



By @kakashi_copiador



PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS DIAGRAMA DE REDE (PERT-CPM)

Professor:
Guilherme Venturim
`@guilhermeventurim`

DIAGRAMA DE REDE

Diagramas PERT/CPM permitem que sejam indicadas as **relações lógicas de precedência (inter-relacionamento)** entre as inúmeras atividade do projeto e que seja determinado o **caminho crítico**, isto é, a sequência de atividades que, se sofrer atraso em alguma de suas componentes, irá transmiti-lo ao término do projeto.

→ **Vantagem:** a representação gráfica do planejamento facilita sua leitura e manuseio.

| PERT - Program Evaluation and Review Technique | CPM - Critical Path Method |
|---|--|
| Técnica de Avaliação e Revisão de Programas | Método do Caminho Crítico |
| Usado para atividades incertas (tempo desconhecido) | Usado apenas para atividades de tempo conhecido |
| Orientada por eventos | Orientada por atividades |
| Adota o modelo probabilístico | Adota o modelo determinístico |
| 03 estimativas de tempo para cada atividade (O;P;M) | 01 estimativa de tempo (mais provável) |
| Apropriado para estimativas de tempo de alta precisão | Apropriado para uma estimativa de tempo razoável |
| Concentra-se no tempo (minimizar duração) | Concentra-se na compensação tempo-custo |
| Possui trabalho de natureza não repetitiva | Tem uma natureza repetitiva de trabalho |
| Não usa nenhuma atividade fictícia | Usa atividades fictícias (atividade-fantasma) |
| Projetos que requerem pesquisa e desenvolvimento | Adequado para projetos de construção |

As duas técnicas podem ser combinadas para aumentar a eficácia. Pode-se usar a PERT para obter estimativas mais realistas da duração das tarefas antes de proceder ao cálculo do caminho crítico e das margens de flutuação.

CONSTRUÇÃO DO DIAGRAMA DE REDE

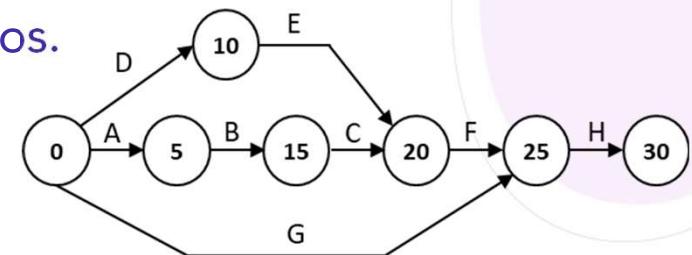
O **planejamento com os métodos PERT e CPM** é realizado através de rede com sequência lógica de planejamento e interdependência entre atividades.

Existem **02** métodos para construção de um diagrama de rede:

Método das Flechas (Arrow Diagramming Method – ADM)

→ Atividades representadas por flechas que conectam eventos.

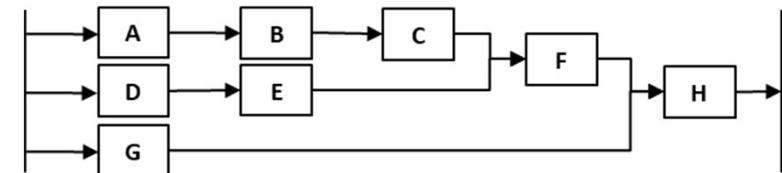
- Existe o conceito de evento (instantes);
- Não é possível ilustrar as ligações IT; II e TT;
- Pode possuir atividades-fantasma.



Método dos Blocos (Precedence Diagramming Method – PDM)

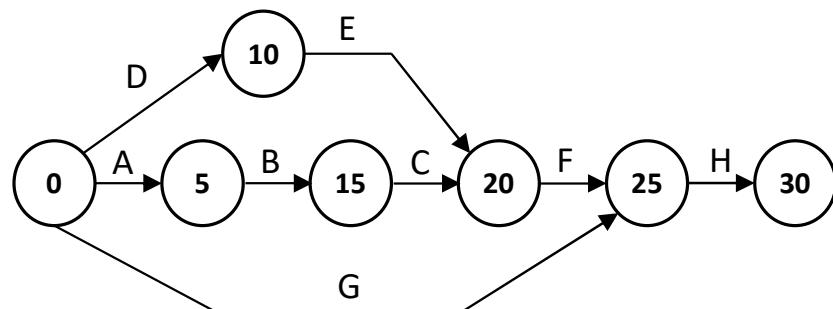
→ Atividades representadas por blocos (ou caixas).

- Não existe o conceito de evento;
- As flechas não tem nenhum significado;
- Possibilita ilustrar todas as ligações de dependência;
- Não possui atividade-fantasma.

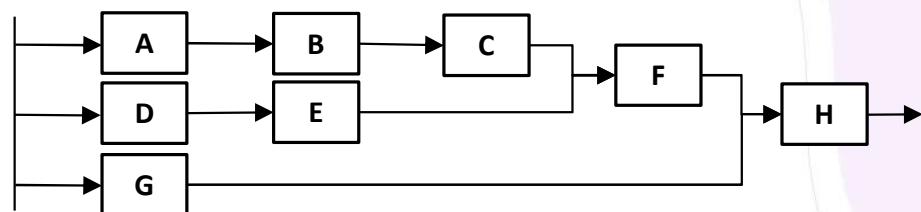


CONSTRUÇÃO DO DIAGRAMA DE REDE

Método das Flechas
(Arrow Diagramming Method – ADM)



Método dos Blocos
(Precedence Diagramming Method – PDM)

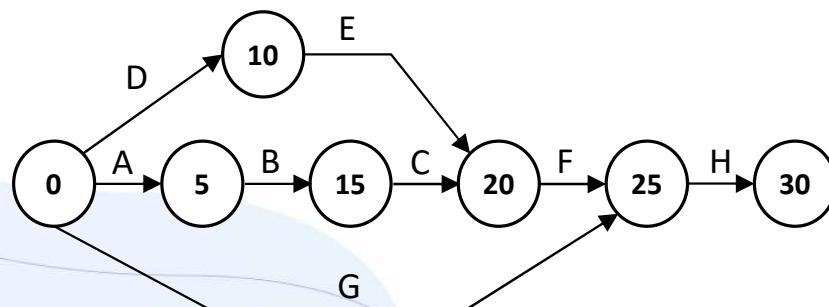


| QUADRO DE SEQUENCIAÇÃO | | |
|------------------------|--------------------------|---------------|
| Código | Atividade | Predecessoras |
| A | Locação da fundação | - |
| B | Escavação da fundação | A |
| C | Montagem das fôrmas | B |
| D | Obtenção do aço | - |
| E | Preparação da armação | D |
| F | Colocação da armação | C, E |
| G | Mobilização da betoneira | - |
| H | Concretagem | F, G |

Sequenciação das atividades de concretagem de um bloco de fundação

MÉTODO DAS FLECHAS

- Atividades representadas por flechas que conectam eventos.
- **O evento inicial do diagrama é único;**
- Cada nó (evento) representa uma relação entre todas as atividades que entram e saem;
- O início de uma atividade só pode ocorrer quando todas as que chegam a seu evento inicial tiverem sido concluídas;
- **Todas as atividades que saem de um mesmo nó têm predecessoras idênticas;**
- **Todas as atividades que chegam a um mesmo nó têm sucessoras idênticas;**
- **Cada atividade tem um par de eventos início-fim;**
- Para cada atividade, o número do evento final é maior que do inicial;
- **O evento final do diagrama é único.**

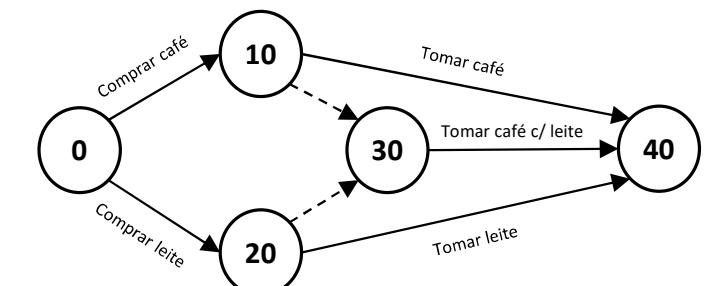
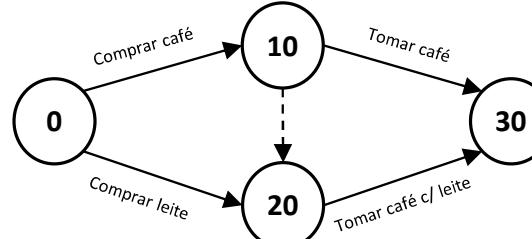
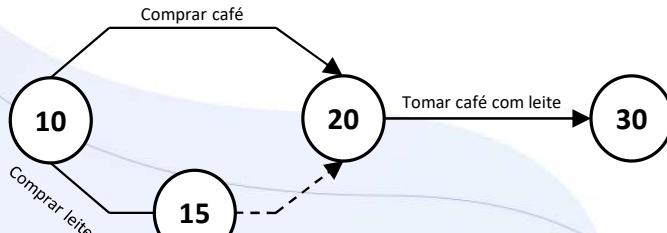
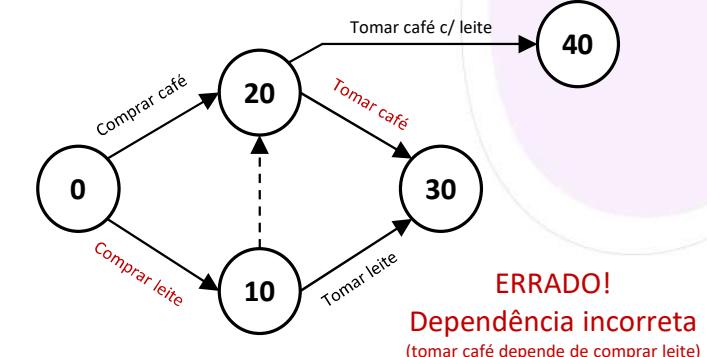
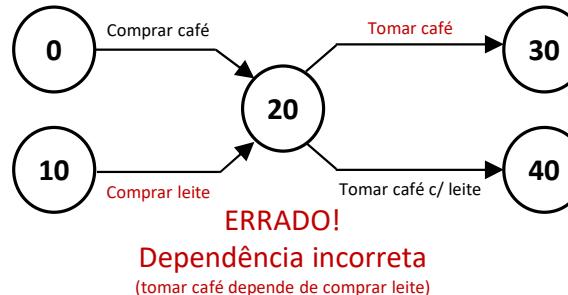
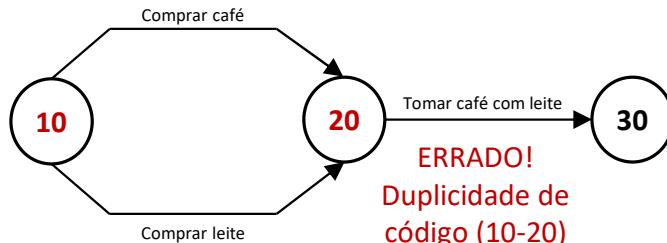


| ATIVIDADE | EVENTO |
|--|---|
| É uma tarefa a ser desempenhada | É um ponto no tempo, um instante do projeto |
| Possui duração | Não possui duração |
| Consumo recursos (mão de obra; material; | Não consome recursos |
| Representada por flecha entre 2 eventos | Representado por um círculo (nó) |

MÉTODO DAS FLECHAS (ATIVIDADE-FANTASMA)

A atividade-fantasma (fictícia; muda; virtual) não se trata de uma tarefa física.

- **Constitui um recuso para resolver problemas de numeração ou de lógica.**
- a) de programação: computação não reconhece diferença para os eventos.
- b) de sequenciação: quando as flechas não conseguem refletir a sequência correta.
- c) de rompimento de evento: necessidade de desmembrar um evento em dois.



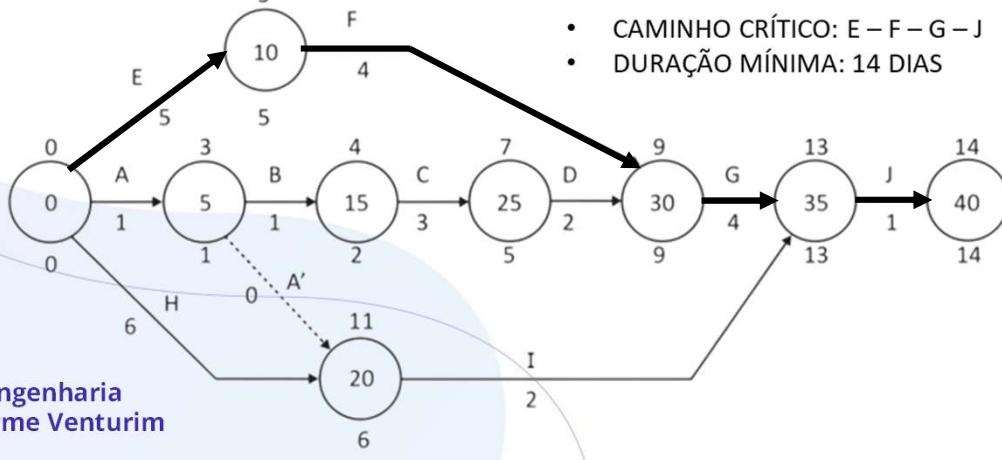
CAMINHO CRÍTICO - MÉTODO DAS FLECHAS

Sequência de atividades que concorrem para a determinação da duração total do projeto.

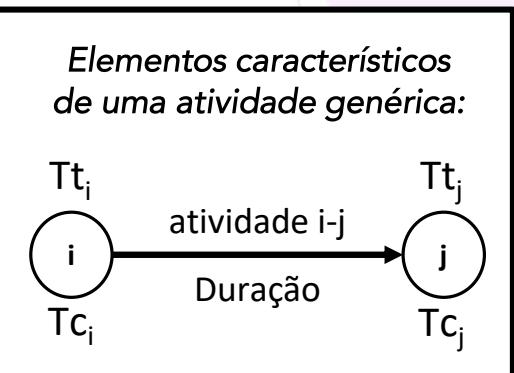
- O caminho crítico é o conjunto das atividades críticas;
- Atividades críticas unem os eventos críticos ($Tc = Tt$);
- **É o caminho mais longo entre o início e o fim do projeto;**
- Eventos críticos não possuem flexibilidade temporal (folga);
- Uma atividade-fantasma pode ser crítica;
- O caminho crítico pode ter mais de um ramo.

Atividades Críticas:

- Se atrasarem, atrasam o projeto.
- Se forem adiantadas, podem adiantar o projeto.



Tópicos de Engenharia
Prof. Guilherme Venturim



| CÓDIGO | ATIVIDADE | PREDECESSORAS | DURAÇÃO (DIAS) |
|--------|--------------------------|---------------|----------------|
| A | Limpeza do terreno | - | 1 |
| B | Locação da fundação | A | 1 |
| C | Escavação da fundação | B | 3 |
| D | Montagem das formas | C | 2 |
| E | Fornecimento do aço | - | 5 |
| F | Preparação da armação | E | 4 |
| G | Colocação da armação | D, F | 4 |
| H | Mobilização da betoneira | - | 6 |
| I | Intalação da betoneira | A, H | 2 |
| J | Concretagem | G, I | 1 |

MÉTODO DAS FLECHAS

Tempo Mais Cedo (Tc) ou Data Mais Cedo (DMC) de um evento:

Máximo valor obtido da soma da duração das atividades que a ele chegam, com o Tempo Mais Cedo de seus respectivos eventos de origem.

- **Calculado no sentido cronológico da rede (passada para frente ou para a direita).**

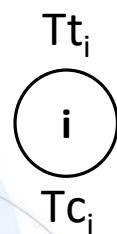
$$Tc_{evento} = \max (Tc_{evento\ predecessor} + D_{atividade\ predecessor})$$

Tempo Mais Tarde (Tt) ou Data Mais Tarde (DMT) de um evento:

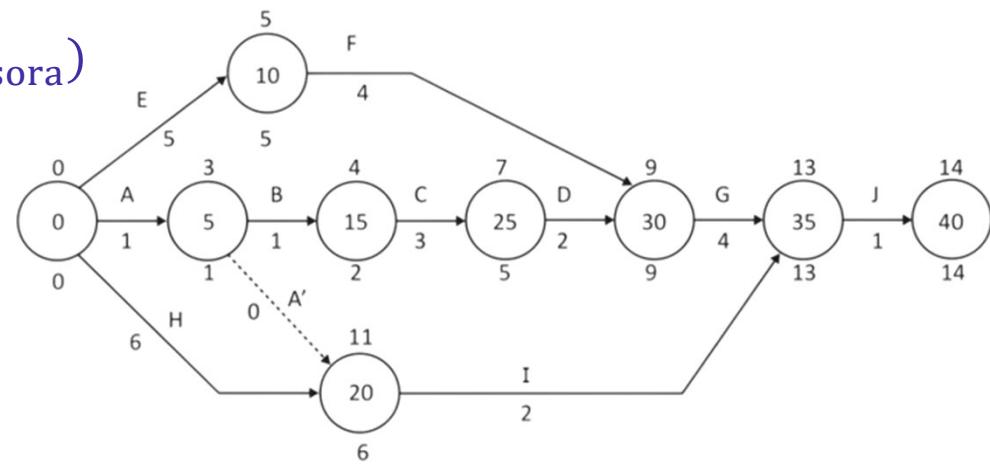
Mínimo valor obtido da subtração da duração das atividades que saem dele, do Tempo Mais Tarde dos eventos a que eles se destinam.

- **Calculado de trás pra frente (ordem/passada reversa).**

$$Tt_{evento} = \min (Tt_{evento\ sucessor} - D_{atividade\ sucessora})$$

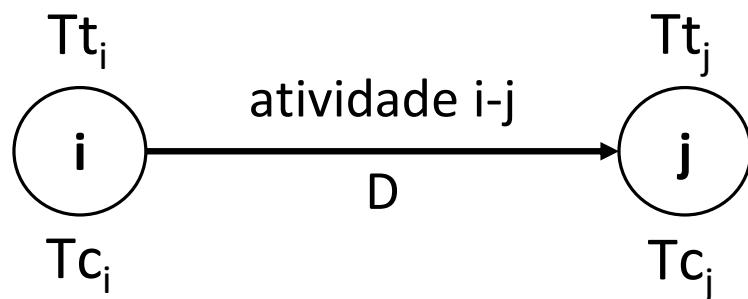


Evento Crítico:
 $Tt = Tc$



FOLGAS - MÉTODO DAS FLECHAS

- A atividade $i-j$ não pode começar antes de Tc_i
- A atividade $i-j$ não deve terminar depois de Tt_i para não atrasar o projeto.



- **Sempre: $FL \leq FT$**
- Para atividades críticas: $FL = 0$
- Toda atividade crítica tem FL nula, mas nem todas FL nula é crítica.

Folga Total (FT) – representa a quantidade de dias que a atividade pode atrasar **sem comprometer o prazo total da rede**.

Folga Livre (FL) – representa a quantidade de dias que a atividade pode atrasar **sem comprometer o início mais cedo se suas sucessoras**.

$$\longrightarrow FT = Tt_j - (Tc_i + D)$$

$$\longrightarrow FL = Tc_j - (Tc_i + D)$$

MÉTODO DOS BLOCOS (PDM)

- A barra de início do diagrama é única;
- O início de uma atividade só pode ocorrer quando todas ligadas a ela forem concluídas;
- As flechas saem de uma atividade e levam a suas sucessoras e apenas a elas;
- A barra de fim do diagrama é única.

Arranjo usual:

| | |
|-----|-----|
| ID | D |
| PDI | PDT |
| UDI | UDT |
| FT | FL |

ID – Identificação (nº ou descrição)

D – Duração

PDI – Primeira data de início

PDT – Primeira data de término

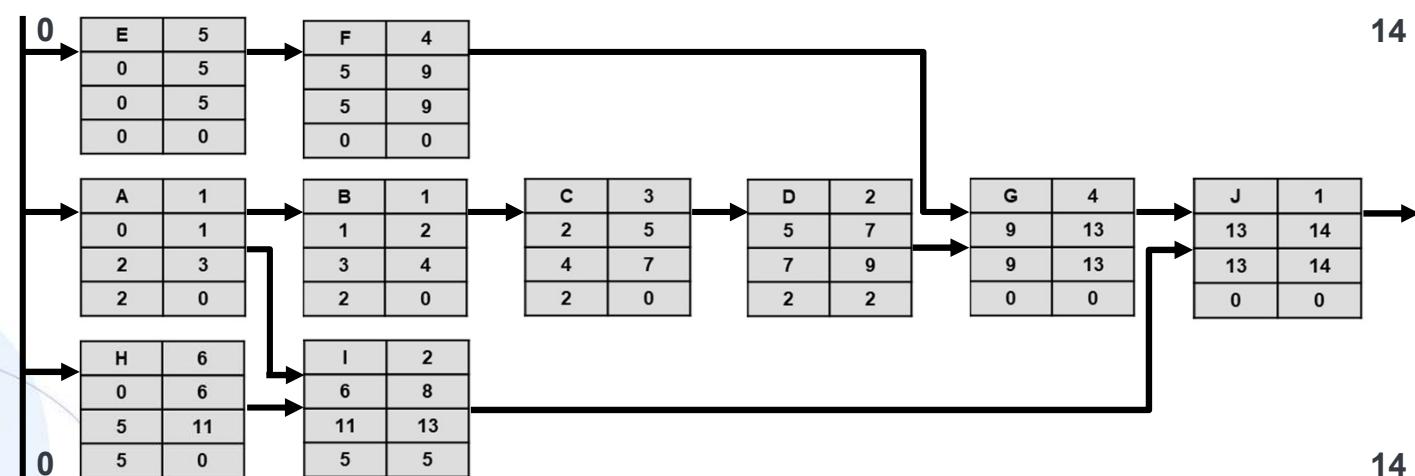
UDI – Última data de início

UDT – Última data de término

FT – Folga total

FL – Folga livre

| CÓDIGO | ATIVIDADE | PREDECESSORAS | DURAÇÃO (DIAS) |
|--------|--------------------------|---------------|----------------|
| A | Limpeza do terreno | - | 1 |
| B | Locação da fundação | A | 1 |
| C | Escavação da fundação | B | 3 |
| D | Montagem das formas | C | 2 |
| E | Fornecimento do aço | - | 5 |
| F | Preparação da armação | E | 4 |
| G | Colocação da armação | D, F | 4 |
| H | Mobilização da betoneira | - | 6 |
| I | Intalação da betoneira | A, H | 2 |
| J | Concretagem | G, I | 1 |



MÉTODO DOS BLOCOS (PDM)

O cálculo da rede tem os registros feitos nos próprios blocos que representam atividades.

ID – Identificação
(nº ou descrição)

D – Duração

PDI – Primeira
data de início

PDT – Primeira
data de término

| | |
|------------|------------|
| ID | D |
| PDI | PDT |
| UDI | UDT |
| FT | FL |

UDI – Última
data de início

UDT – Última
data de término

FT – Folga total

FL – Folga livre

- Passada para frente:

$$PDI = \max(PDT_{predecessora})$$

$$PDT = PDI + D$$

- Passada reversa:

$$UDT = \min(UDI_{sucessora})$$

$$UDI = UDT - D$$

- **Folga Total (FT)** – representa a quantidade de dias que a atividade pode atrasar sem comprometer o prazo total da rede.

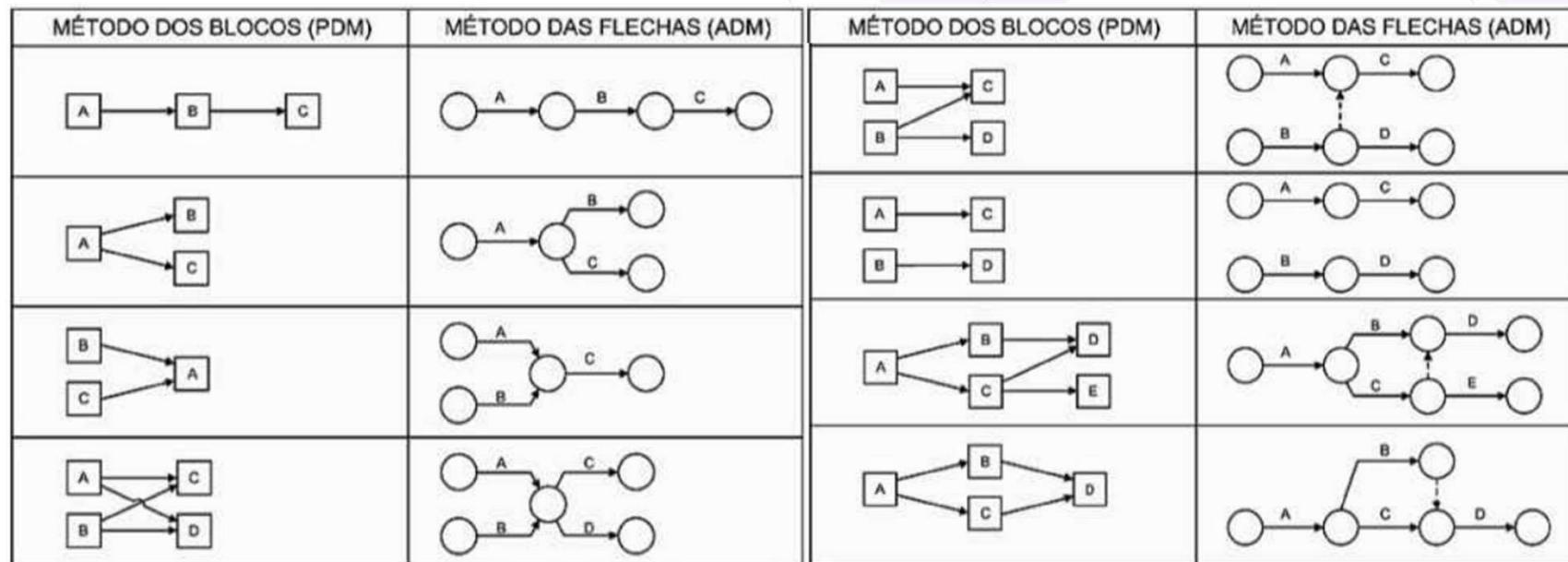
$$FT = UDI - PDI \rightarrow (ou UDT - PDT)$$

- **Folga Livre (FL)** – representa a quantidade de dias que a atividade pode atrasar sem comprometer o início mais cedo se suas sucessoras.

$$FL = \min(PDI_{sucessora} - PDT)$$

Caminho crítico: aquele em que suas atividades têm as **datas mais cedo iguais às datas mais tarde (folga nula)**.

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS (ADM e PDM)



| Aspecto | Método das Flechas (ADM) | Método dos Nós (PDM) |
|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| Atividade | Flecha | Bloco |
| Evento | Círculo (nó) | ----- |
| Atividade-fantasma | Pode existir | ----- |
| Quantidade de atividades | Maior (admite fantasmas) | Menor |
| Ligações com defasagem | Não admite | Admite |
| Facilidade de traçar | Menor | Maior |
| Outras denominações | ADM, AOA | PDM, AON |

(CGE-SC) Assinale a opção que indica um aspecto que deve ser eliminado, quando ocorrer, durante a realização do planejamento do sequenciamento de atividades de uma obra.

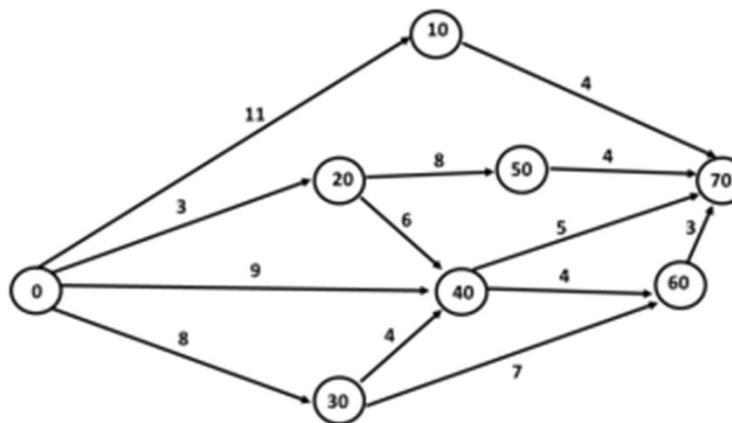
- a) Atividade que não possui atividade antecessora.
- b) Atividade que não possui atividade predecessora.
- c) Ausência de folga para realização de determinada atividade.
- d) Existência de caminhos críticos.
- e) Existência de circularidade.

(CGE-SC) Assinale a opção que indica um aspecto que deve ser eliminado, quando ocorrer, durante a realização do planejamento do sequenciamento de atividades de uma obra.

- a) Atividade que não possui atividade antecessora.
- b) Atividade que não possui atividade predecessora.
- c) Ausência de folga para realização de determinada atividade.
- d) Existência de caminhos críticos.
- e) **Existência de circularidade.**

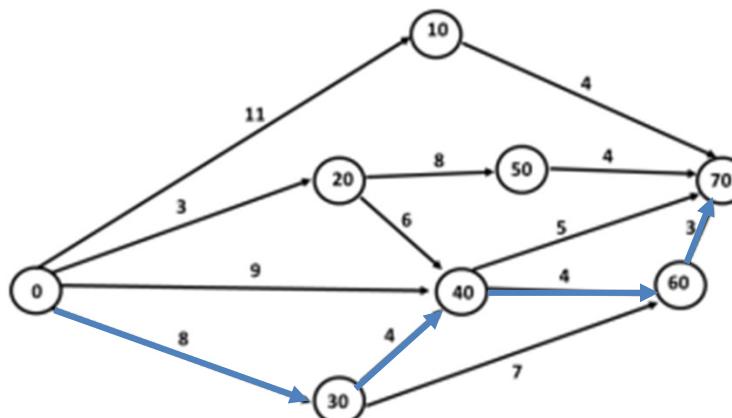
(MPE-SC) O Program Evaluation and Review Technique / Critical Path Method (PERT/CPM) é muito utilizado no controle de obras. A figura mostra uma rede onde as atividades, representadas por setas, possuem duração em dias corridos indicada pelo número no centro da seta. Os círculos mostram as incidências de início e término das atividades e o projeto se inicia em 0 e termina em 70. O caminho crítico da rede apresentada na figura é:

- a) 0 - 20 - 50 - 70;
- b) 0 - 20 - 40 - 60 - 70;
- c) 0 - 30 - 60 - 70;
- d) 0 - 30 - 40 - 60 - 70;
- e) 0 - 30 - 40 - 70.



(MPE-SC) O Program Evaluation and Review Technique / Critical Path Method (PERT/CPM) é muito utilizado no controle de obras. A figura mostra uma rede onde as atividades, representadas por setas, possuem duração em dias corridos indicada pelo número no centro da seta. Os círculos mostram as incidências de início e término das atividades e o projeto se inicia em 0 e termina em 70. O caminho crítico da rede apresentada na figura é:

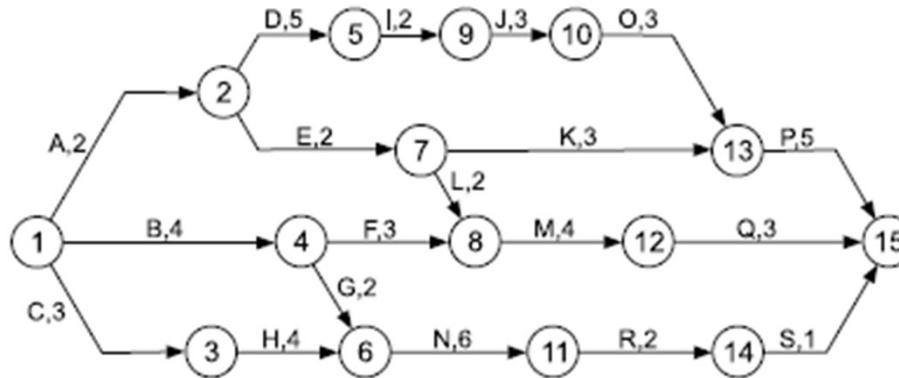
- a) 0 - 20 - 50 - 70;
- b) 0 - 20 - 40 - 60 - 70;
- c) 0 - 30 - 60 - 70;
- d) 0 - 30 - 40 - 60 - 70;
- e) 0 - 30 - 40 - 70.



Caminho Crítico: 0 - 30 - 40 - 60 - 70 = 19 dias

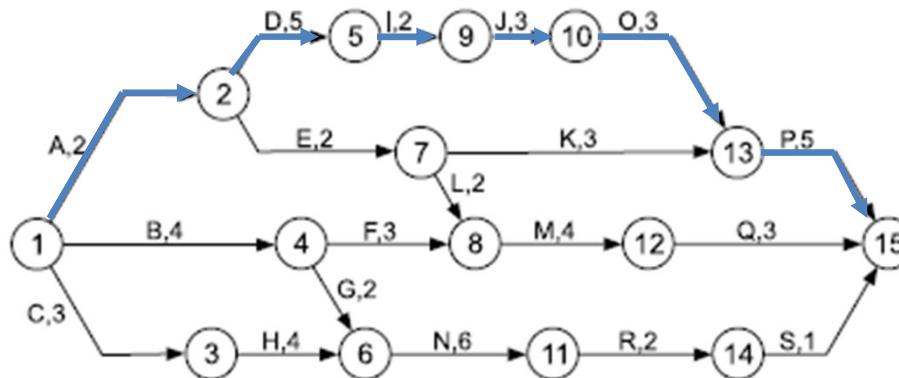
(EBSERH) A reforma de um hospital foi planejada segundo o cronograma PERT-CPM a seguir, no qual as atividades são representadas por letras, seguidas de suas durações em dias. O tempo de conclusão dessa reforma, em dias, é

- a) 16.
- b) 20.
- c) 45.
- d) 60.
- e) 90.



(EBSERH) A reforma de um hospital foi planejada segundo o cronograma PERT-CPM a seguir, no qual as atividades são representadas por letras, seguidas de suas durações em dias. O tempo de conclusão dessa reforma, em dias, é

- a) 16.
- b) 20.
- c) 45.
- d) 60.
- e) 90.



Caminho Crítico: $1 \rightarrow 2 \rightarrow 5 \rightarrow 9 \rightarrow 10 \rightarrow 13 \rightarrow 15$

Caminho Crítico: $2 + 5 + 2 + 3 + 3 + 5 = 20$ dias

(FIOCRUZ) Num diagrama de rede de atividades, a relação entre a primeira data de início (PDI), primeira data de término (PDT) e a duração (D) de uma atividade é:

- a) $PDI = PDT - D$
- b) $PDI = PDT * D$
- c) $PDI = PDT + D$
- d) $PDT = PDI - D$
- e) $PDT = PDI + D$

(FIOCRUZ) Num diagrama de rede de atividades, a relação entre a primeira data de início (PDI), primeira data de término (PDT) e a duração (D) de uma atividade é:

- a) $PDI = PDT - D$
- b) $PDI = PDT * D$
- c) $PDI = PDT + D$
- d) $PDT = PDI - D$
- e) $PDT = PDI + D$

CESPE/CEBRASPE

(TRE-RJ) Julgue os itens subsecutivos, referentes à fiscalização de obras.

A atividade fantasma em uma rede PERT-CPM é uma atividade física e refere-se a um recurso necessário de diagramação sem valor lógico.

- a) CERTO
- b) ERRADO

(SEFIN - Fortaleza/CE) No que se refere a programação de obras e a seu cronograma executivo, julgue o item subseqüente.

O caminho crítico é composto exclusivamente de atividades críticas.

- a) CERTO
- b) ERRADO

CESPE/CEBRASPE

(TRE-RJ) Julgue os itens subsecutivos, referentes à fiscalização de obras.

A atividade fantasma em uma rede PERT-CPM é uma atividade física e refere-se a um recurso necessário de diagramação sem valor lógico.

- a) CERTO
- b) ERRADO

(SEFIN - Fortaleza/CE) No que se refere a programação de obras e a seu cronograma executivo, julgue o item subsequente.

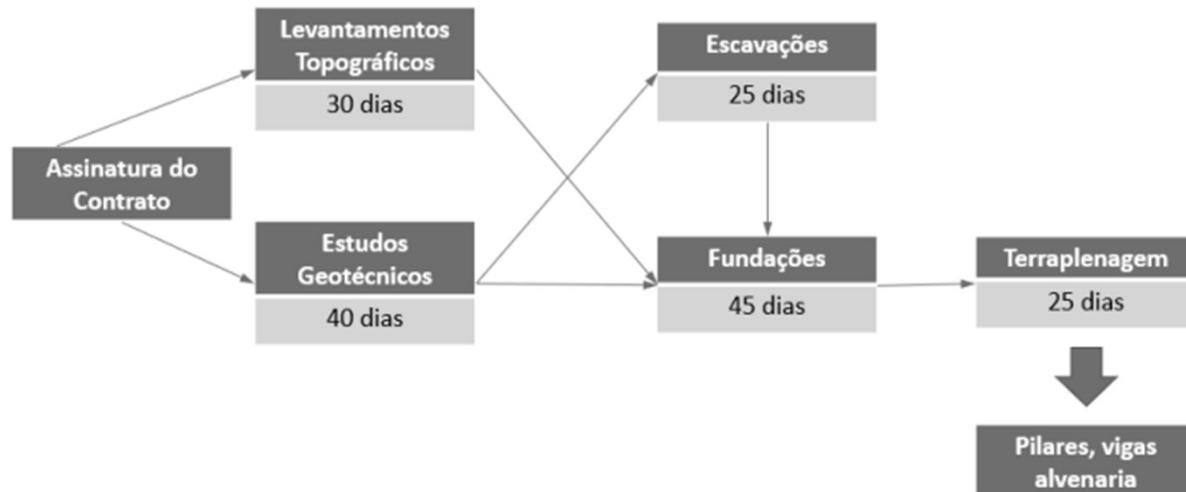
O caminho crítico é composto exclusivamente de atividades críticas.

- a) CERTO
- b) ERRADO

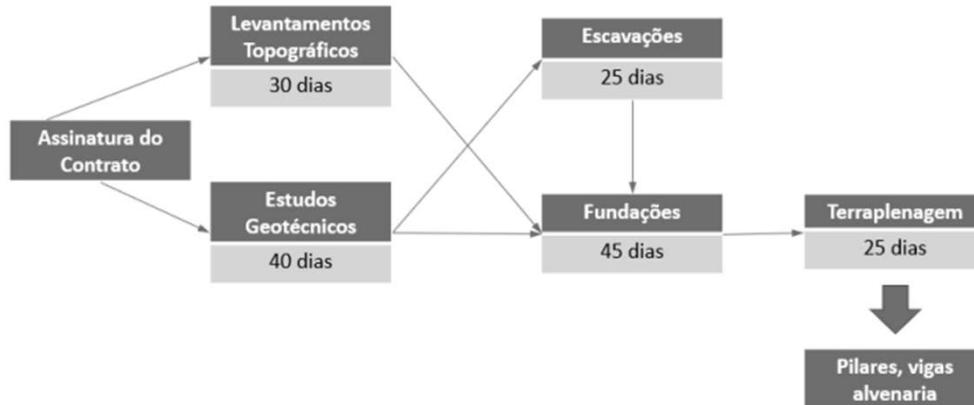
FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS

(AL-MA) Um engenheiro deve gerir a produção de uma obra, cujo esquema de dependência das atividades, até a fase de levantamento da estrutura visível em si, é mostrado a seguir. Considerando que a realização das atividades irá durar exatamente o tempo indicado em cada caixa, o máximo atraso que a etapa de levantamentos topográficos pode sofrer sem comprometer o cronograma da obra é de:

- a) 10 dias
- b) 15 dias
- c) 20 dias
- d) 30 dias
- e) 35 dias



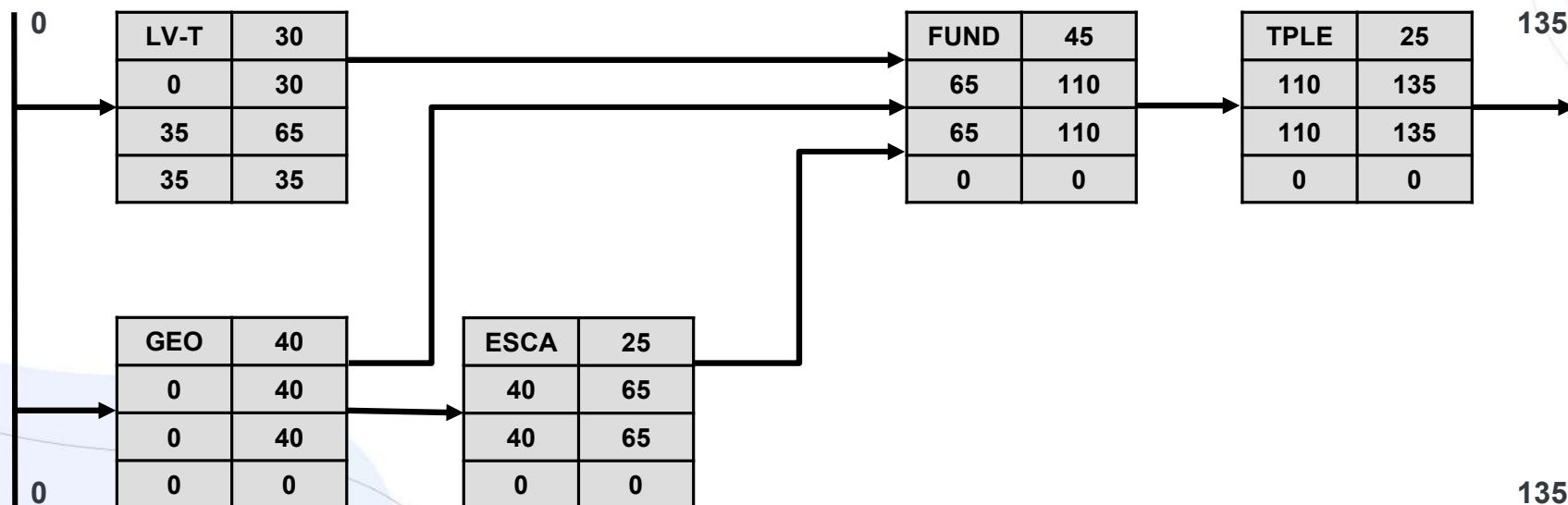
FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS



Arranjo usual:

| ID | D |
|-----|-----|
| PDI | PDT |
| UDI | UDT |
| FT | FL |

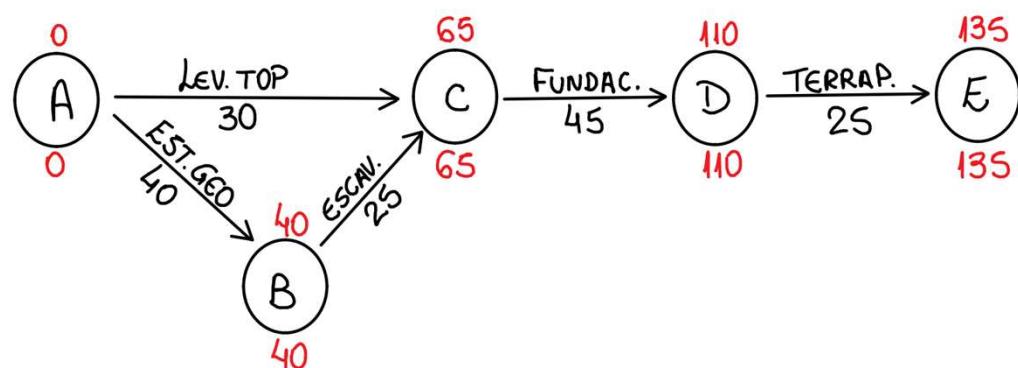
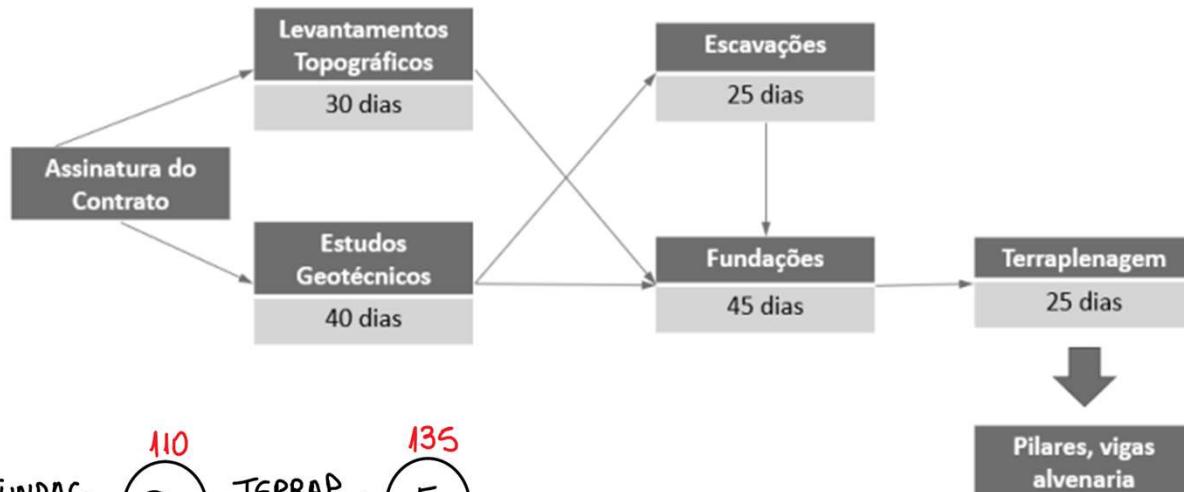
- ID – Identificação (nº ou descrição)
 D – Duração
 PDI – Primeira data de início
 PDT – Primeira data de término
 UDI – Última data de início
 UDT – Última data de término
 FT – Folga total
 FL – Folga livre



FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS

(AL-MA) Um engenheiro deve gerir a produção de uma obra, cujo esquema de dependência das atividades, até a fase de levantamento da estrutura visível em si, é mostrado a seguir. Considerando que a realização das atividades irá durar exatamente o tempo indicado em cada caixa, o máximo atraso que a etapa de levantamentos topográficos pode sofrer sem comprometer o cronograma da obra é de:

- a) 10 dias
- b) 15 dias
- c) 20 dias
- d) 30 dias
- e) 35 dias



$$FT = DMT_{sucessora} - (DMC_{predecessora} + duração)$$

$$FT = 65 - (0 + 30) = 35 \text{ dias}$$

(ELETROBRAS-ELETRONUCLEAR) Considere o seguinte Quadro de sequenciação composto de seis atividades, para a montagem de uma rede PERT, no qual a data mais tarde do caminho crítico é a data limite para o cálculo de eventuais folgas. A data de término do projeto é a data

- a) 13
- b) 11
- c) 9
- d) 8
- e) 7

| Atividade imediatamente antes | Atividade | | Atividade imediatamente depois |
|-------------------------------|-----------|---------|--------------------------------|
| | Nome | Duração | |
| - | T1 | 3 | T5 |
| - | T2 | 5 | T3, T4 |
| T2 | T3 | 3 | T6 |
| T2 | T4 | 8 | - |
| T1 | T5 | 3 | - |
| T3 | T6 | 1 | - |

(ELETROBRAS-ELETRONUCLEAR) Considere o seguinte Quadro de sequenciação composto de seis atividades, para a montagem de uma rede PERT, no qual a data mais tarde do caminho crítico é a data limite para o cálculo de eventuais folgas. A data de término do projeto é a data

- a) 13
- b) 11
- c) 9
- d) 8
- e) 7

| Atividade imediatamente antes | Atividade | | Atividade imediatamente depois |
|-------------------------------|-----------|---------|--------------------------------|
| | Nome | Duração | |
| - | T1 | 3 | T5 |
| - | T2 | 5 | T3, T4 |
| T2 | T3 | 3 | T6 |
| T2 | T4 | 8 | - |
| T1 | T5 | 3 | - |
| T3 | T6 | 1 | - |

