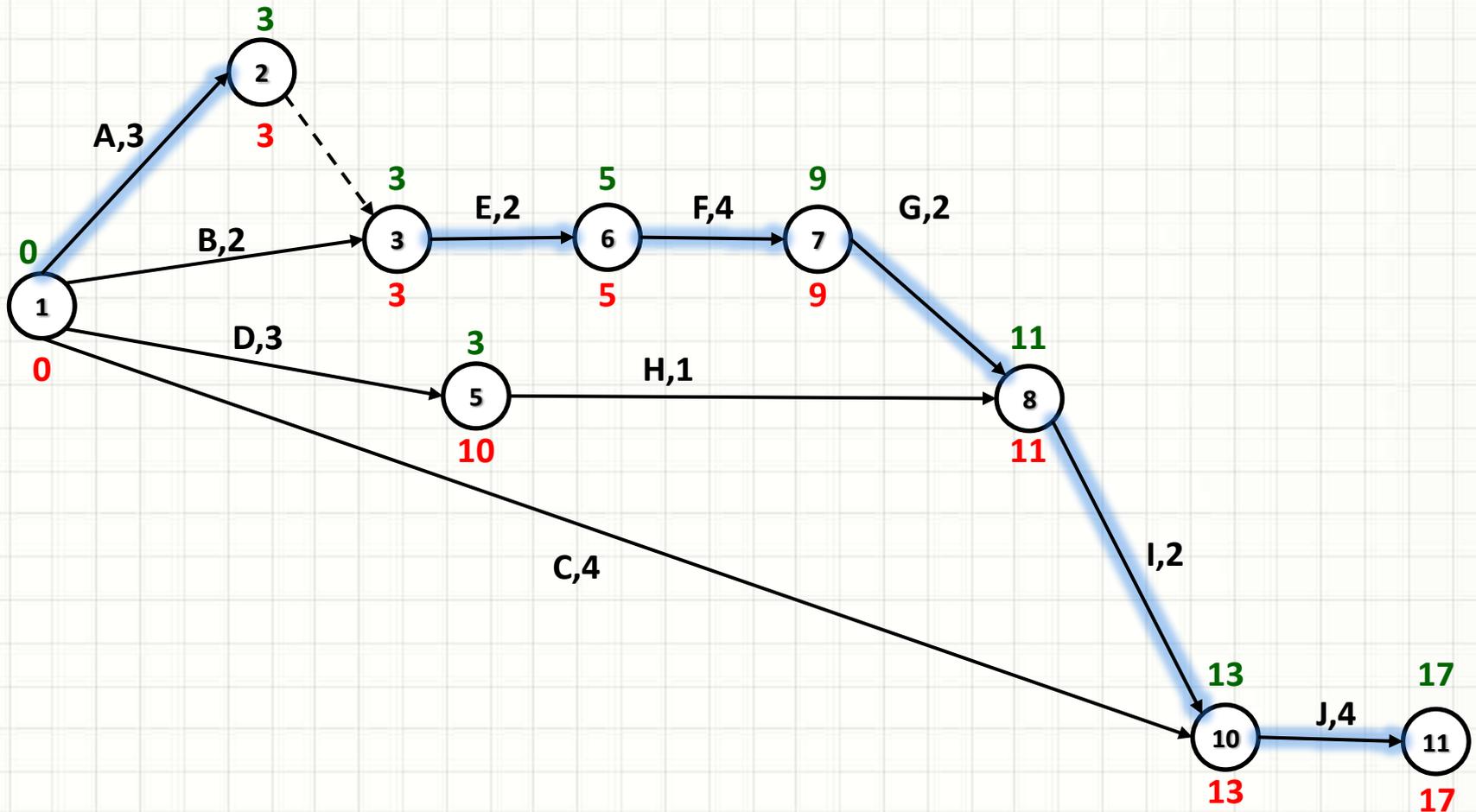
# Exercício

- Aplique o método CPM:



# Exercício

- Aplique o método CPM (design alternativo):



# REDES PERT



# Método PERT/CPM

- Duração de atividades probabilística?
  - A: melhor tempo (otimista)
  - B: pior tempo (pessimista)
  - M: tempo normal (mais provável)
- Considera-se  $\bar{D}$  o tempo para o CPM:

$$\bar{D} = \frac{A + 4.M + B}{6}$$

- Probabilidade do tempo para um nó
  - É possível determinar!
  - Cálculo complexo!

# Método PERT/CPM

- Exemplo de dados para o PERT/CPM

Atividade	$i-j$	$(a, m, b)$	Atividade	$i-j$	$(a, m, b)$
<i>A</i>	1-2	(3, 5, 7)	<i>E</i>	3-5	(1, 2, 3)
<i>B</i>	1-3	(4, 6, 8)	<i>F</i>	3-6	(9, 11, 13)
<i>C</i>	2-3	(1, 3, 5)	<i>G</i>	4-6	(1, 1, 1)
<i>D</i>	2-4	(5, 8, 11)	<i>H</i>	5-6	(10, 12, 14)

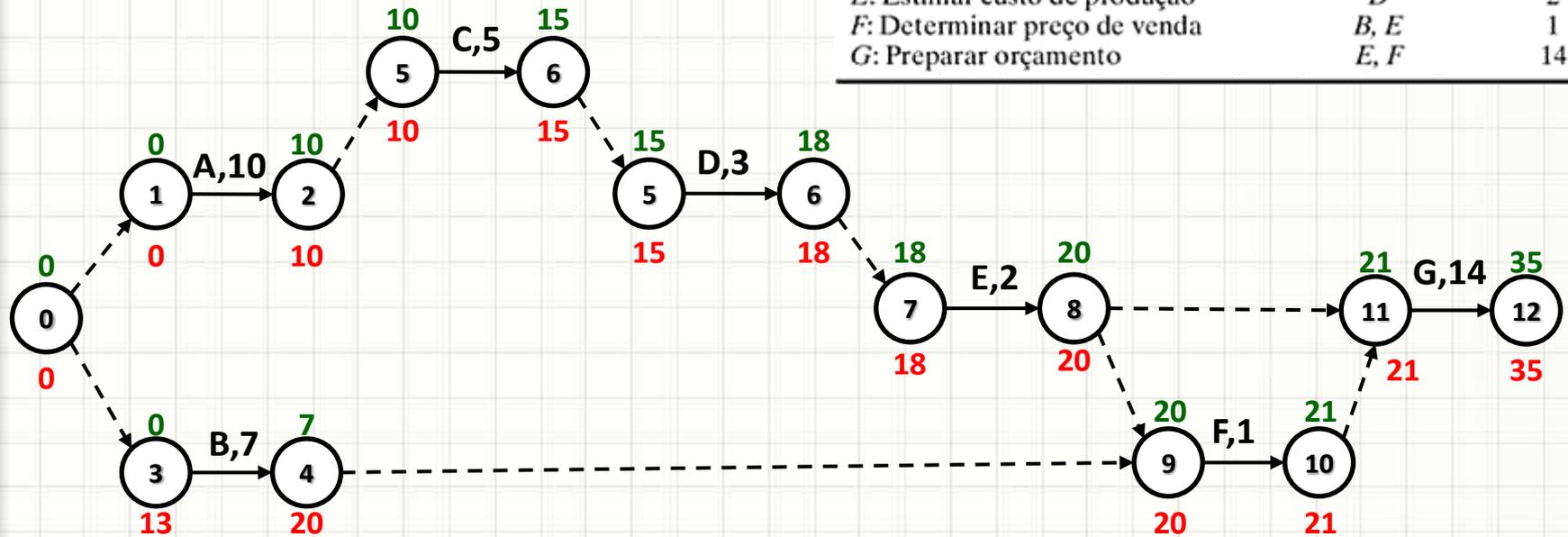
# REPRESENTAÇÃO ALTERNATIVA PARA O CPM



# Representação Alternativa

- Inícios/fins separados

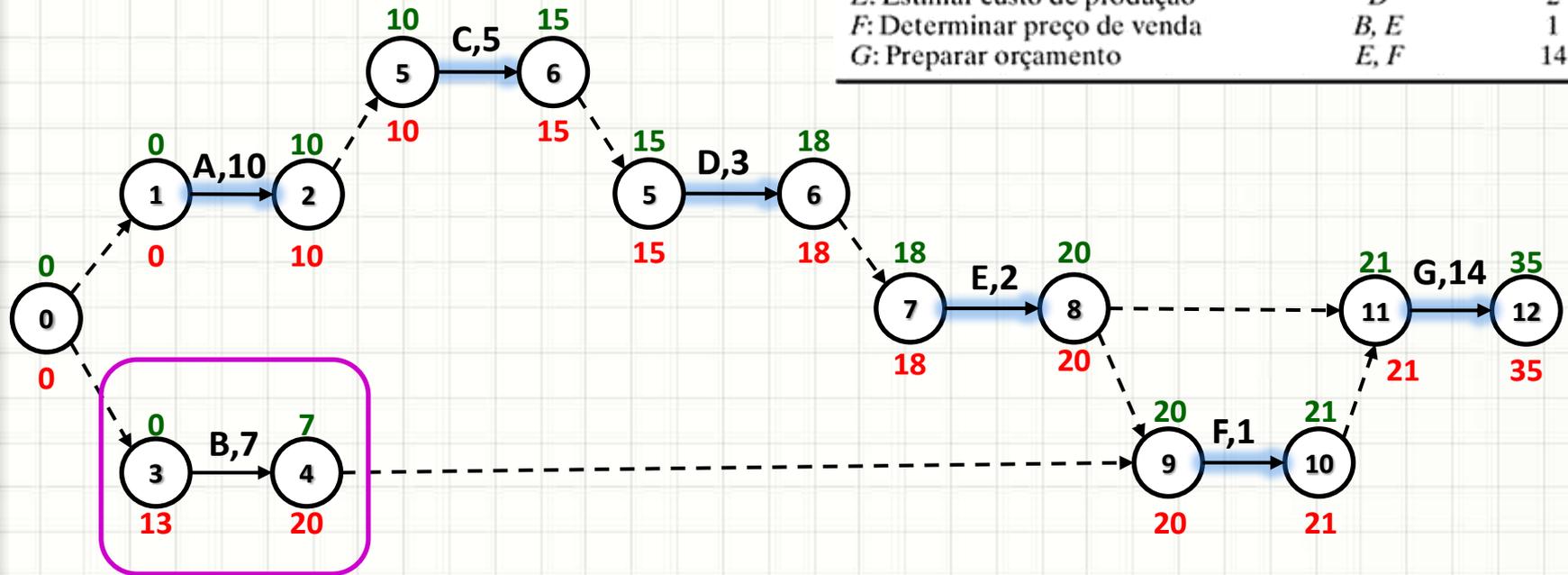
Atividade	Predecessora(s)	Duração (dias)
A: Prever volume de vendas	—	10
B: Estudar concorrência de mercado	—	7
C: Elaborar o projeto do item e das instalações	A	5
D: Preparar programação de produção	C	3
E: Estimar custo de produção	D	2
F: Determinar preço de venda	B, E	1
G: Preparar orçamento	E, F	14

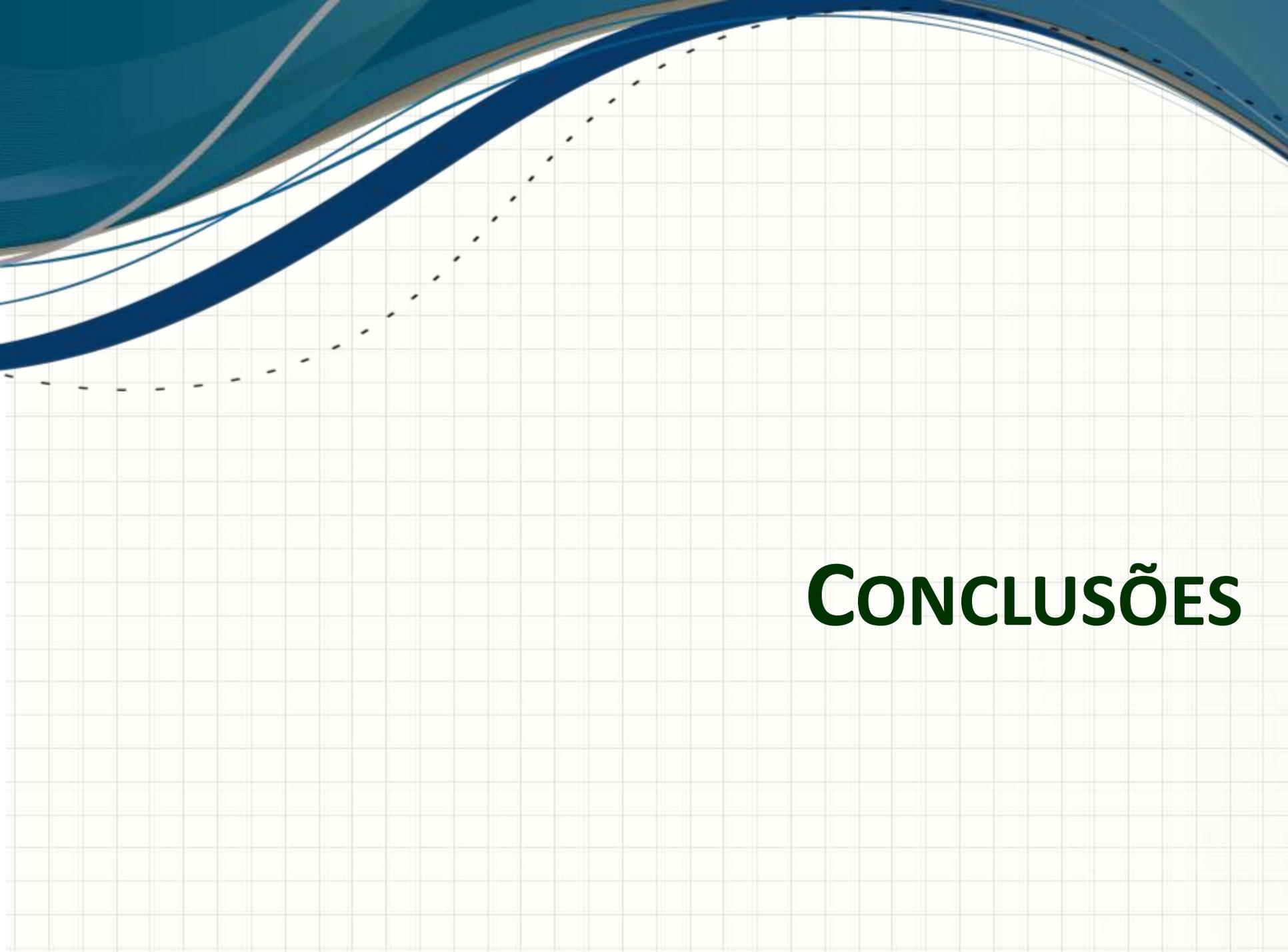


# Representação Alternativa

- Inícios/fins separados

Atividade	Predecessora(s)	Duração (dias)
A: Prever volume de vendas	—	10
B: Estudar concorrência de mercado	—	7
C: Elaborar o projeto do item e das instalações	A	5
D: Preparar programação de produção	C	3
E: Estimar custo de produção	D	2
F: Determinar preço de venda	B, E	1
G: Preparar orçamento	E, F	14

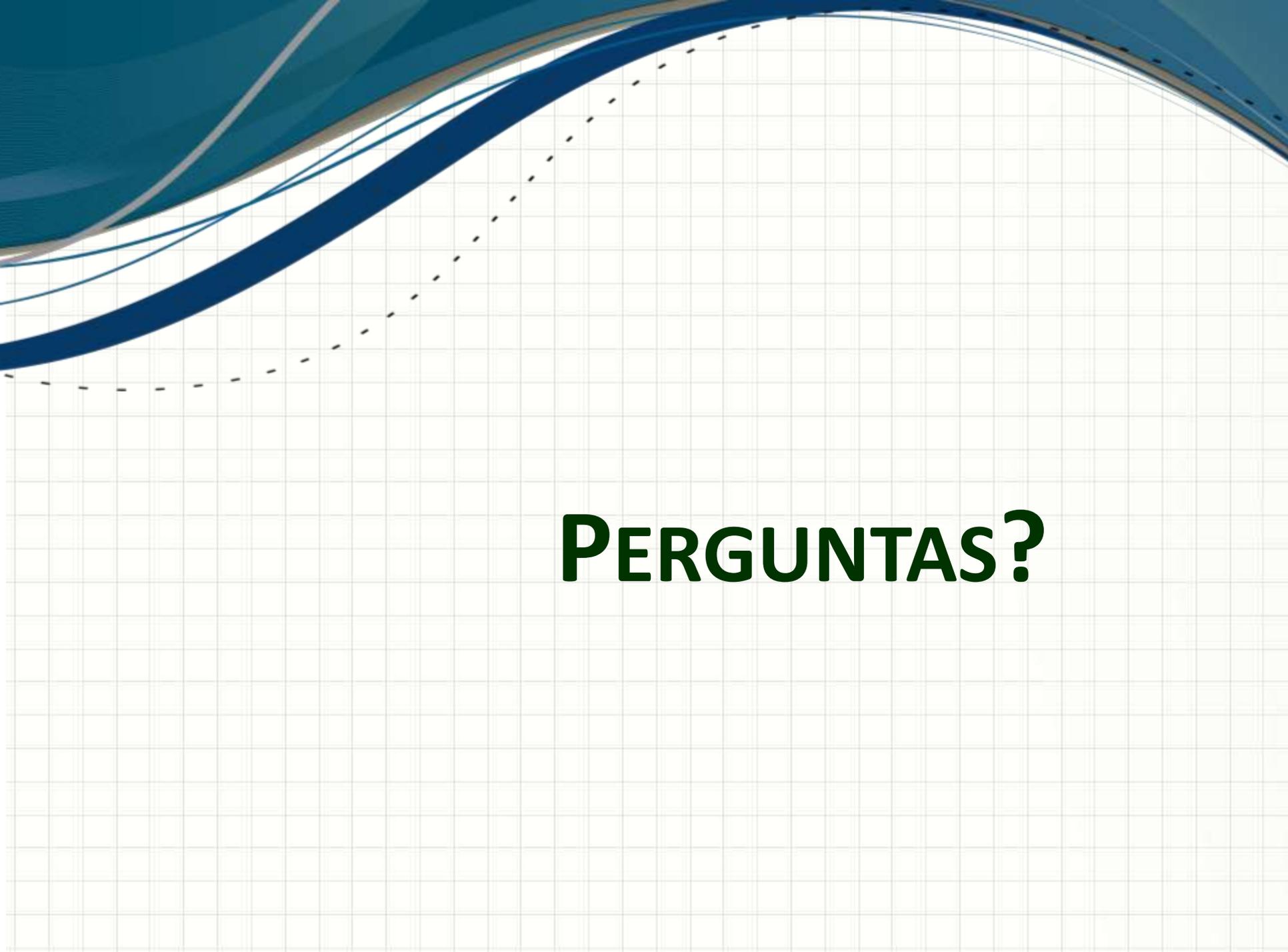




# CONCLUSÕES

# Resumo

- CPM: identificar atividades críticas
    - Fácil de aplicar!
    - Durações determinísticas
  - PERT: Durações probabilísticas
  - **TAREFA**: Exercícios Aula 9
- 
- Problema do Fluxo Máximo
    - Como escoar o máximo de produto?
    - Ford-Fulkerson



**PERGUNTAS?**



# EXERCÍCIO

# Exercício (para casa)

- Identifique o caminho crítico e as folgas:

Atividade	Predecessor	Duração (dias)
A: Movimento de Terra	-	3
B: Fundação	A	4
C: Estrutura	B	3
D: Paredes	C	5
E: Laje	C	2
F: Telhado	E	5
G: Elétrica	D, E	3
H: Hidráulica	D, E	5
I: Habite-se	F, G, H	3