

Resumo das diferenças básicas entre os sistemas de produção *Job Shop* e *Flow Shop* de produção com fluxo intermitente.

Quadro – Regras básicas entre os sistemas *Job shop* e *Flow shop*

<i>JOB SHOP</i>	<i>FLOW SHOP</i>
Opera em lotes.	Opera em um fluxo de materiais e peças.
Varia a produção variando o tamanho dos lotes ou frequência dos lotes.	Varia a produção alterando a taxa de produção.
Tende a ter custos maiores de <i>setup</i> .	Tende a ter custos menores de <i>setup</i> .
Materiais são trazidos para os departamentos ou centros de trabalho onde cada operação é realizada. Filas nos centros de trabalho são maiores.	As operações de tipos diferentes são sequenciadas de modo que o fluxo seja mantido. Filas são pequenas e variações têm que ser acompanhadas.
Utilização de equipamentos de uso geral.	Utilização de equipamentos de uso especializado (dedicado).

Fonte: adaptado de Fernandes e Godinho Filho (2010).

SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Classificação e definição dos principais tipos de sistemas de Produção

Flow Shop versus Job Shop

LAYOUT EM FLUXO (FLOW SHOP)	LAYOUT FUNCIONAL (JOB SHOP)
Produtos similares	Muitos produtos
Alto volume	Baixo volume
Fluxo linear	Fluxo irregular
Ciclo rápido (<i>lead time</i>)	<i>Lead times</i> altos
Baixo custo unitário de produção	Maior dificuldade de programação e controle

SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Classificação e definição dos principais tipos de sistemas de Produção

- A Figura ilustra a complexidade e o tempo de produção de acordo com o tipo de produção (classificada em função do tamanho do lote).

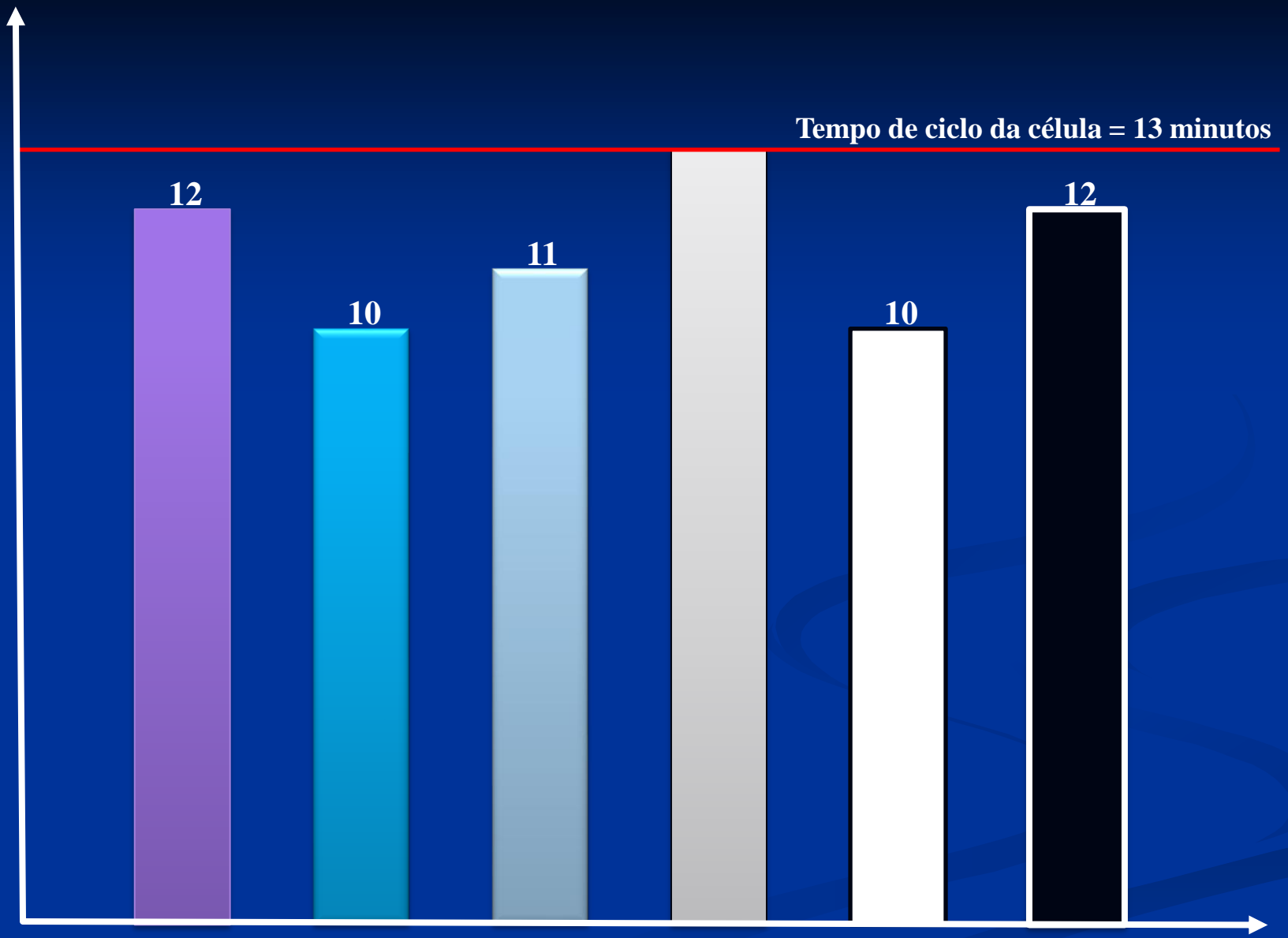


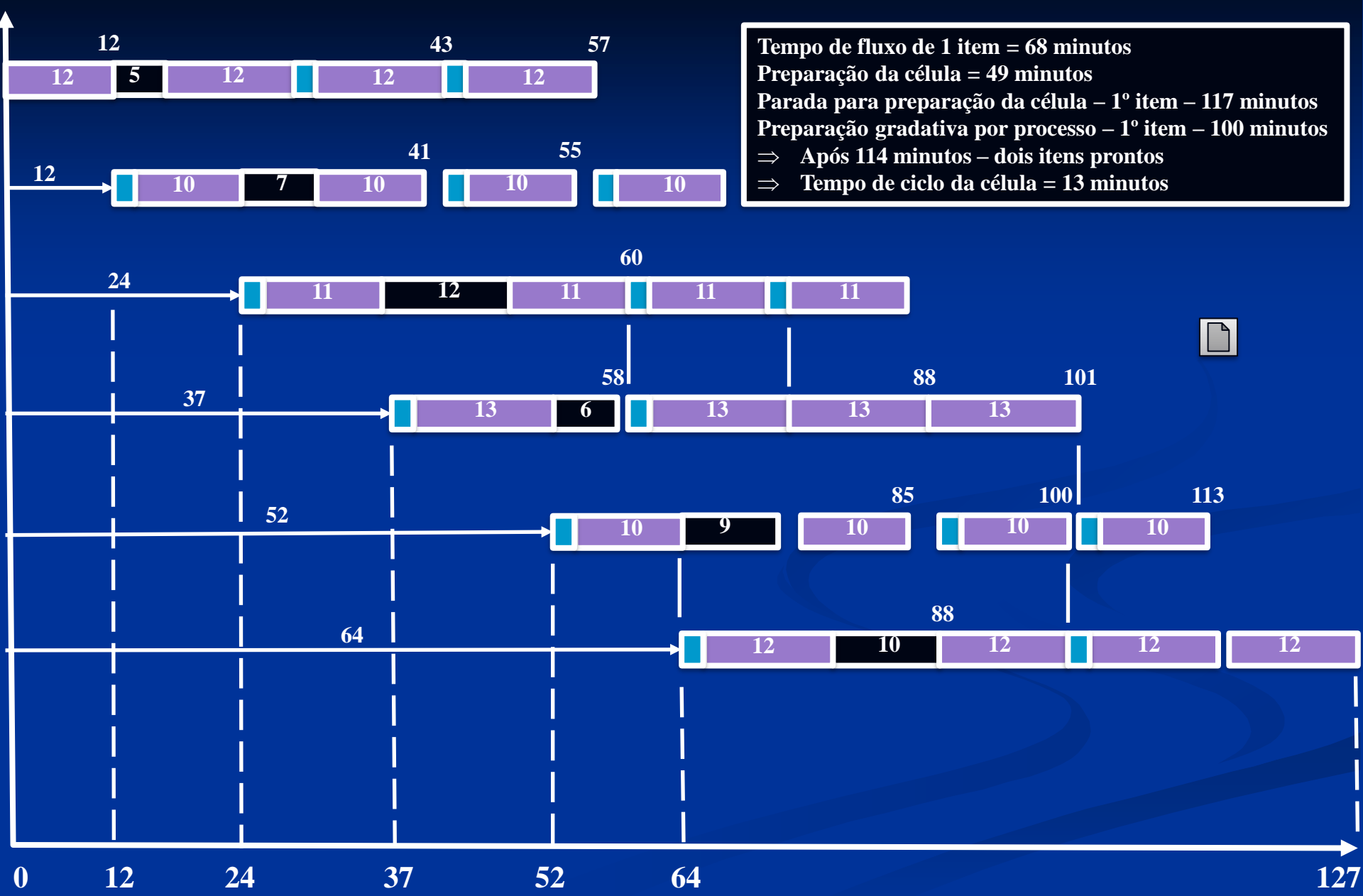
Projeto e Operação de Sistemas de Produção

Níveis de repetição dos sistemas de produção discretos	Diversificação	Distinção
Produção em massa	Inexistente (produto único)	Baixa/Média
Repetitivo	Baixa	Média/Alta
Semi repetitivo	Média	Alta
Não repetitivo	Alta	Alta

Célula de manufatura – balanceamento da produção







CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

FERNANDES & TAHARA (1996)

- 1) Sistema de produção contínuo puro;
- 2) Sistema de produção em massa (representado pelo *Flow-shop*). Ford propôs este termo em seu artigo de 1926 para a *Encyclopedia Britannica*, “*Mass Production*” (13ª edição, Supl. Vol. 2, pp. 821-823). Muitos outros nessa época denominavam suas técnicas de “fordismo”;
- 3) Sistema de produção repetitivo (representado pela manufatura celular em que o padrão de fluxo é *Flow-shop*);
- 4) Sistema de produção semi repetitivo (representado pela manufatura celular em que o padrão de fluxo é *Job-shop*);
- 5) Sistema de produção não repetitivo (representado pelo *Job-shop*);
- 6) Sistema grande projeto.

EXEMPLOS

Planejamento e Controle da Produção

Flávio César Faria Fernandes

Moacir Godinho Filho

Exemplo	SISTEMAS DE PRODUÇÃO			
	CONTÍNUOS P/ESTOQUE	CONTÍNUOS POR ENCOMENDA	INTERMITENTE P/ESTOQUE	INTERMITENTE POR ENCOMENDA
Cimento	X			
Televisores	X			
Fertilizantes	X			
Componentes eletrônicos		X		
Produtos têxteis	Meias	Embalagens		
Instrumentos odontológicos			X	
Peças de reposição			X	
Máquinas ferramentas				X
Usinas nucleares				X

SISTEMA DE PRODUÇÃO INTERMITENTE (FLUXO DE MATERIAIS INTERMITENTE)

- Segundo MOREIRA (1996) trata-se da produção realizada em lotes. Ao término da fabricação do lote de um produto, outros produtos tomam o seu lugar nas máquinas. O produto realizado em um determinado momento só voltará a ser feito depois de algum tempo, caracterizando-se assim uma produção intermitente de cada um dos produtos. Caso o cliente apresente seu próprio projeto de produto, devendo a empresa fabricá-lo segundo essas especificações, caracteriza a produção intermitente por encomenda.

Arranjo Físico

LAYOUT

Arranjo Físico

1) Linha de Produção

Por Produto – Fluxo Linear

2) Funcional

Por Processo – “*job shop*” – por processo

3) Manufatura Celular

Tecnologia de Grupo (TG)

4) Posicional – Posição Fixa

5) Misto – Híbrido

Linha de Produção

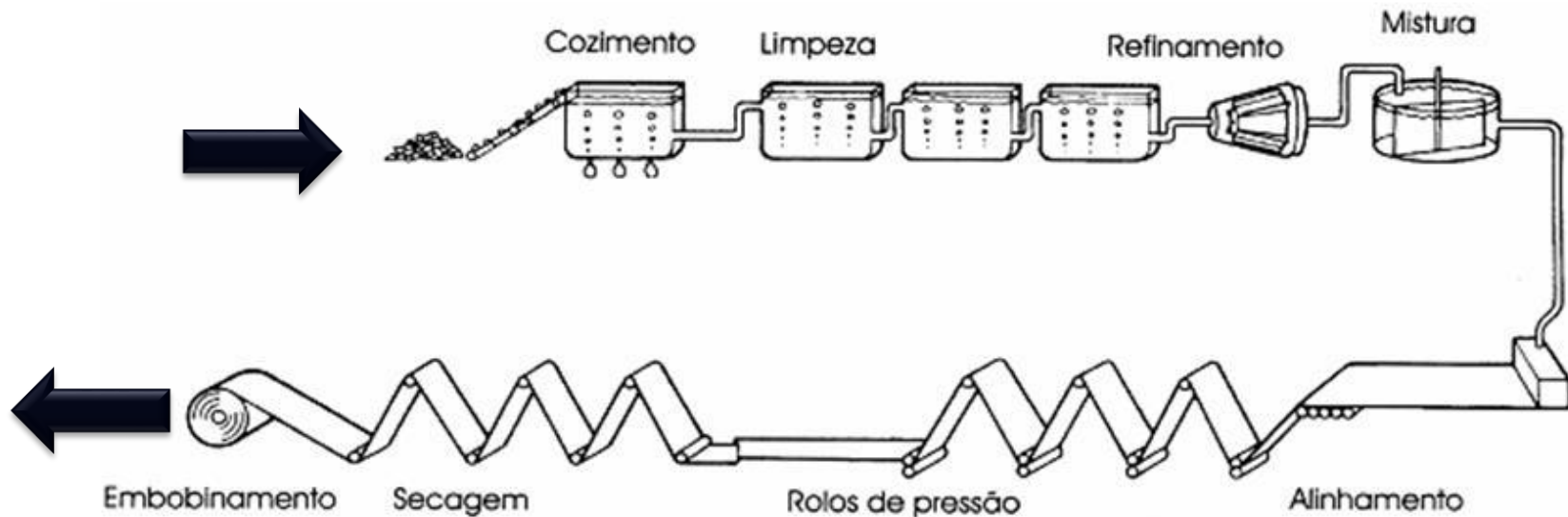
Fluxo Linear

TIPOS BÁSICOS DE ARRANJO FÍSICO

Por Produto - de Fluxo - Linear - Linha de Produção

SLACK, Nigel, Administração da produção (2008))

As máquinas e equipamentos estão dispostos de acordo com as etapas progressivas pelas quais o produto é feito. O material, sob a forma de matéria prima, caminha de uma operação à outra, percorrendo equipamentos colocados próximos uns dos outros, dispostos segundo o diagrama de fabricação do Produto.



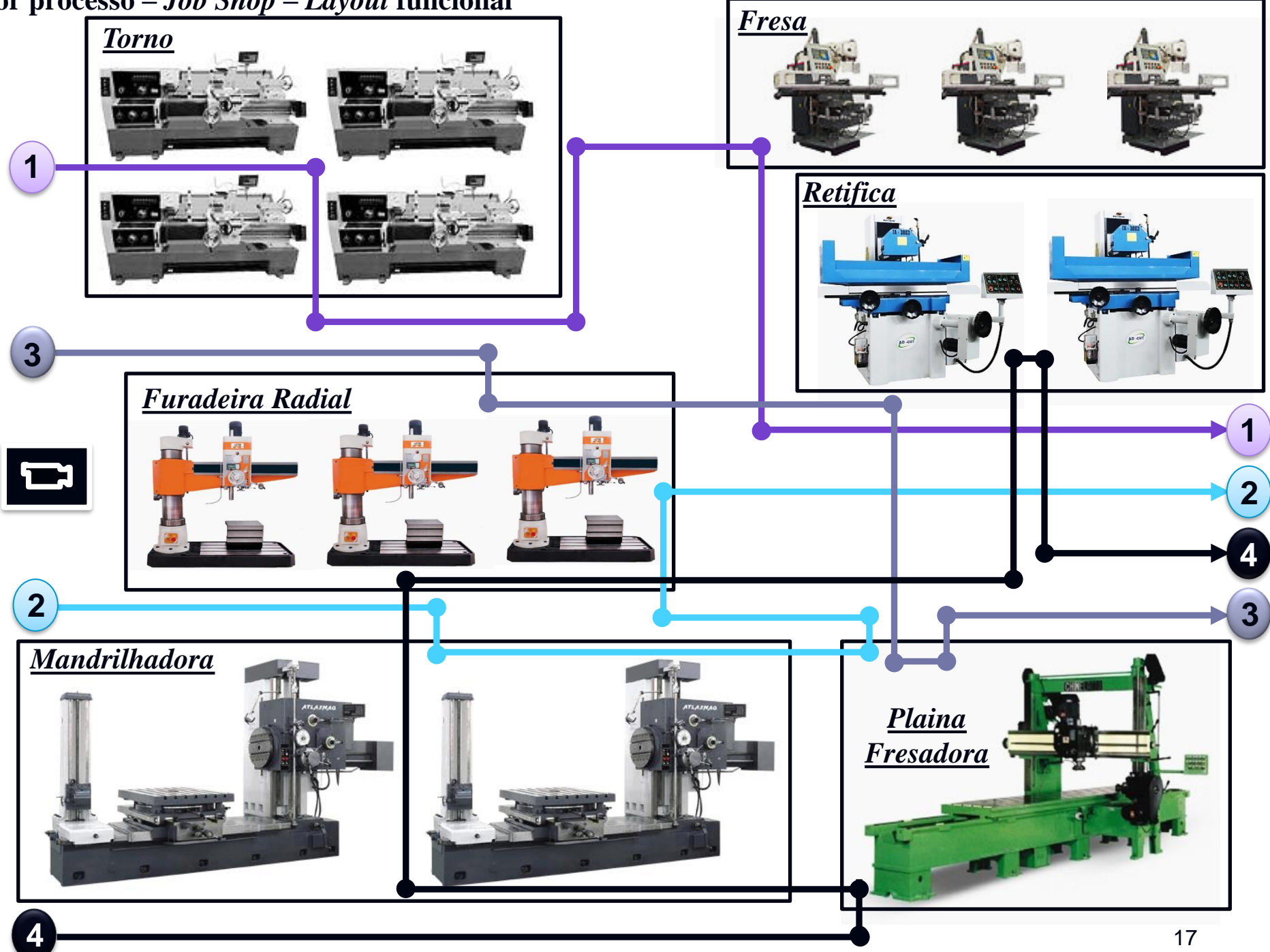
Fábrica de Papel com Arranjo Físico Por Produto

Por processo

Layout Funcional

Job Shop

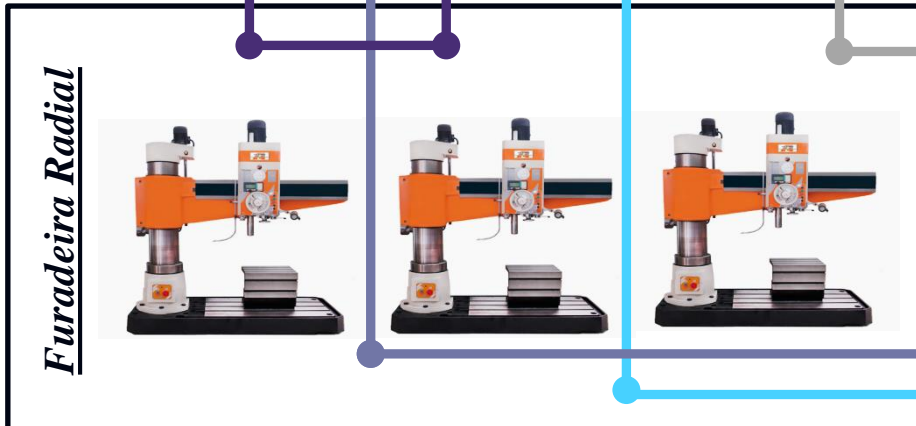
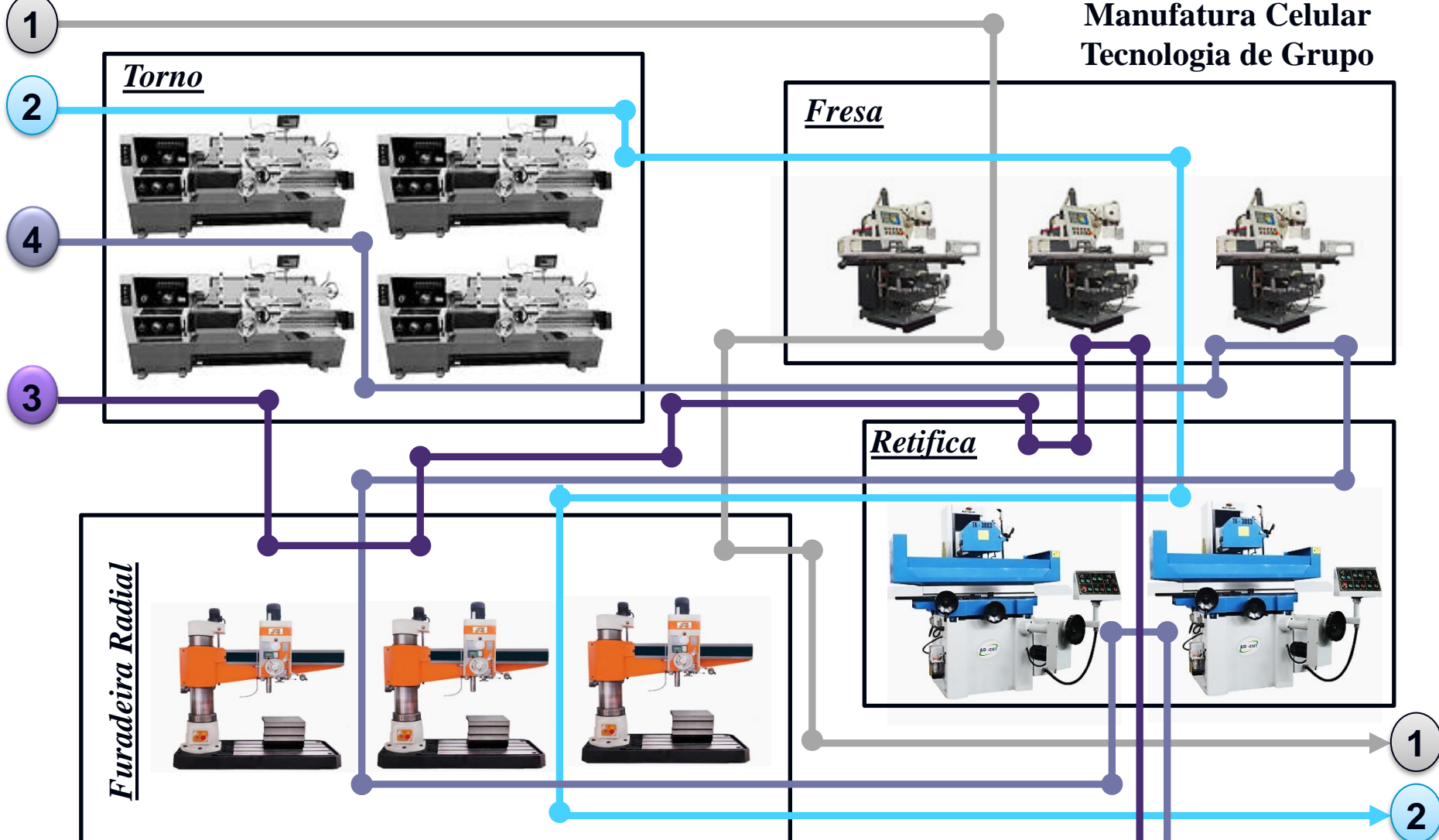
Por processo – Job Shop – Layout funcional



Manufatura Celular

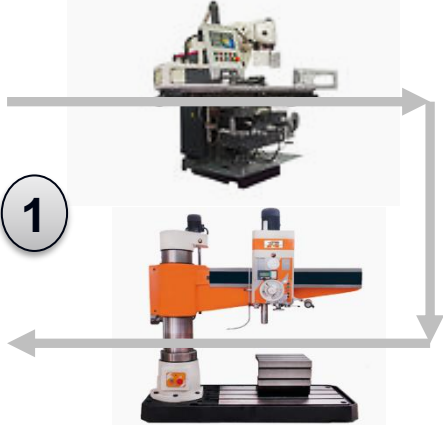
Tecnologia de Grupo

Manufatura Celular Tecnologia de Grupo

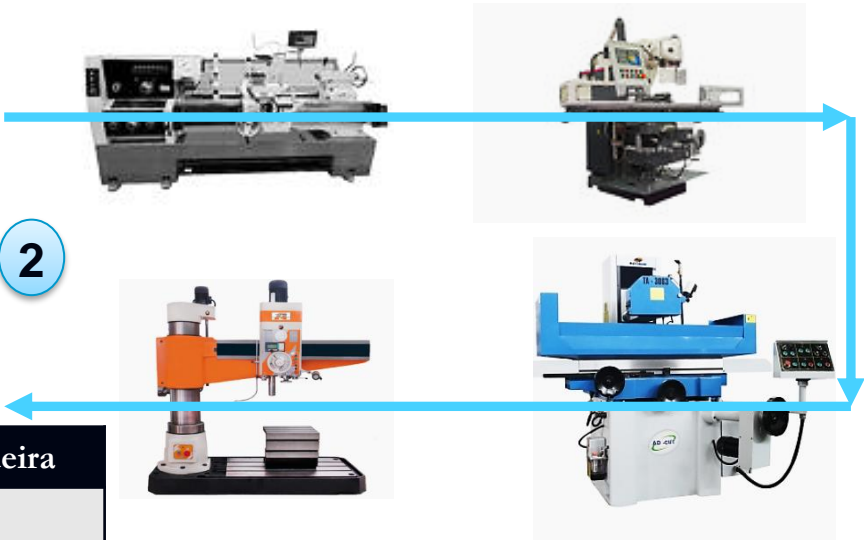


Produto	Torno	Fresa	Retifica	Furadeira
1		1		2
2	1	2	3	4
3	1	4	3	2
4	1	2	3 / 5	4

1



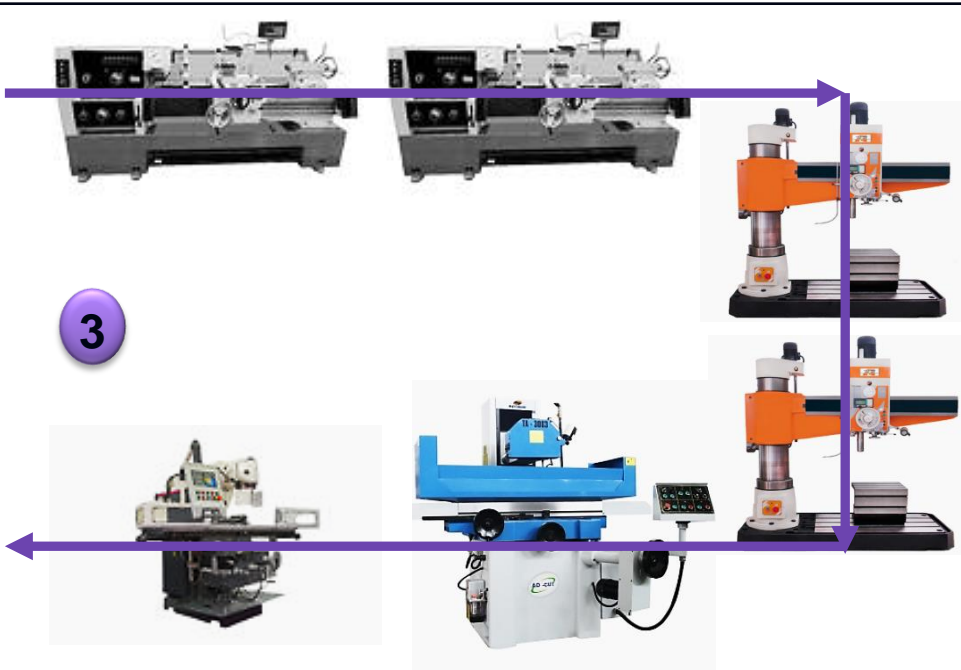
2



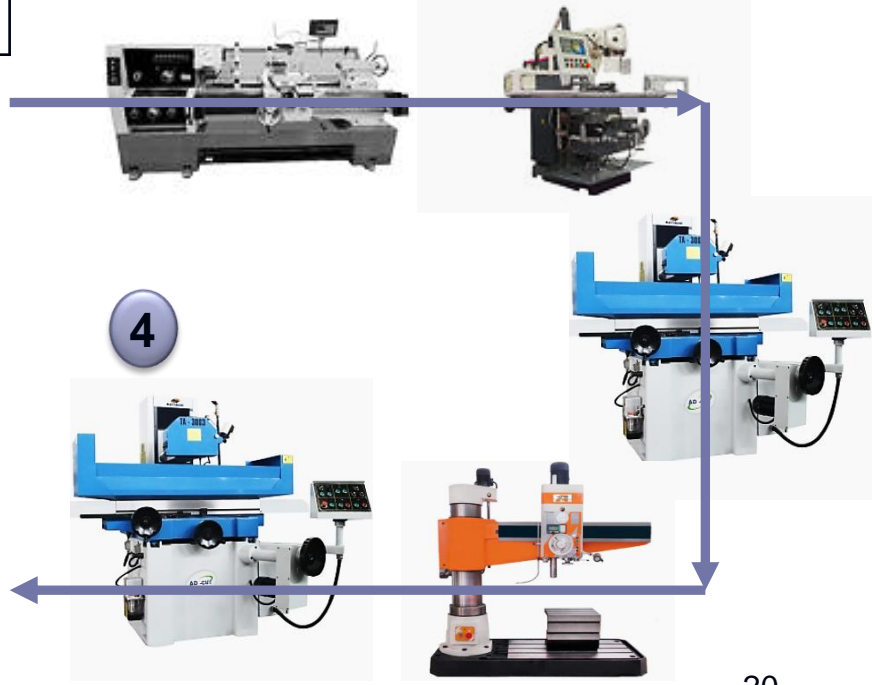
Produto	Torno	Fresa	Retifica	Furadeira
1		1		2
2	1	2	3	4
3	1	4	3	2
4	1	2	3 / 5	4

Manufatura Celular Tecnologia de Grupo

3



4



Posição Fixa

Layout

Híbrido. Fonte: Marcos P. Cassas

A maioria das instalações de manufatura usa uma combinação de mais de um tipo de arranjo físico. Como exemplo de arranjo físico híbrido considere a montagem final dos aviões comerciais da BOEING (modelos 737, 747, 757, 767 e 777). Durante a montagem final, cada unidade de aeronave é localizada num espaço de montagem de Posição Fixa. Entretanto, a cada 2 ou 3 dias, cada aeronave é retirada de seu espaço e empurrada até o espaço de montagem seguinte, onde diferentes tarefas de montagem são executadas. Deste modo, não obstante um avião ser montado durante 2 ou 3 dias numa localização fixa, ele percorre de 6 a 8 diferentes espaços de montagem, numa forma de arranjo físico Por Produto.



Híbrido. Fonte: Marcos P. Cassas



SISTEMAS DE PRODUÇÃO

PLANEJAMENTO E CONTROLE
DA PRODUÇÃO

Leonardo Lustosa

Marco A. Mesquista

Oswaldo Quelhas

Rodrigo Oliveira

Coleção ABEPRO

SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Classificação e definição dos principais tipos de sistemas de Produção

TIPO DE CLASSIFICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Grau de padronização dos produtos	<ol style="list-style-type: none">1) Produtos padronizados2) Produtos sob medida ou personalizados
Tipo de Operação	<ol style="list-style-type: none">1) Processos contínuos (larga escala)2) Processos discretos3) Repetitivos em massa (larga escala)4) Repetitivos em lote (<i>flow shop</i>, linha de produção)5) Por encomenda (<i>job shop</i>, <i>layout</i> funcional)6) Por projeto (unitária, <i>layout</i> posicional fixo)
Ambiente de Produção	<ol style="list-style-type: none">1) <i>Make to stock</i> (MTS)2) <i>Assemble to order</i> (ATO)3) <i>Make to order</i> (MTO)4) <i>Engineer to order</i> (ETO)
Fluxo dos processos	<ol style="list-style-type: none">1) Processos em linha2) Processos em lote3) Processos por Projetos
Natureza dos produtos	<ol style="list-style-type: none">1) Bens2) Serviços

CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO FLUXO DOS PROCESSOS

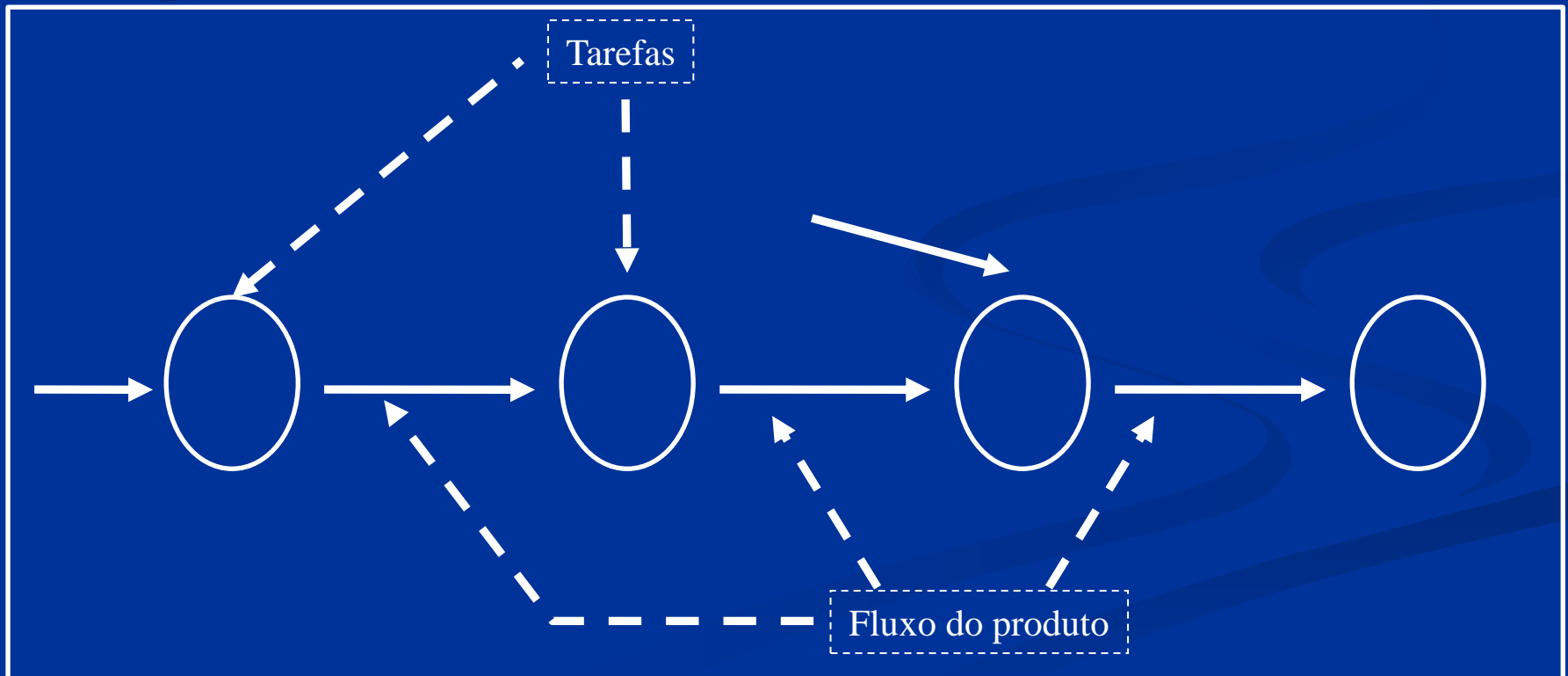
PROCESSOS EM LINHA

SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Classificação e definição dos principais tipos de sistemas de Produção

- Classificação quanto ao fluxo dos processos

Representação de um fluxo linear



SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Classificação e definição dos principais tipos de sistemas de Produção

- Os processos em linha se caracterizam por ter uma sequência de operações muito bem definida. As operações apresentam operações de precedência e operações subsequentes, de tal maneira que acompanham uma sequência linear, na qual pode-se encontrar também um fluxo lateral.
- Nas operações em linha, os produtos devem estar bem padronizados e devem fluir de uma operação a outra em uma sequência preestabelecida. Essas operações devem ser processadas de tal forma que uma não retarde as outras, podendo ser classificadas em dois tipos de produção: em massa e contínua. Como exemplo de produção em massa, podemos citar as linhas de montagem. A produção contínua refere-se àquela organização encontrada, por exemplo, em indústrias como a química e a de eletricidade.
- As operações em linha tradicionalmente são extremamente eficientes, mas também muito inflexíveis. A eficiência deve-se ao alto uso de tarefas padronizadas e também ao uso de equipamentos especializados.

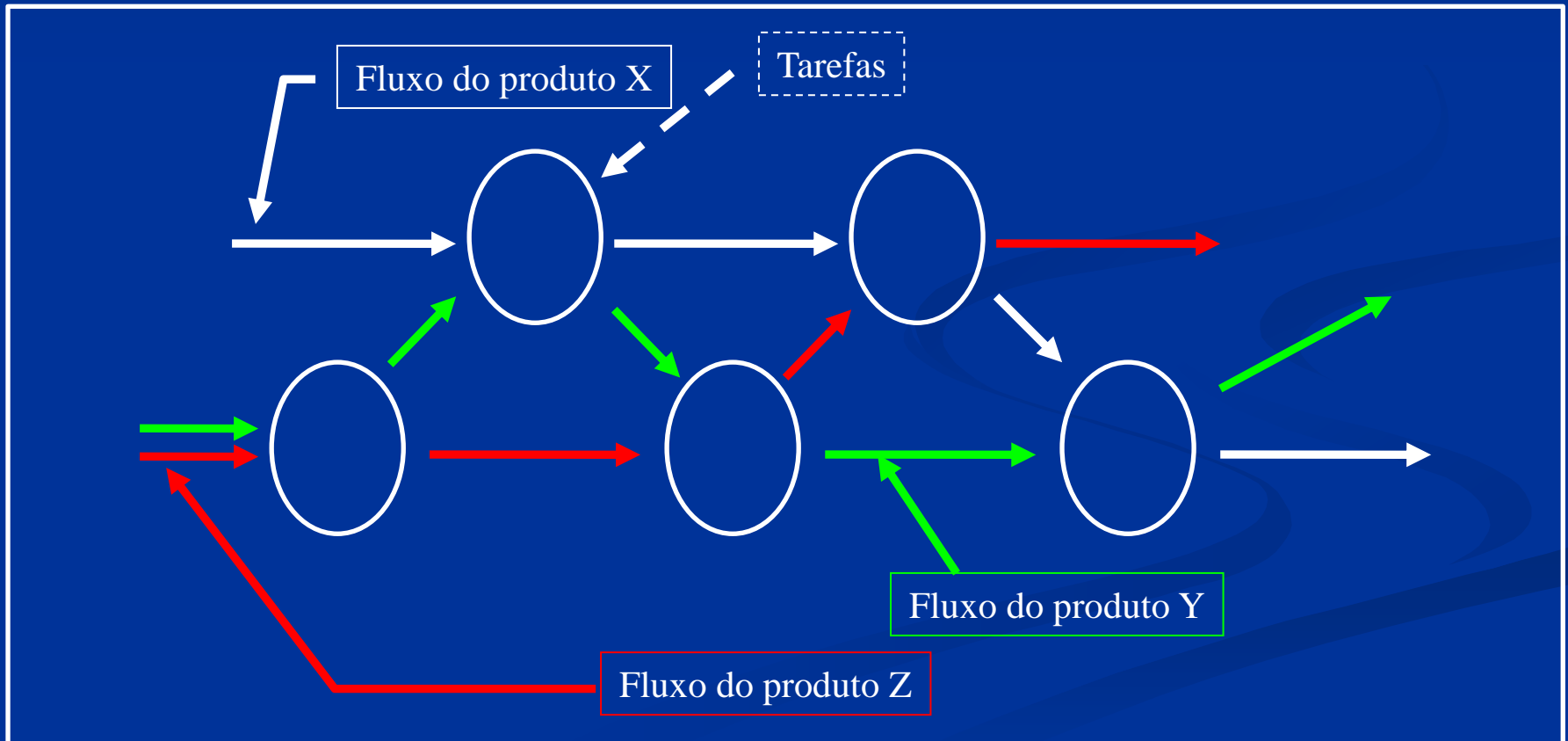
PROCESSOS EM LOTE

SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Classificação e definição dos principais tipos de sistemas de Produção

- Classificação quanto ao fluxo dos processos

Representação de um fluxo por lotes



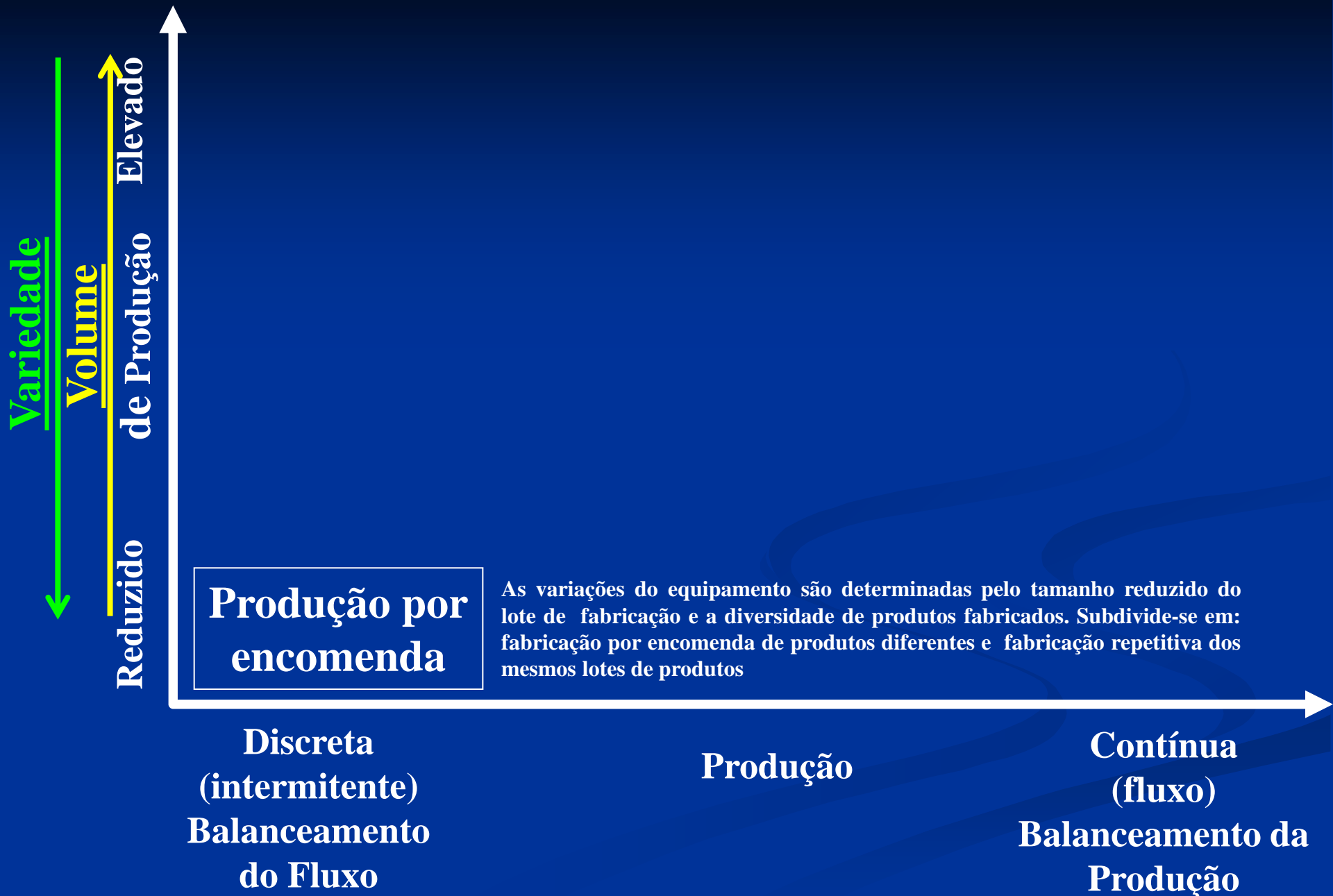
SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Classificação e definição dos principais tipos de sistemas de Produção

Os sistemas de produção em lotes se caracterizam por:

- 1) Criar uma grande variedade de produtos (produtos não padronizados), cada um podendo usar uma sequência própria de tarefas;
- 2) Fluxo intermitente;
- 3) Produção em lotes ou em intervalos;
- 4) Alta flexibilidade, devido à utilização de equipamento para propósitos gerais e mão de obra altamente qualificada;
- 5) Dificuldade de controle, devido ao fluxo desordenado, o que repercute negativamente sobre estoques e programas de qualidade;
- 6) Agrupar equipamentos similares e habilidades de trabalhos semelhantes;
- 7) Baixo volume de produção.

PROCESSOS POR PROJETOS EXEMPLO

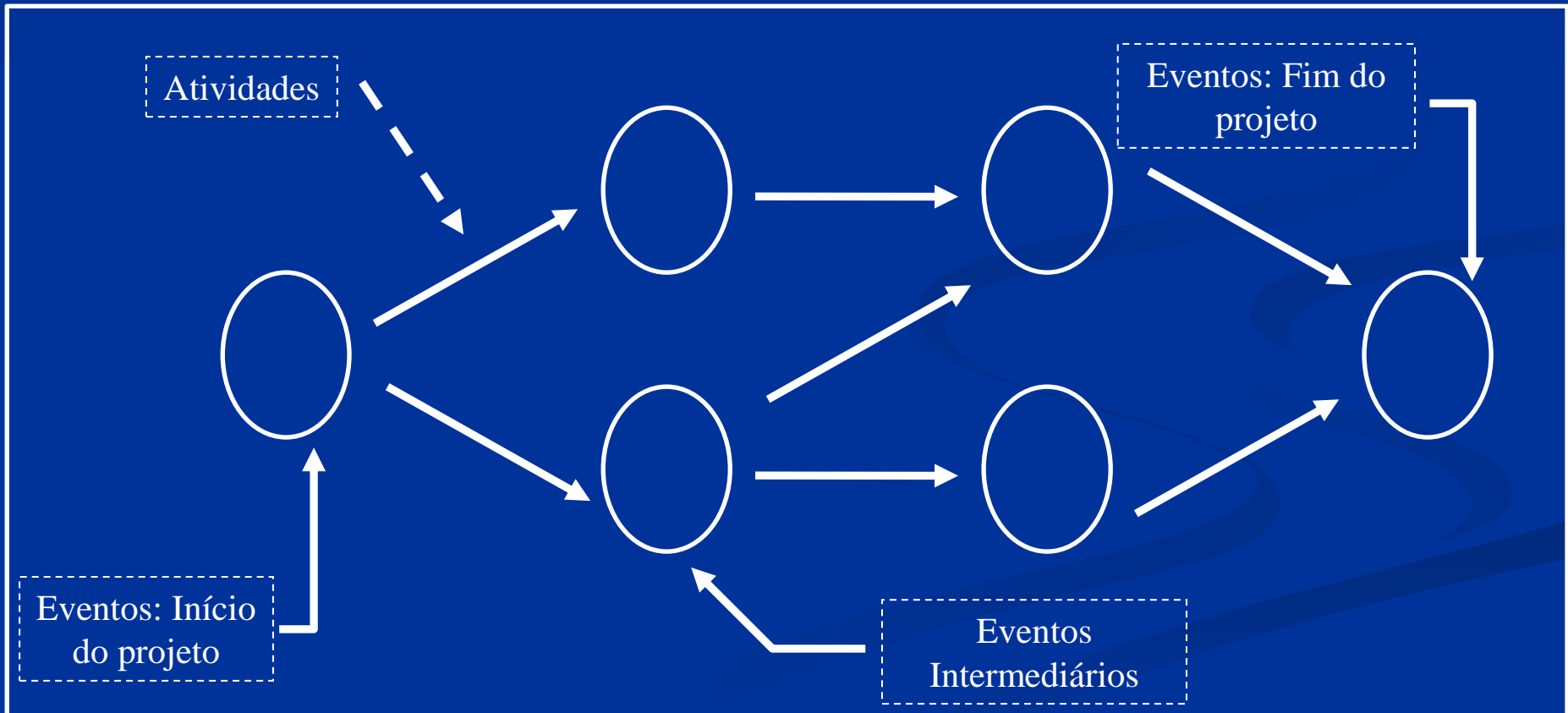


SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Classificação e definição dos principais tipos de sistemas de Produção

- Classificação quanto ao fluxo dos processos

Representação de um fluxo por projetos



SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Classificação e definição dos principais tipos de sistemas de Produção

- Os sistemas de produção do tipo projeto são caracterizados por terem um único produto, como por exemplo, um prédio, uma plataforma de produção de petróleo, um navio, um gasoduto, um oleoduto. Nessas situações a organização da sequência de atividade deve respeitar essa característica, o que representa uma rede de projetos.

EXEMPLO

REDE PERT & GRÁFICO DE *GANTT*

Fonte:

*Programação e Controle da Produção sob Encomenda Utilizando
PERT/C'PM & Heurísticas*

Paulo César Augustus Mendes Quezado

Carlos Roberto de Oliveira Cardoso

Universidade Federal do Ceará

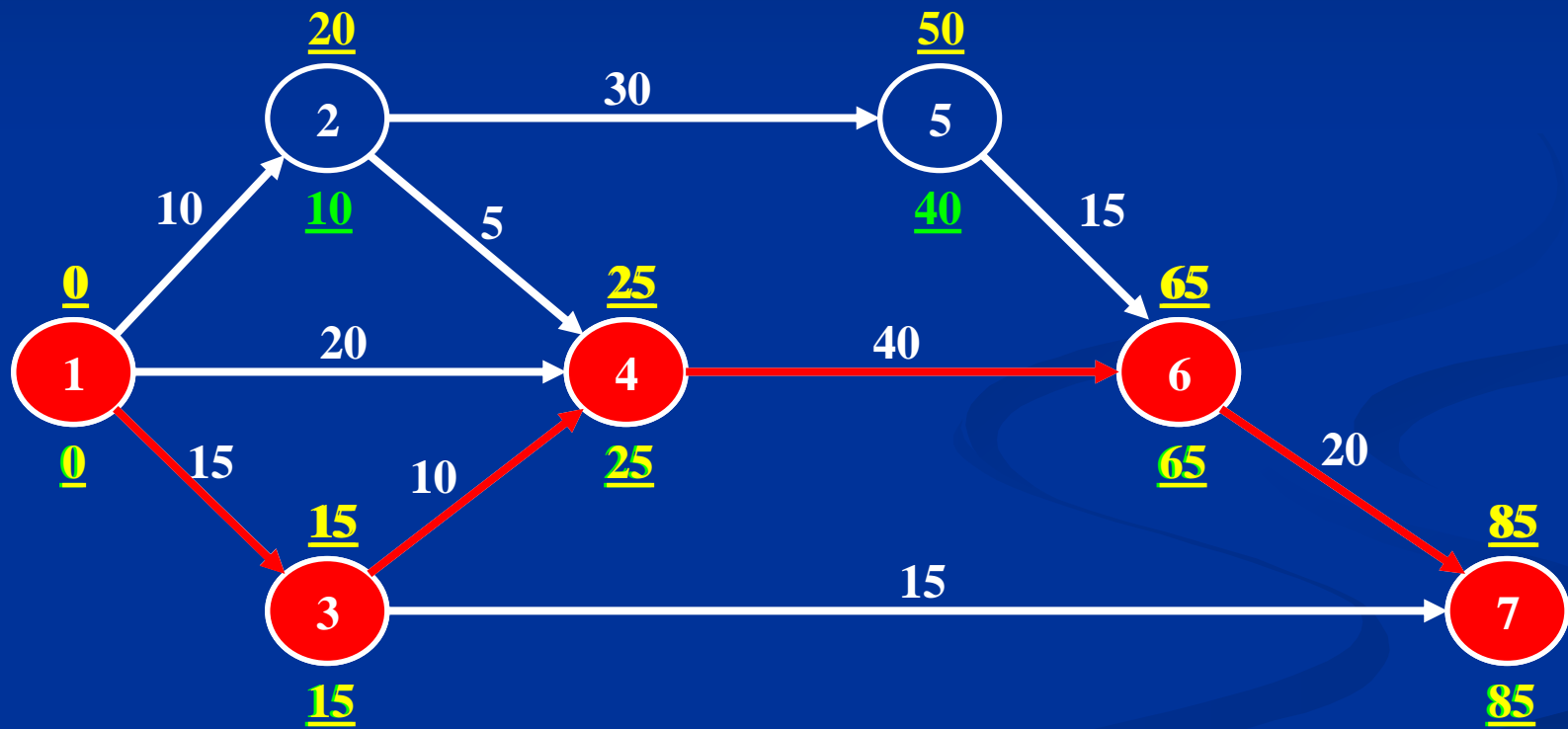
Dávio Ferrari Tubino

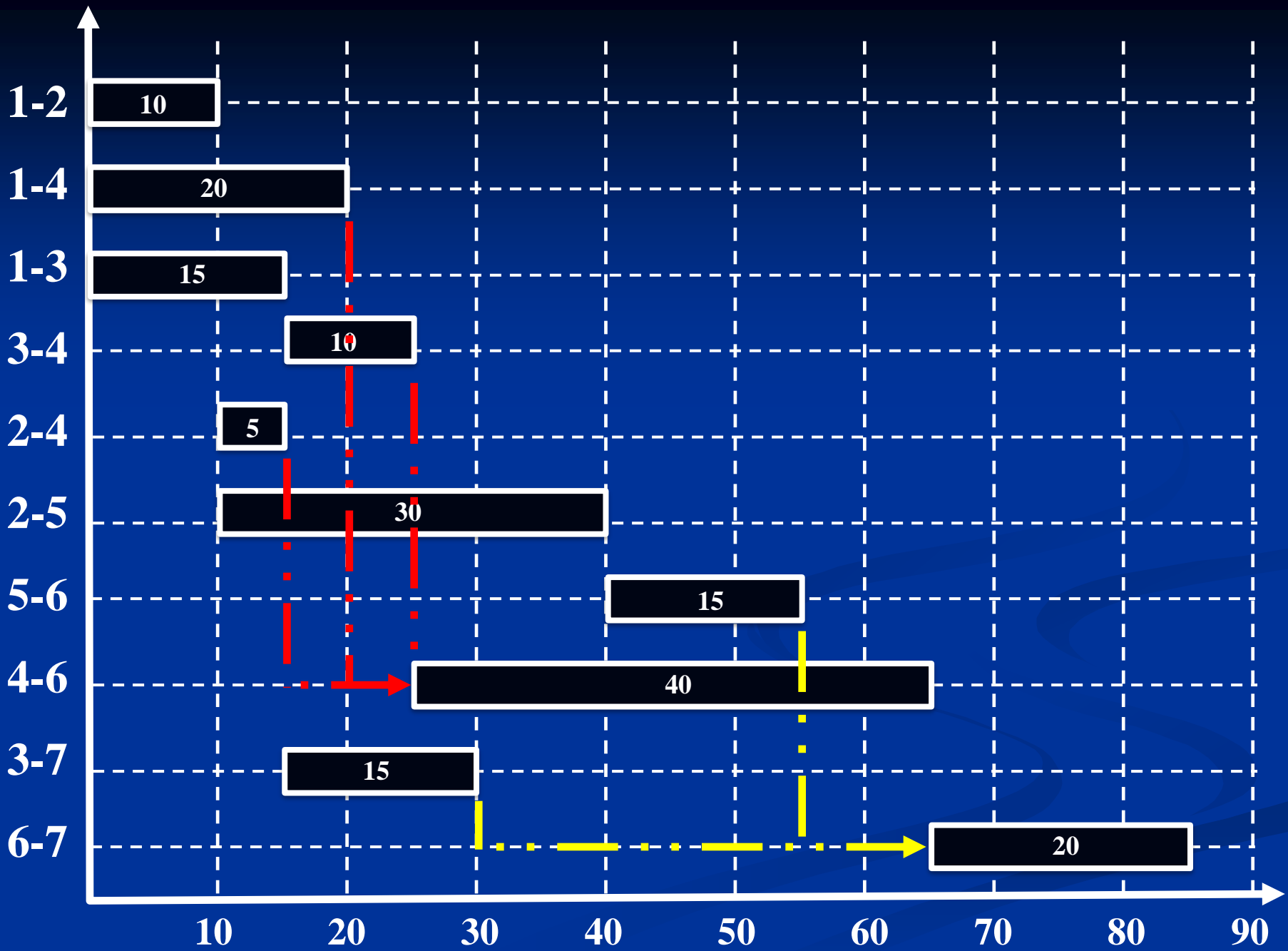
Universidade Federal de Santa Catarina

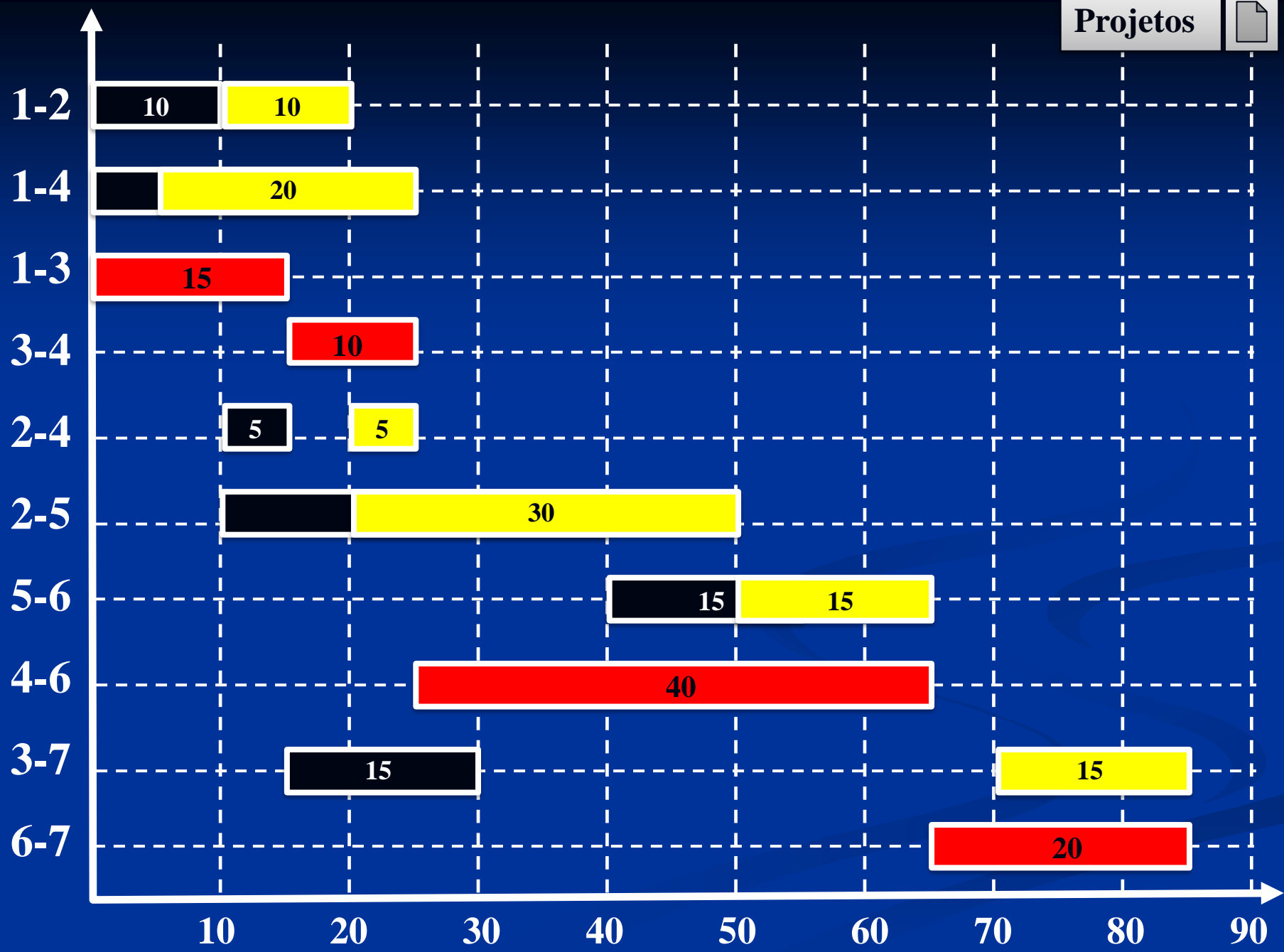
Etapas do Processo

Atividades do Projeto	Duração (horas)	Quantidade de Recursos Exigidos	
		Soldadores	Auxiliares
1 ⇒ 2	10	2	3
1 ⇒ 3	15	2	2
1 ⇒ 4	20	3	1
2 ⇒ 4	05	1	3
2 ⇒ 5	30	2	2
3 ⇒ 4	10	4	4
3 ⇒ 7	15	1	2
4 ⇒ 6	40	3	3
5 ⇒ 6	15	2	1
6 ⇒ 7	20	3	4

Rede PERT







Ajuste do plano

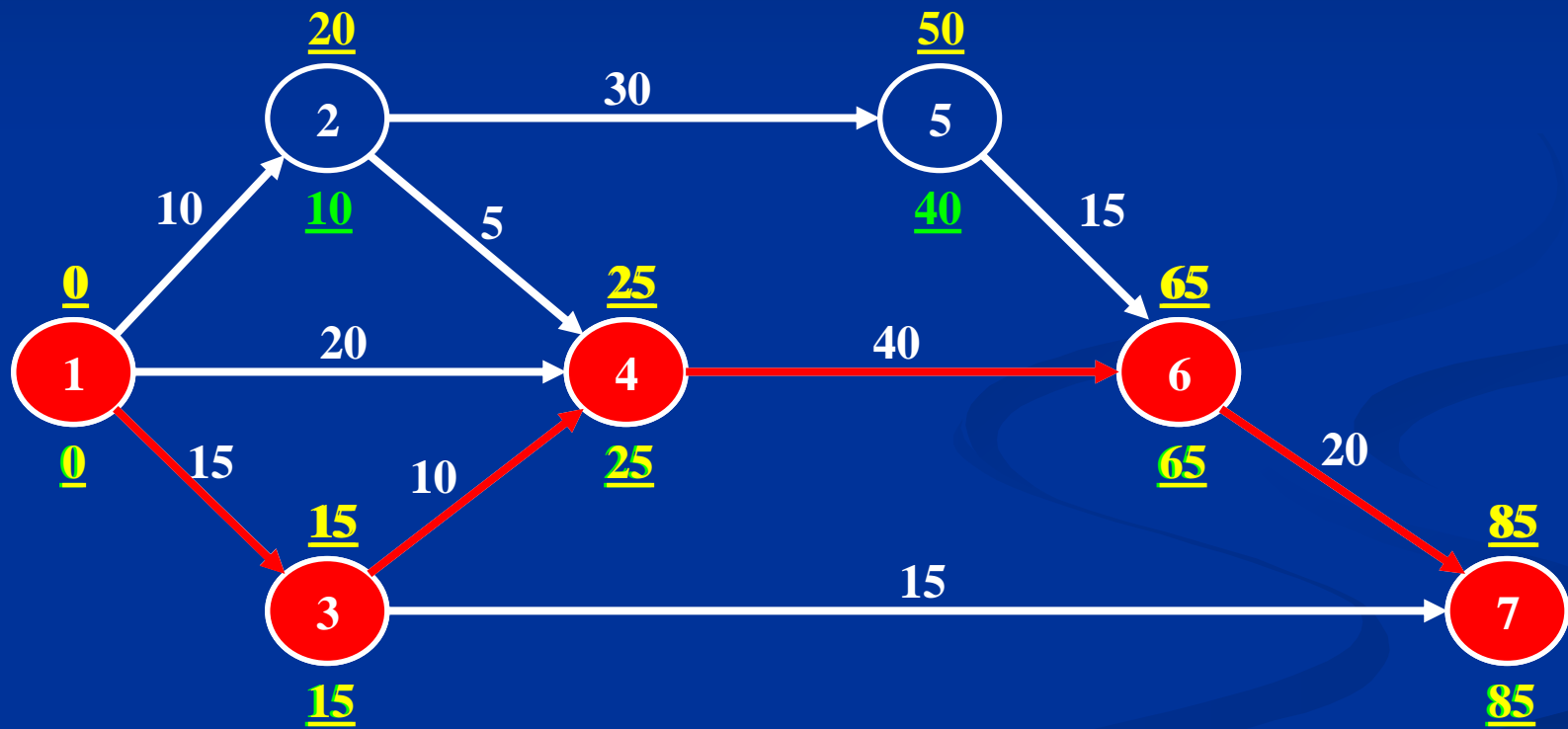
Scheduling

Rede PERT

Qual % atende (2 – 5) e qual % atende (2 – 4)?

(2 – 5) 73% em tempo

(2 – 4) 27% em tempo

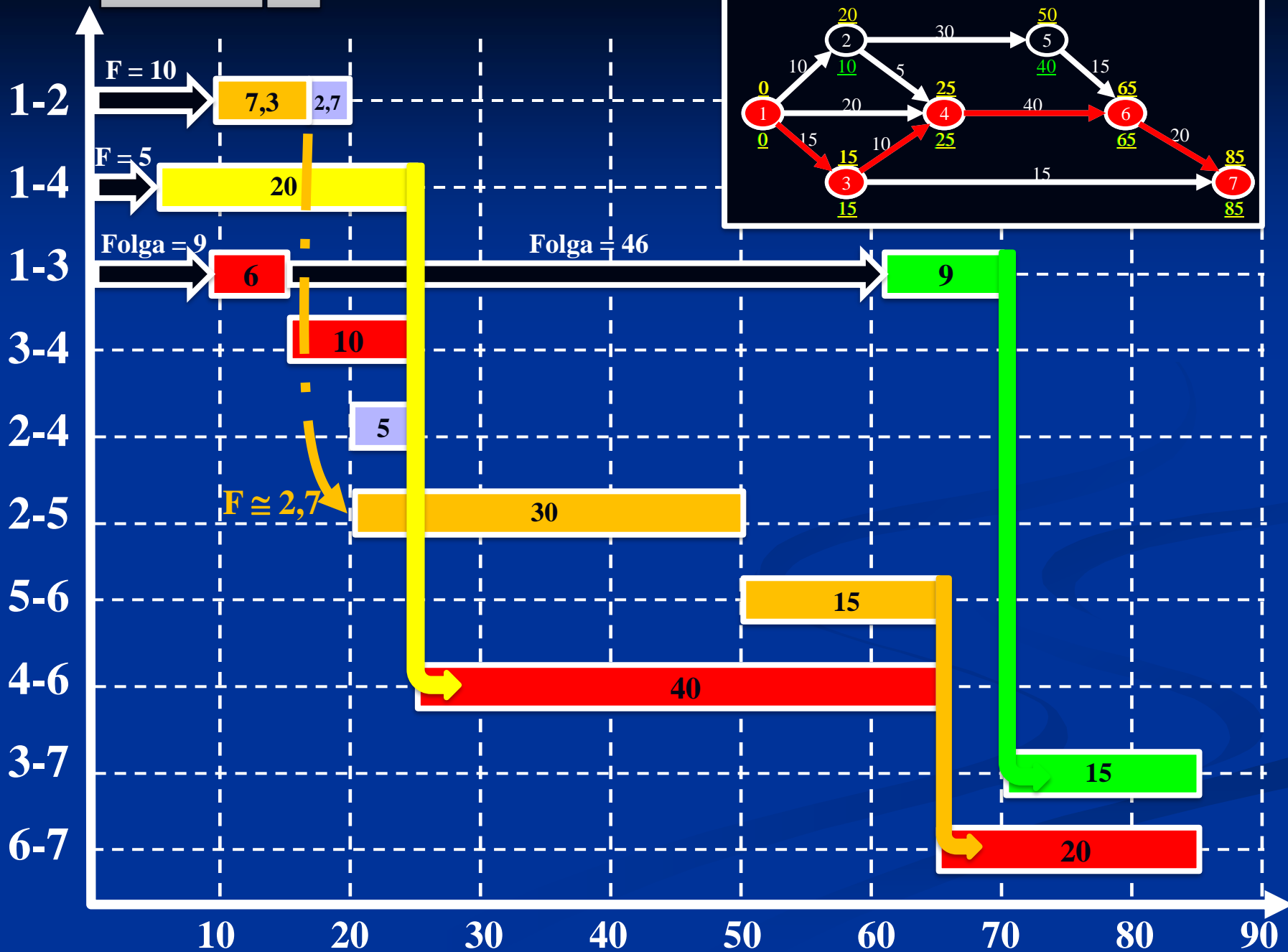


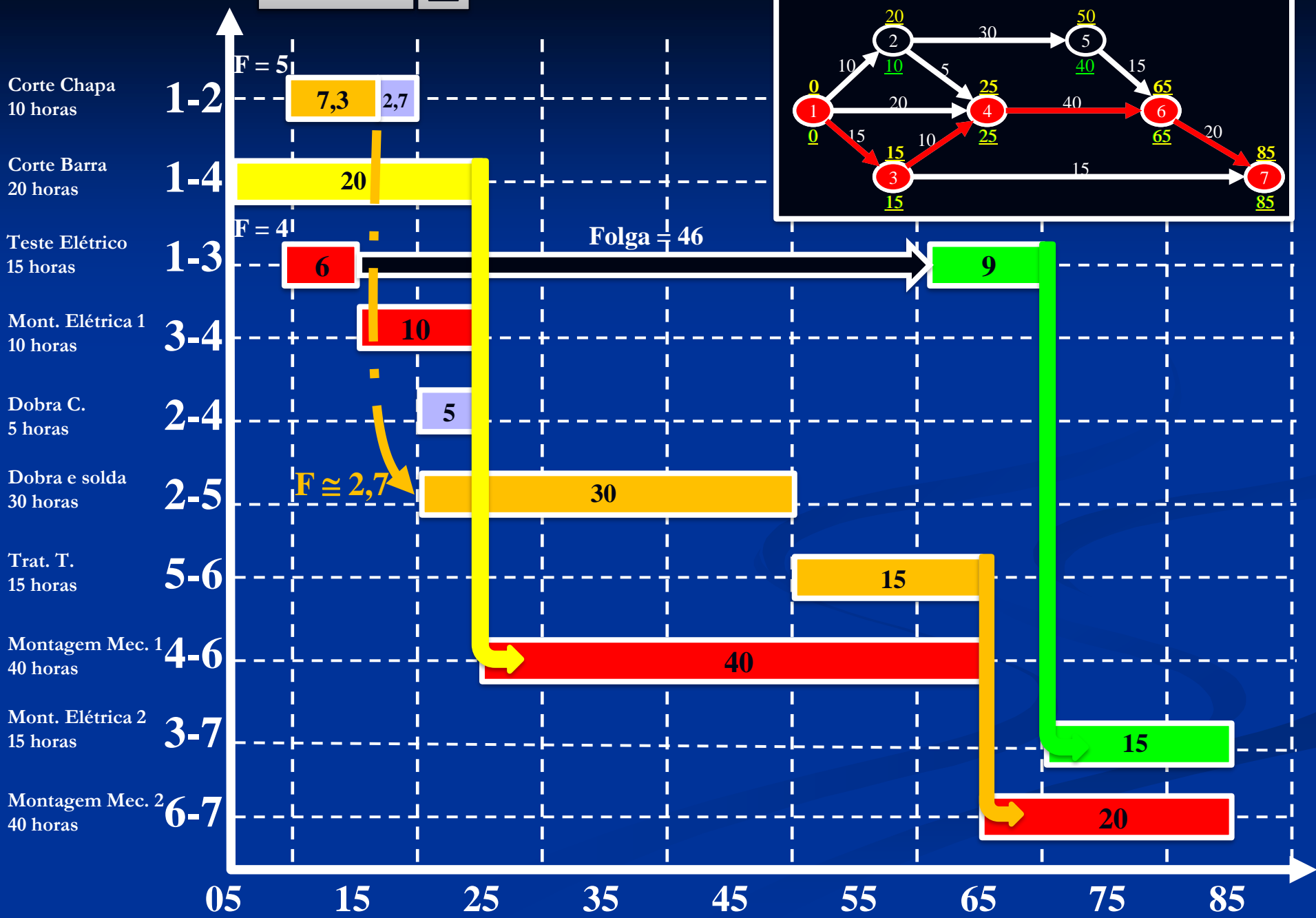
Qual % atende (3 – 4) e qual % atende (3 – 7)?

(3 – 4) 40% em tempo

(3 – 7) 60% em tempo

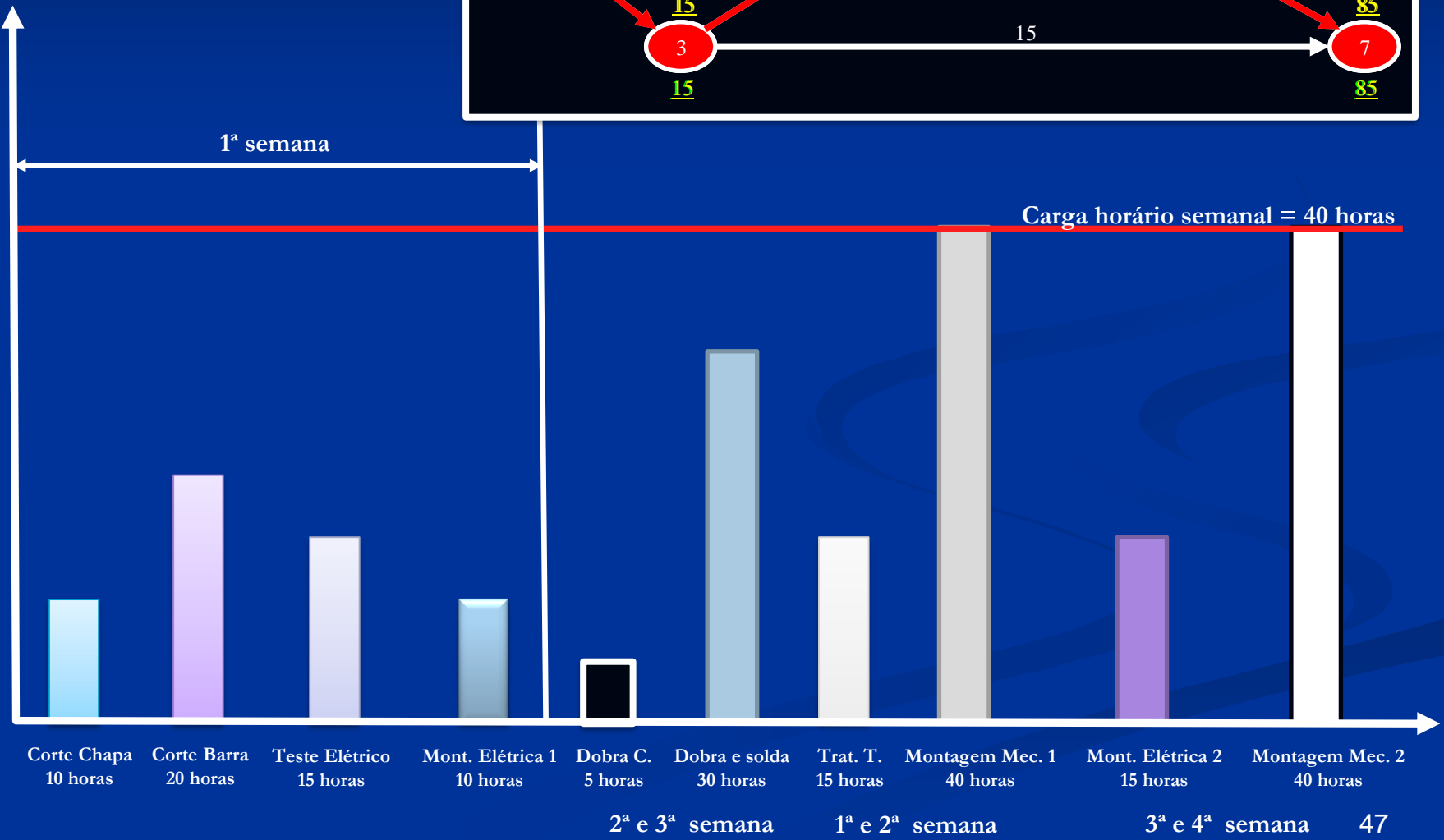
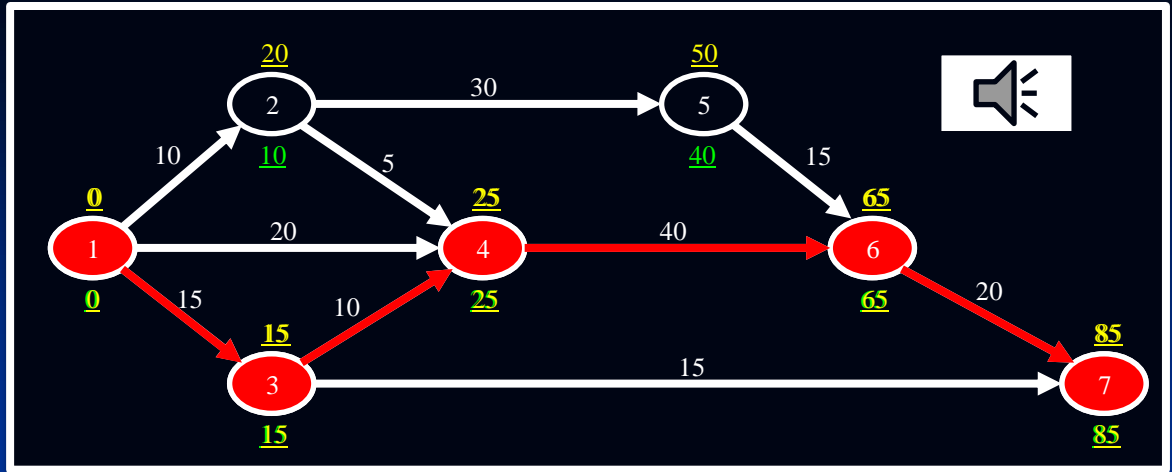
Projetos





Mapa de Carga

Avaliação



PROGRAMAÇÃO DE PROJETOS

DIAGRAMA DE *GANTT*

REDES PERT CPM

Programação de Projetos

- ✓ Projeto – grupo de atividades com duração (início e fim);
- ✓ **Problema (1)** – caso pouco provável: recursos ilimitados – os métodos CPM e PERT atendem a análise do efeito do possível atraso de atividades nesse caso;
- ✓ **Problema (2)** – programação de projetos – propósito: encontrar um ponto no tempo de início para todas as atividades de forma a minimizar um ou mais objetivos, como, por exemplo, o ponto no tempo de término do projeto (*makespan*) – quando os recursos são limitados;

Programação de Projetos

- ✓ Evidentemente não há apenas a possibilidade de ocorrência dos dois problemas citados, na realidade uma grande variedade de problemas podem ocorrer com as partes de um projeto, desse modo podemos dividir os recursos necessários à execução do projeto em dois grupos:
 - a) **Recursos renováveis** – disponíveis em cada período: máquinas, equipamentos, mão de obra.
 - b) **Recursos não renováveis** – limitados ao longo do horizonte de planejamento – capital disponível – *budget* do projeto (orçamento).

Programação de Projetos

✓ Quanto aos objetivos ou função objetivo do projeto há uma diversidade:

- 1) Minimização do *makespan*;
- 2) Minimização do custo;
- 3) Maximização da qualidade;
- 4) Maximização do valor presente – fluxo de caixa com despesas com atividades e receitas geradas pelo término de partes do projeto.

Exemplo

Planejamento *versus* programação de
projetos

Atividades	Duração (unidades de tempo)	Dependência (precedência)
1	4	-----
2	10	-----
3	5	-----
4	1	1
5	5	1
6	7	2
7	4	2
8	3	2
9	2	3 – 4 – 6
10	2	5 – 7 – 9

Recursos e duração

$$\text{Recursos} - R = [R_k] = [2 \ 3]$$

(utilização $R = [R_{ik}]$ – recurso 2 tem a maior ocupação)

Duração

Atividade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$D = [d_i]$	4	10	5	1	5	7	4	3	2	2

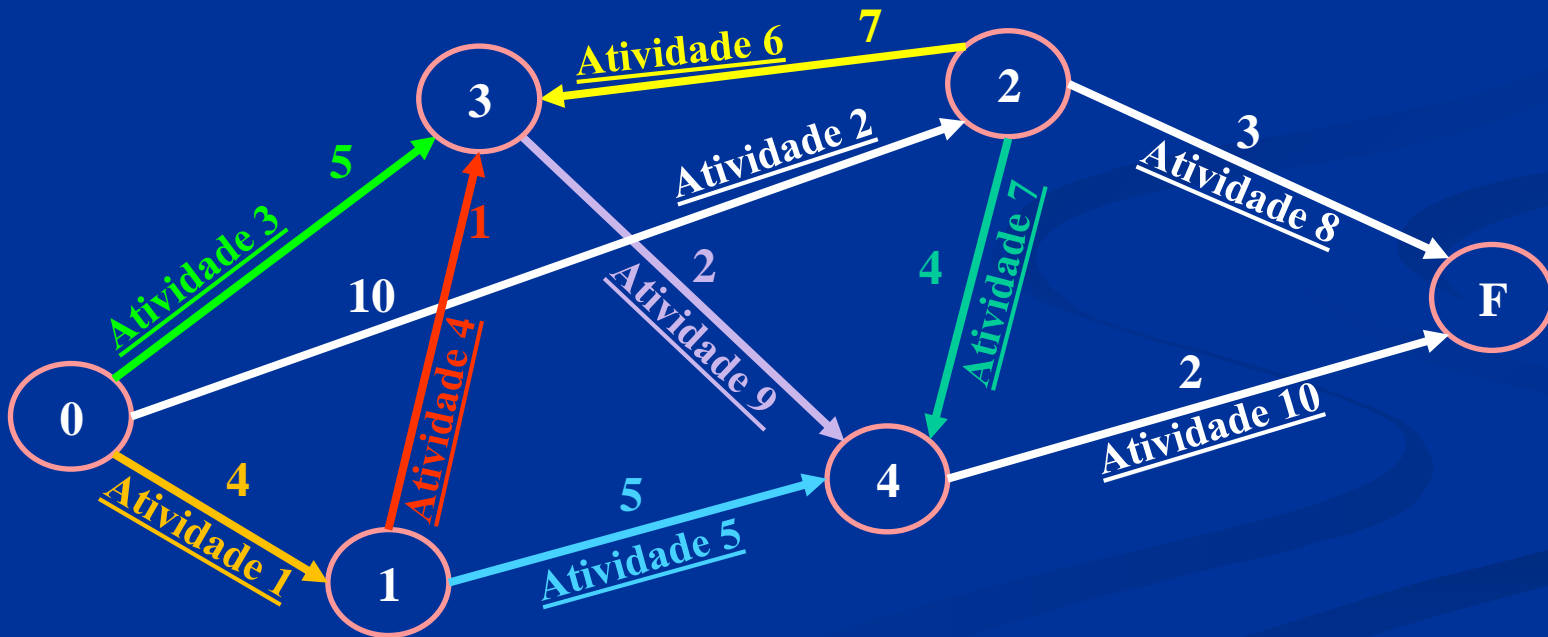
Recursos

Atividade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R_1 = 2$ (equipamentos)	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1
$R_2 = 3$ (equipamentos)	1	2	1	1	1	3	0	2	1	1

Programação de Projetos – exemplo – página 328

Fonte: Pesquisa Operacional para cursos de Engenharia – Editora Elsevier – Marcos Arenales – 2007

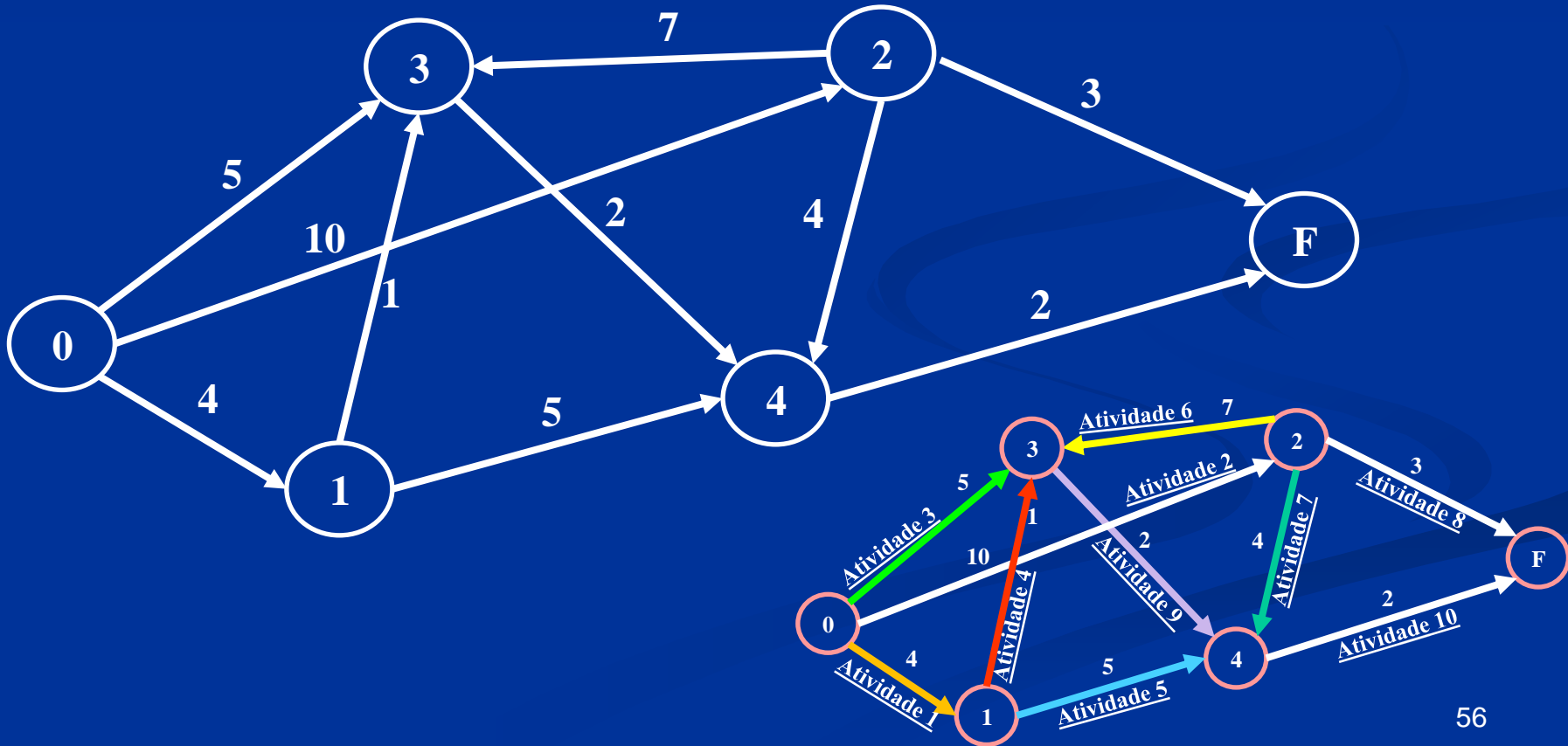
- ✓ $t(0) = 0$, $R = \{0\}$ e $NR = \{1, 2, 3, 4, F\}$.
- ✓ R – conjunto dos nós rotulados
- ✓ NR – conjunto dos nós não rotulados



Programação de Projetos – exemplo – página 328

Fonte: Pesquisa Operacional para cursos de Engenharia – Editora Elsevier – Marcos Arenales – 2007

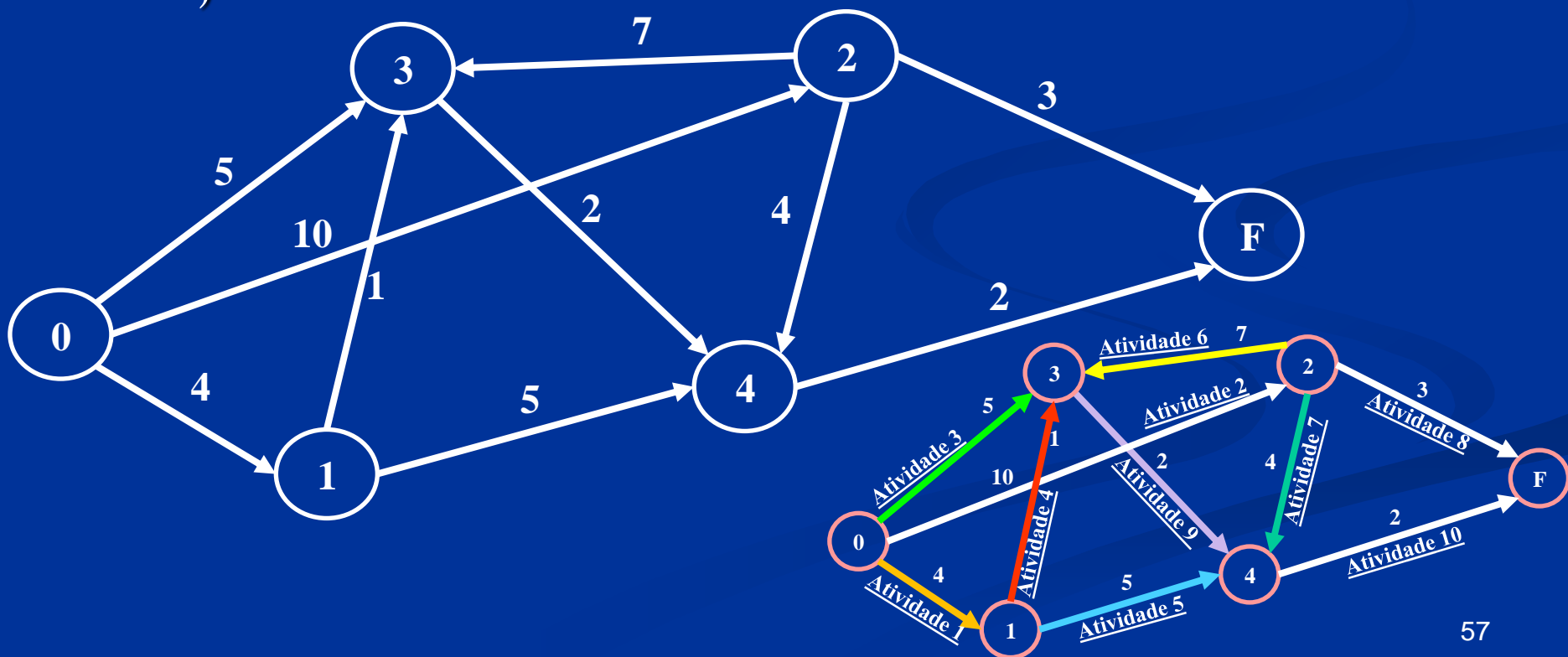
✓ Do conjunto de nós NR selecionar algum nó k que seja nó cabeça de arcos cujos nós cauda já tenham sido todos rotulados: candidatos – 1, 2 e 3.



Programação de Projetos – exemplo – página 328

Fonte: Pesquisa Operacional para cursos de Engenharia – Editora Elsevier – Marcos Arenales – 2007

✓ Excluindo o nó 3 – $P(3) = \{0, 1, 2\} \not\subset R$ – não é nó cabeça de arcos cujo nós cauda já tenham sido todos rotulados, no caso o nó cauda “0” dos nós 1 e 2 já foi rotulado.

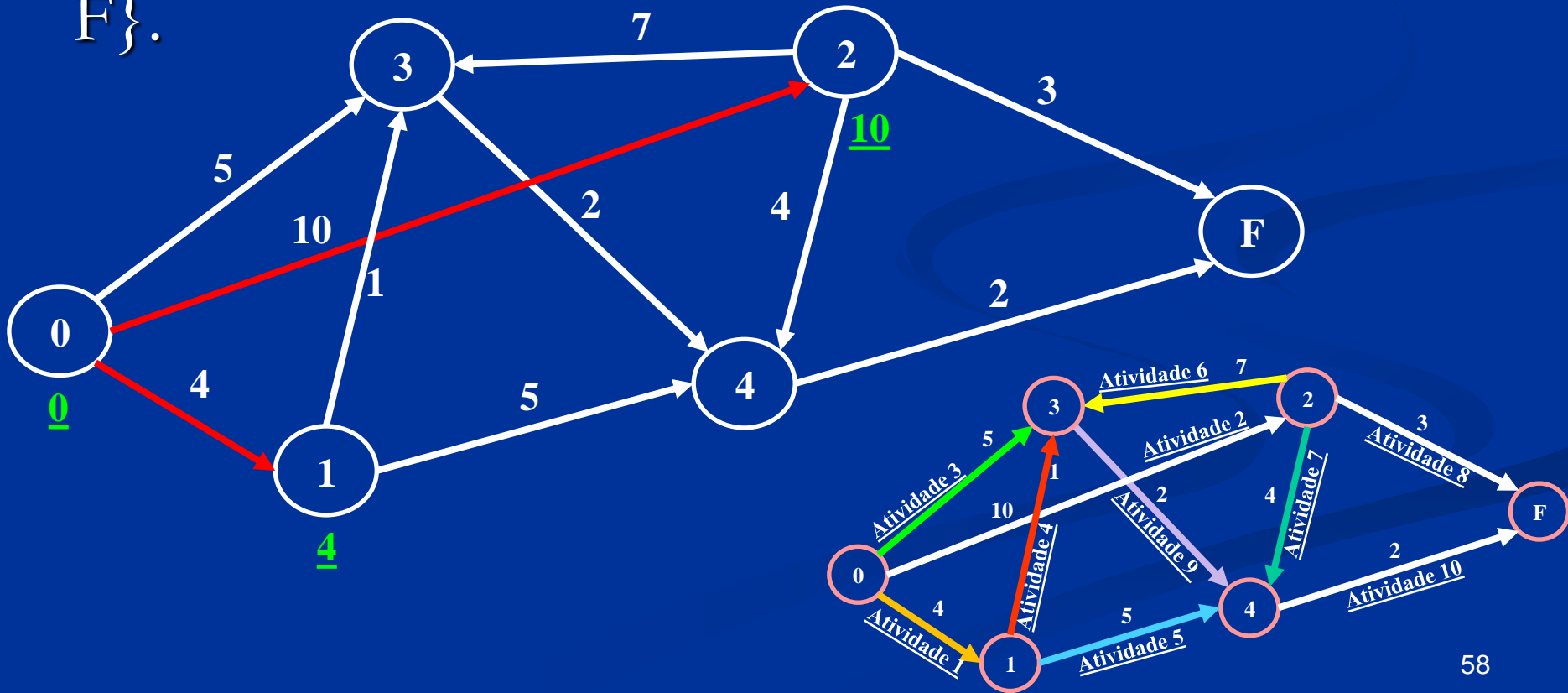


Programação de Projetos – exemplo – página 328

Fonte: Pesquisa Operacional para cursos de Engenharia – Editora Elsevier – Marcos Arenales – 2007

✓ $t(1) = \{t(0) + 4\} = 4$, $R = \{0,1\}$ e $NR = \{2, 3, 4, F\}$.

✓ $t(2) = \{t(0) + 10\} = 10$, $R = \{0,1,2\}$ e $NR = \{3, 4, F\}$.



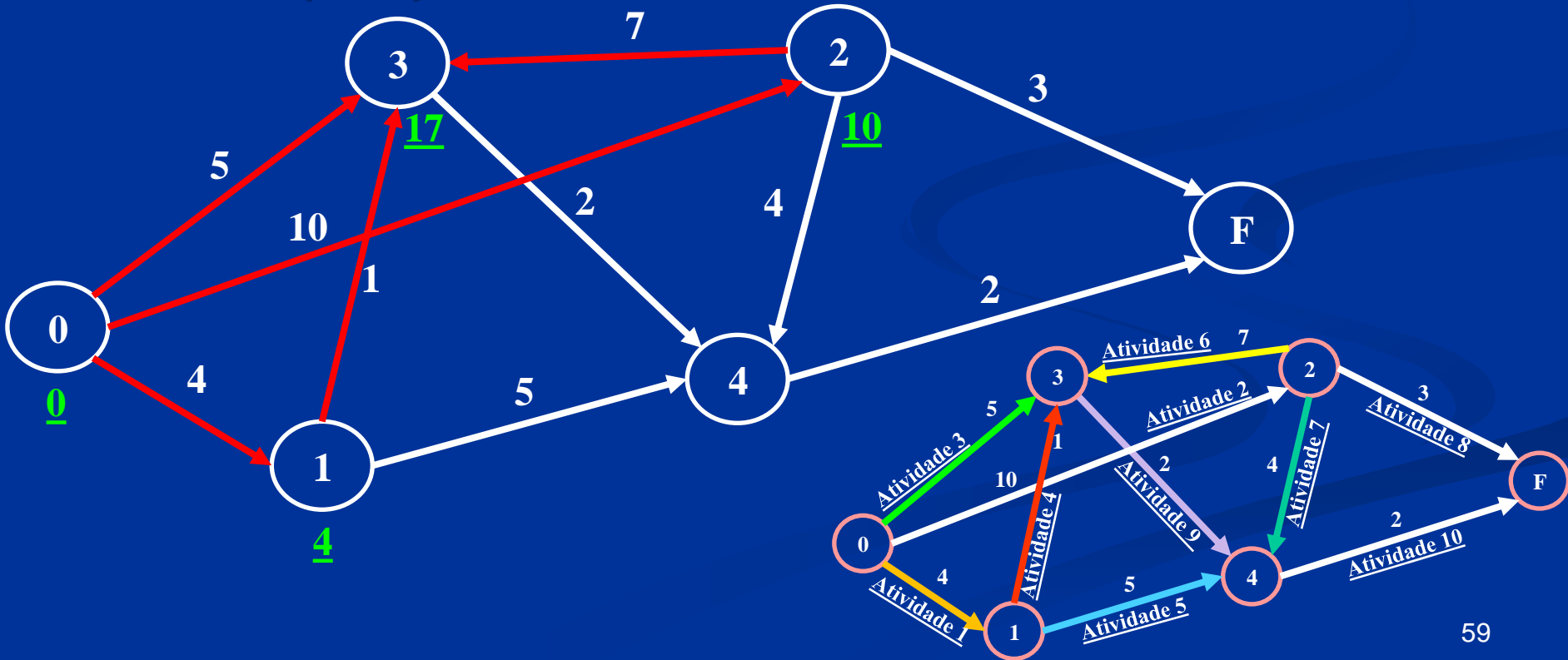
Programação de Projetos – exemplo – página 328

Fonte: Pesquisa Operacional para cursos de Engenharia – Editora Elsevier – Marcos Arenales – 2007

✓ $t(1) = \{t(0) + 4\} = 4$, $R = \{0,1\}$ e $NR = \{2, 3, 4, F\}$.

✓ $t(2) = \{t(0) + 10\} = 10$, $R = \{0,1,2\}$ e $NR = \{3, 4, F\}$.

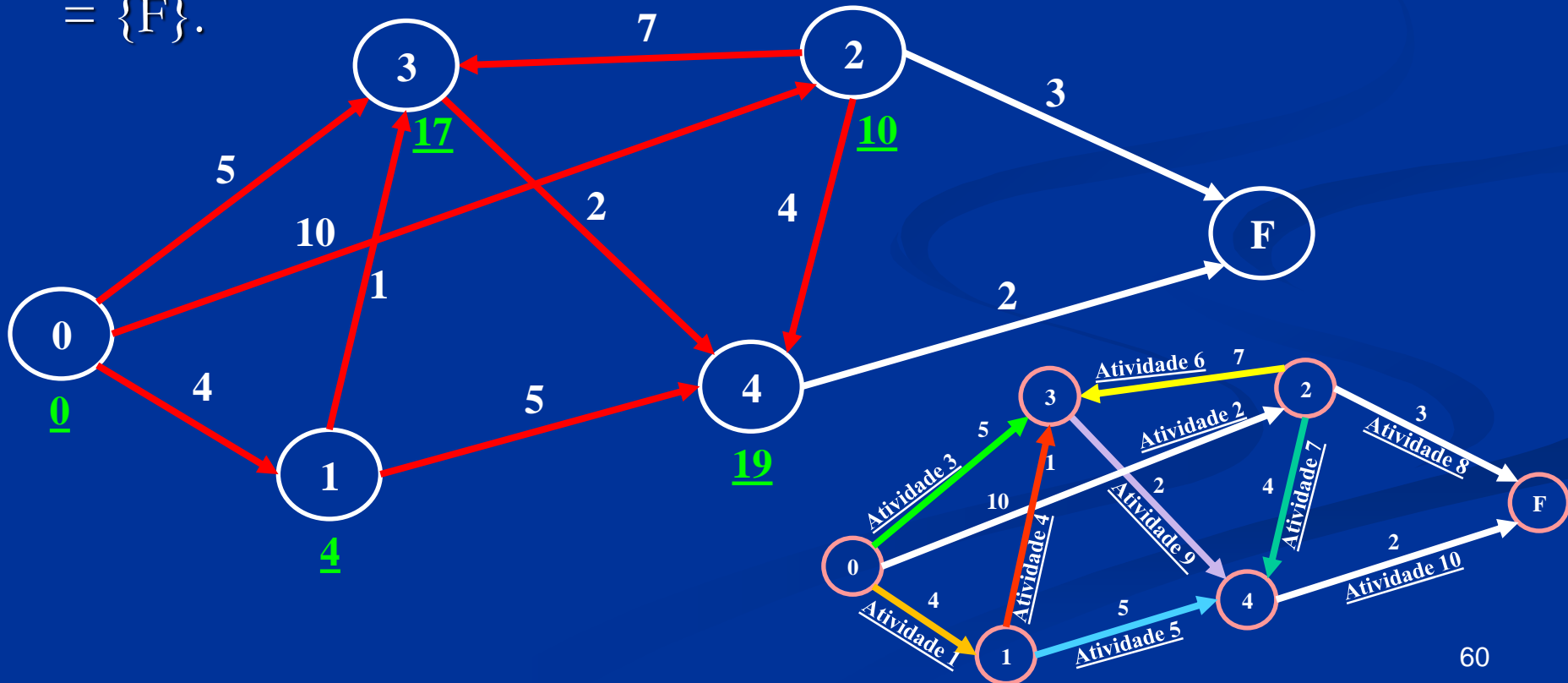
✓ $t(3) = \text{máx.}\{t(0) + 5, t(1) + 1, t(2) + 7\} = 17$, $R = \{0,1,2, 3\}$
e $NR = \{4, F\}$.



Programação de Projetos – exemplo – página 328

Fonte: Pesquisa Operacional para cursos de Engenharia – Editora Elsevier – Marcos Arenales – 2007

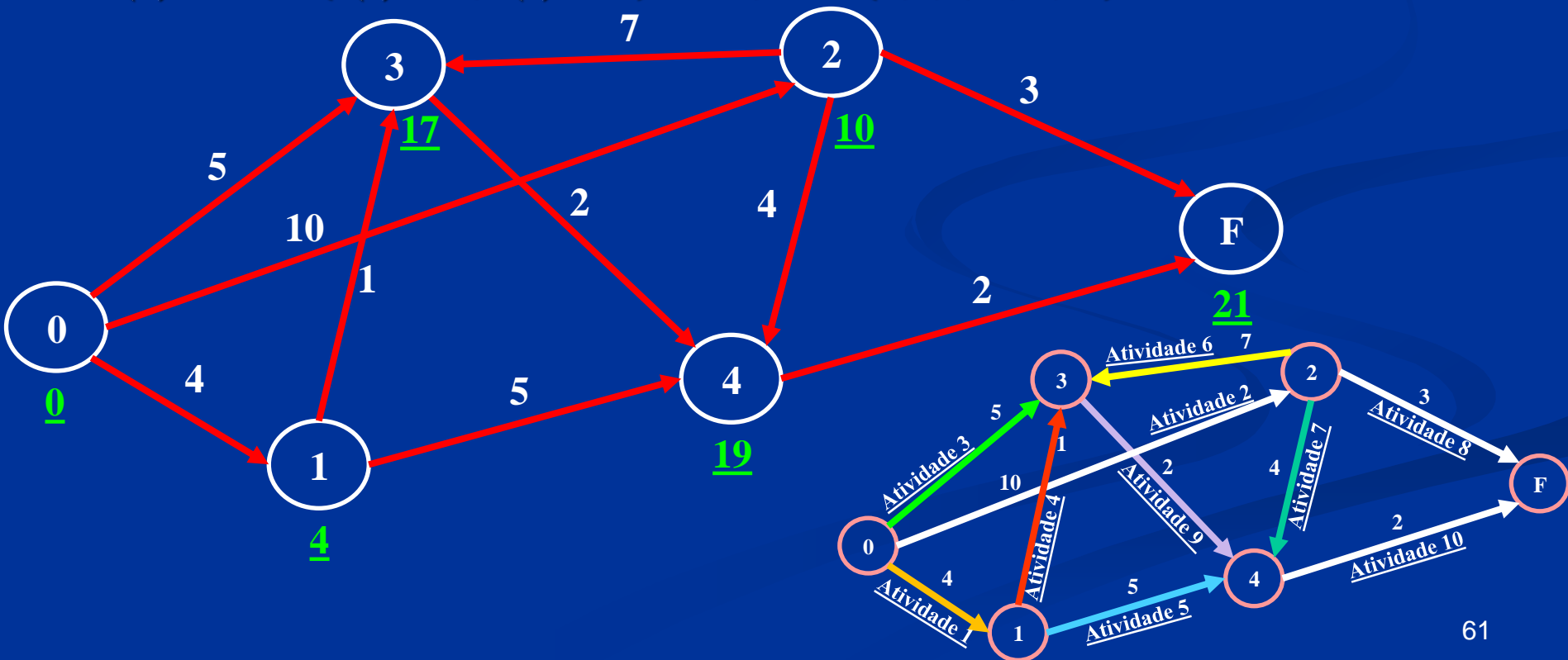
- ✓ $t(1) = \{t(0) + 4\} = 4$, $R = \{0,1\}$ e $NR = \{2, 3, 4, F\}$.
- ✓ $t(2) = \{t(0) + 10\} = 10$, $R = \{0,1,2\}$ e $NR = \{3, 4, F\}$.
- ✓ $t(3) = \text{máx.}\{t(0) + 5, t(1) + 1, t(2) + 7\} = 17$, $R = \{0,1,2, 3\}$ e $NR = \{4, F\}$.
- ✓ $t(4) = \text{máx.}\{t(1) + 5, t(2) + 4, t(3) + 2\} = 19$, $R = \{0,1,2, 3, 4\}$ e $NR = \{F\}$.



Programação de Projetos – exemplo – página 328

Fonte: Pesquisa Operacional para cursos de Engenharia – Editora Elsevier – Marcos Arenales – 2007

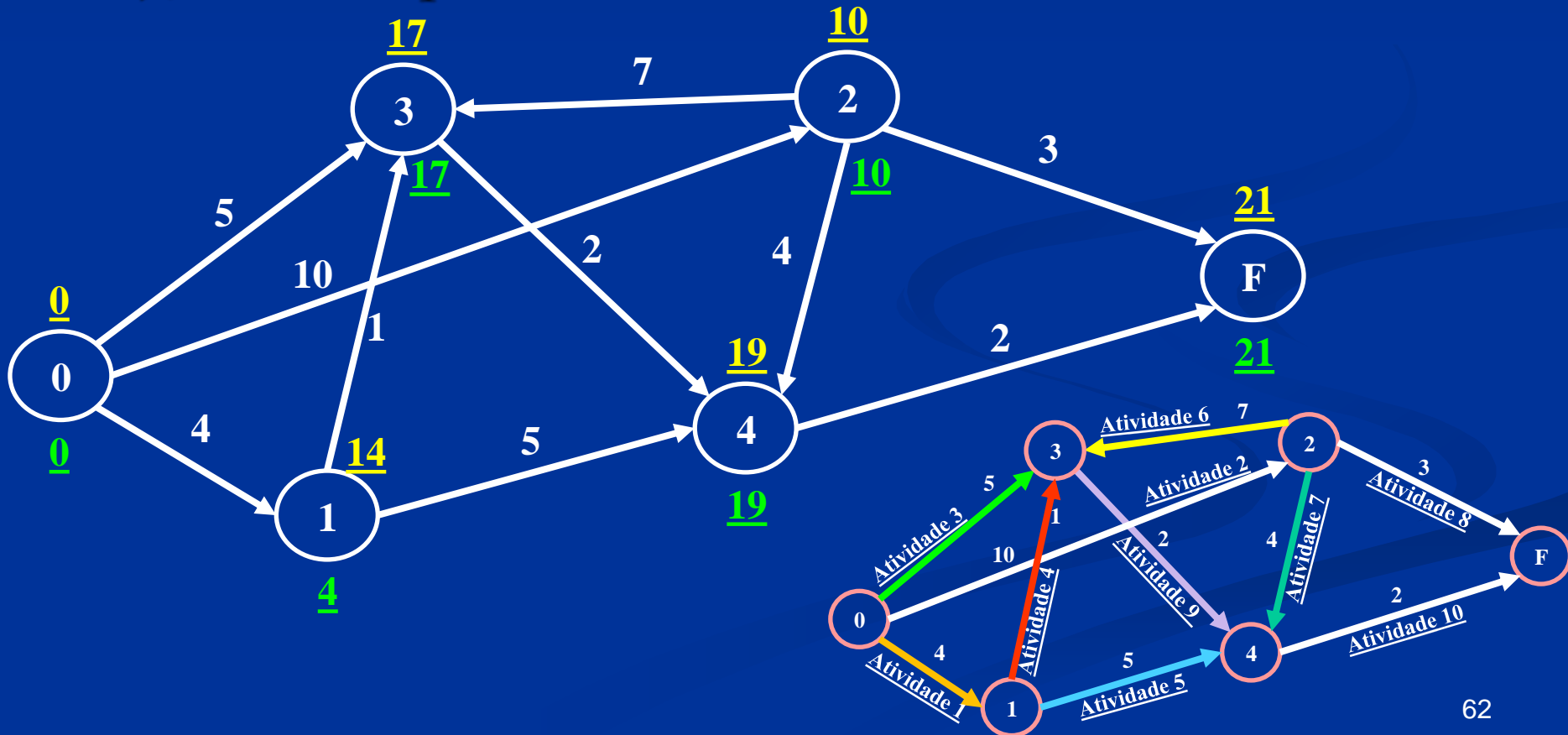
- ✓ $t(1) = \{t(0) + 4\} = 4$, $R = \{0,1\}$ e $NR = \{2, 3, 4, F\}$.
- ✓ $t(2) = \{t(0) + 10\} = 10$, $R = \{0,1,2\}$ e $NR = \{3, 4, F\}$.
- ✓ $t(3) = \text{máx.}\{t(0) + 5, t(1) + 1, t(2) + 7\} = 17$, $R = \{0,1,2, 3\}$ e $NR = \{4, F\}$.
- ✓ $t(4) = \text{máx.}\{t(1) + 5, t(2) + 4, t(3) + 2\} = 19$, $R = \{0,1,2, 3, 4\}$ e $NR = \{F\}$.
- ✓ $t(F) = \text{máx.}\{t(2) + 3, t(4) + 2\} = 21$, $R = \{0,1,2, 3, 4, F\}$ e $NR = \emptyset$.



Programação de Projetos – exemplo – página 328

Fonte: Pesquisa Operacional para cursos de Engenharia – Editora Elsevier – Marcos Arenales – 2007

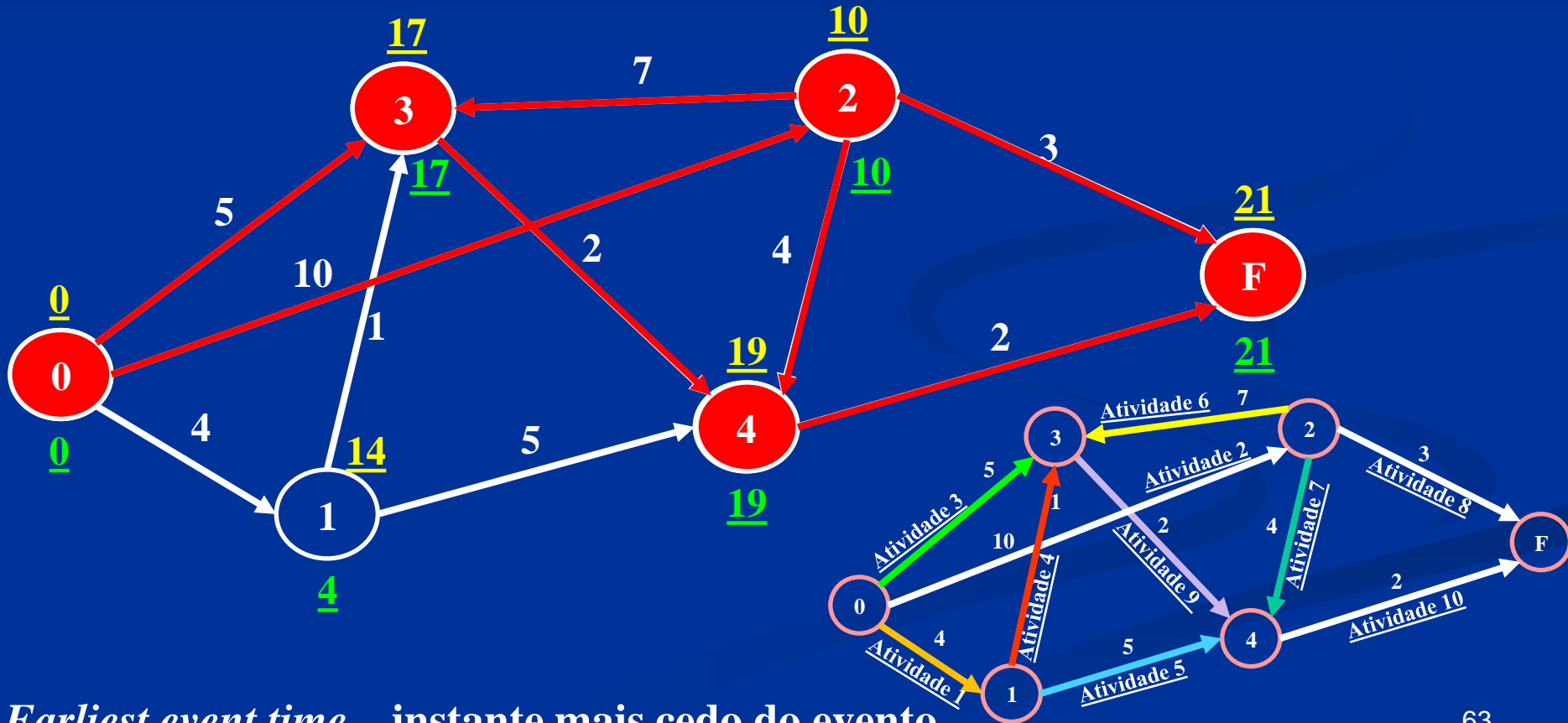
✓ O caminho mais longo de 0 e F tem duração ou comprimento 21 – $C = \{(0, 2), (2, 3), (3, 4) \text{ e } (4, F)\}$. *Critical path method* – CPM.



Programação de Projetos – exemplo – página 328

Fonte: Pesquisa Operacional para cursos de Engenharia – Editora Elsevier – Marcos Arenales – 2007

✓ $t(1) = 4$ – o evento 1 (fim da atividade (0, 1) e início das atividades (1,3) e (1, 4)) não pode ser realizado antes do instante 4.

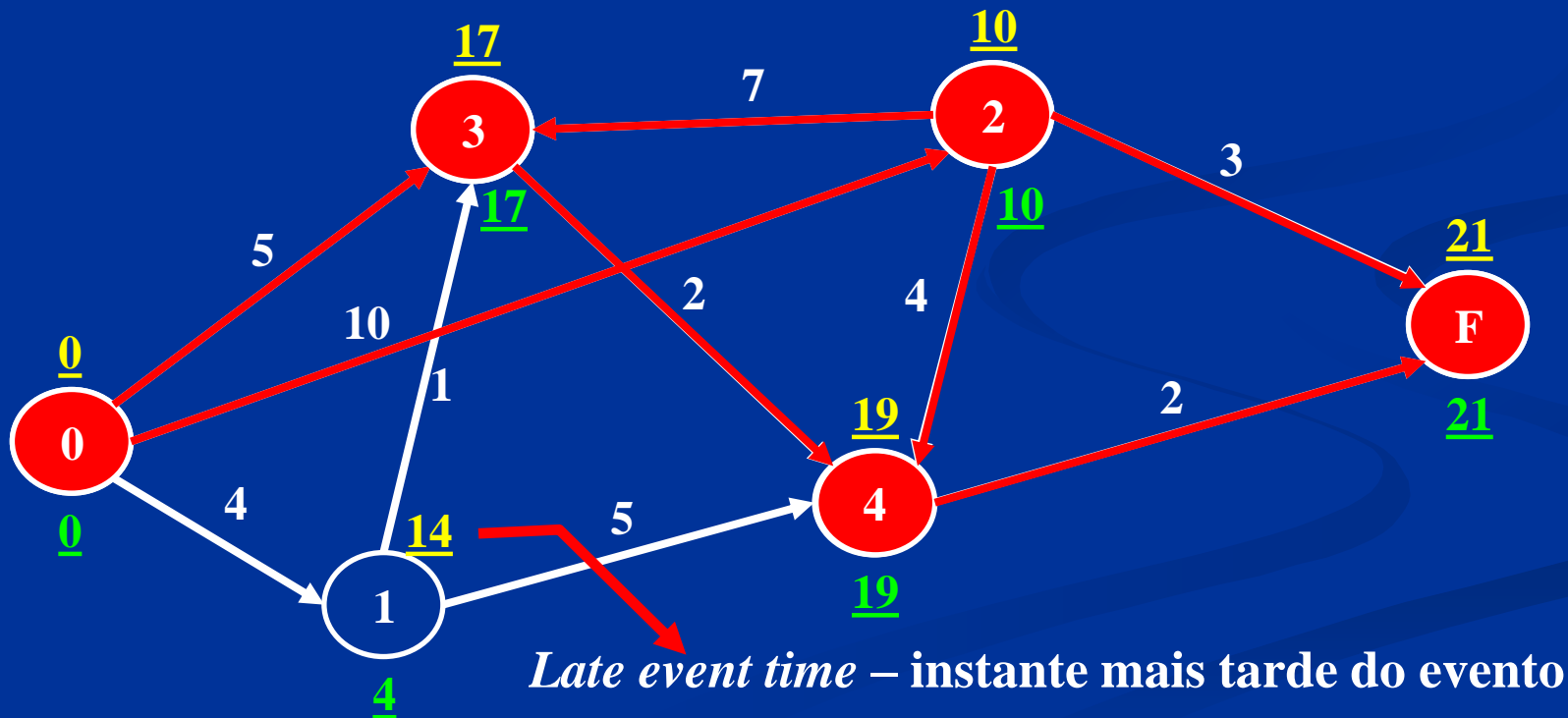


Earliest event time – instante mais cedo do evento

Programação de Projetos – exemplo – página 328

Fonte: Pesquisa Operacional para cursos de Engenharia – Editora Elsevier – Marcos Arenales – 2007

- ✓ O tempo mais tarde que um evento corresponde a um nó i pode ocorrer sem que com isso haja atrasos no encerramento do projeto.



Programação de Projetos – exemplo

Fonte: Pesquisa Operacional para cursos de Engenharia – Editora Elsevier – Marcos Arenales – 2007

- ✓ Tempo disponível $t(i)$, é possível determinar o instante mais tarde que uma atividade que precede imediatamente o evento i pode ocorrer sem que o evento i atrase. Considere, por exemplo, o nó 3 do grafo de atividades. Como $t(3) = 17$, a atividade correspondente ao arco $(1, 3)$ que precede imediatamente o nó 3 pode iniciar em qualquer instante anterior ou igual a $t(3) - 1$ sem que haja atrasos no encerramento do projeto. Portanto, o evento correspondente ao nó 1 pode ocorrer em qualquer instante anterior ou igual a $t(3) - 1 = 16$ e, com isso, não haverá atrasos no encerramento do projeto.

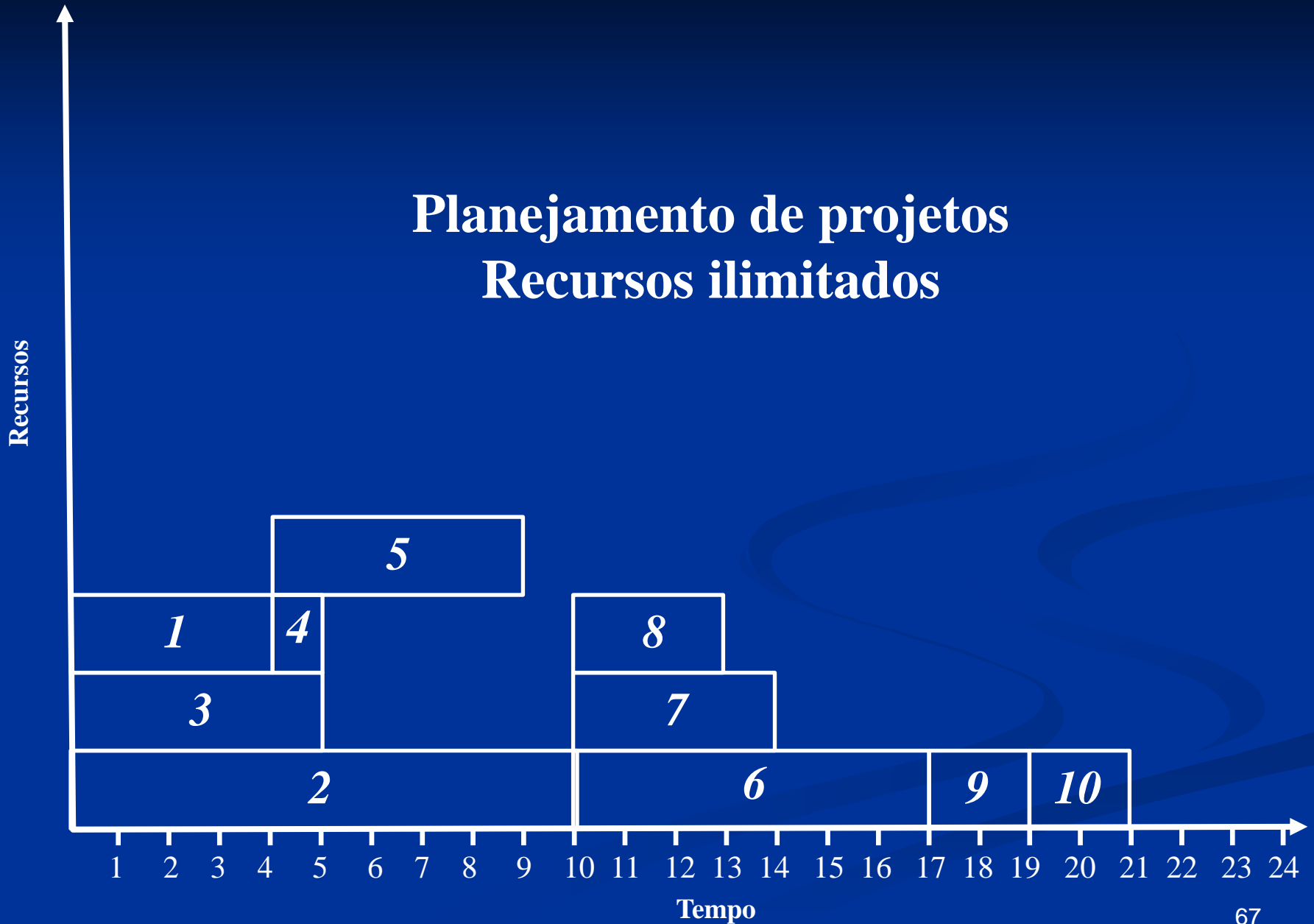
Planejamento de Projetos

Recursos ilimitados

Capacidade Infinita

Planejamento de projetos

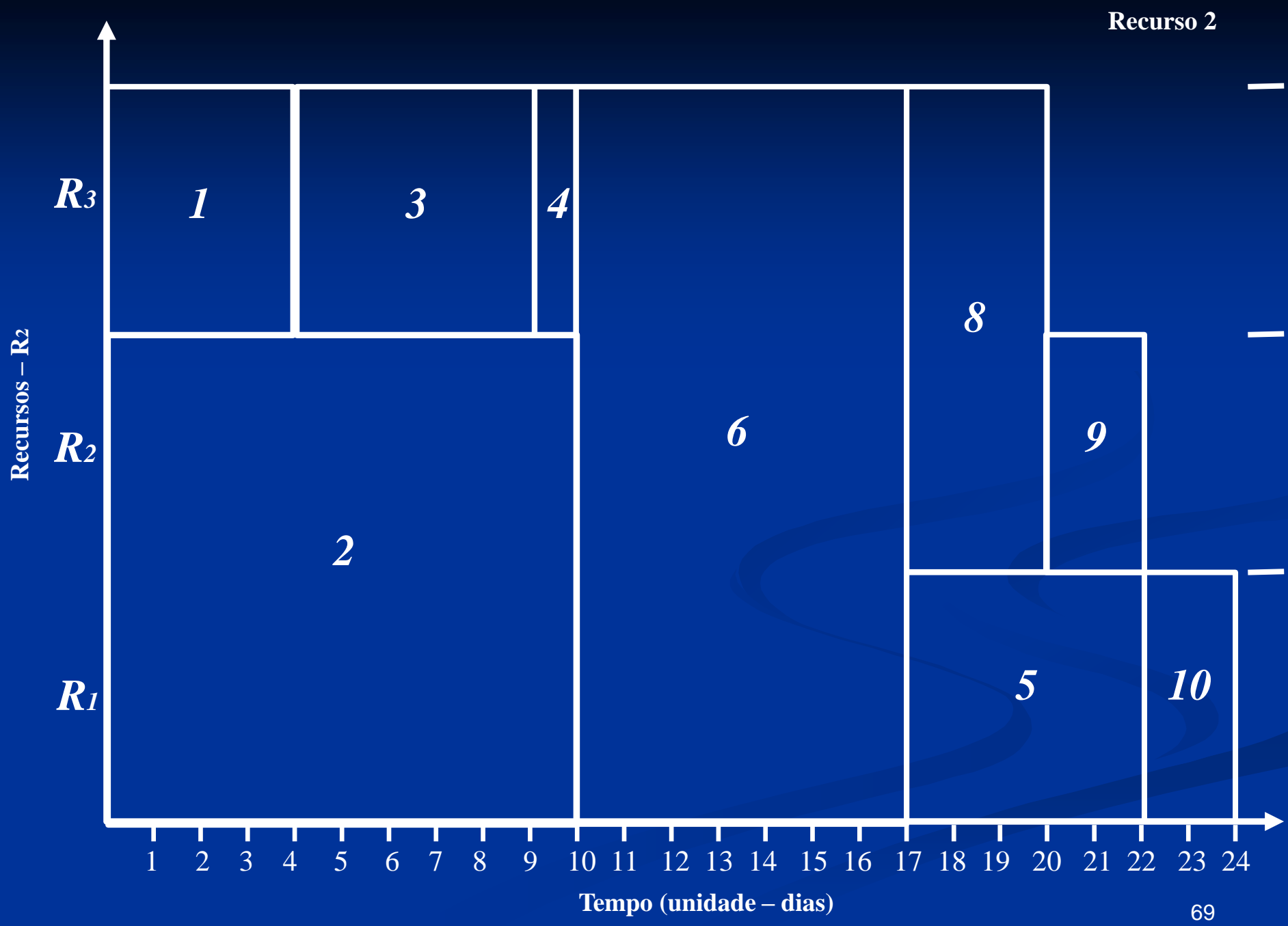
Recursos ilimitados



Programação de projeto

Recursos Limitados

Capacidade Finita



-  Atividade 06 – 21 dias
-  Atividade 04 – 01 dias
-  Atividade 03 – 05 dias
-  Atividade 01 – 04 dias
-  Atividade 02 – 20 dias
-  Livre – 5 semanas – 09 dias – 12%
-  Atividade 10 – 02 dias
-  Atividade 09 – 02 dias
-  Atividade 08 – 06 dias
-  Atividade 05 – 05 dias

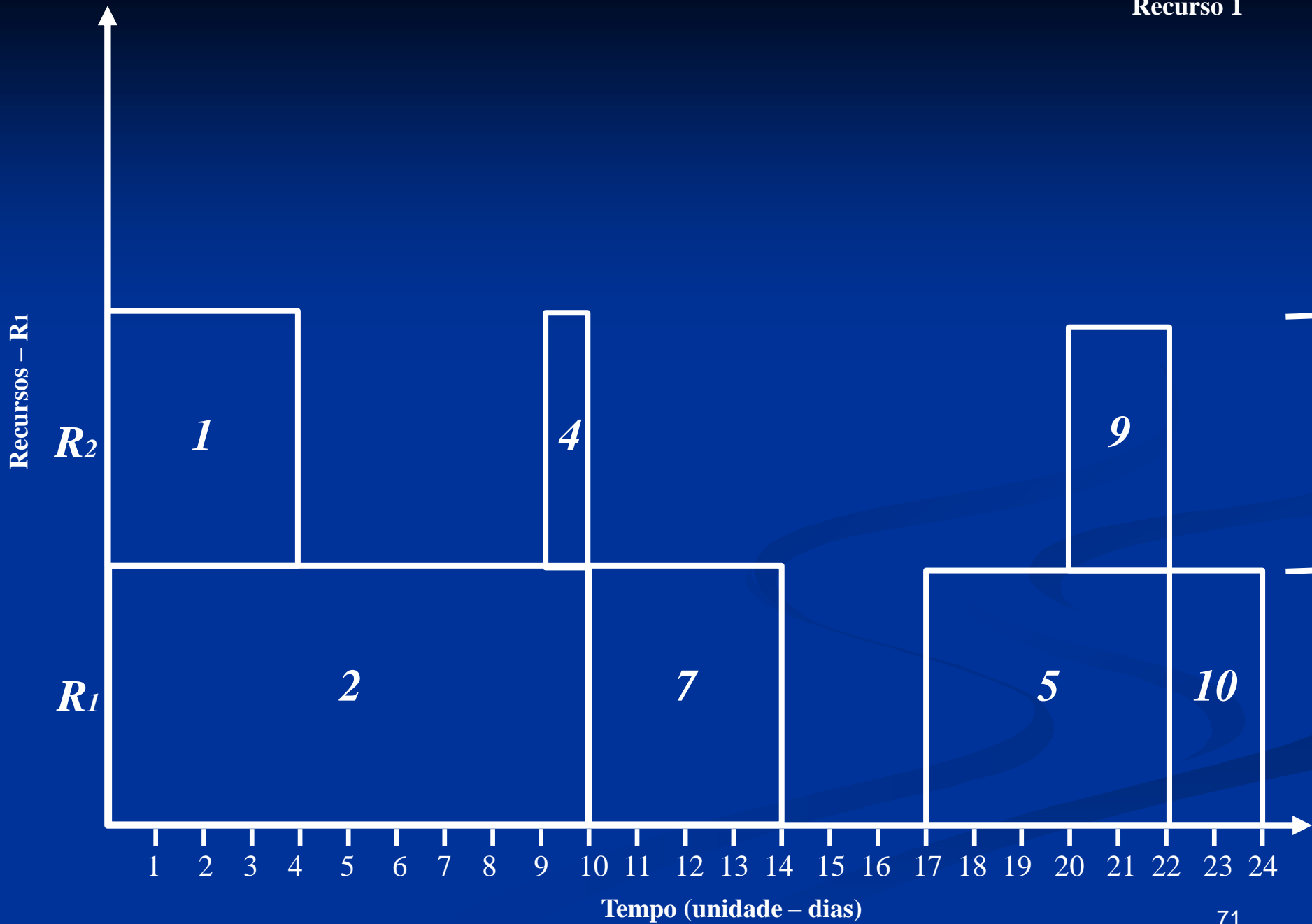
15 dias
3 máq.



Total de dias = 75 dias (100%)
Total utilizado = 66 dias (88%)

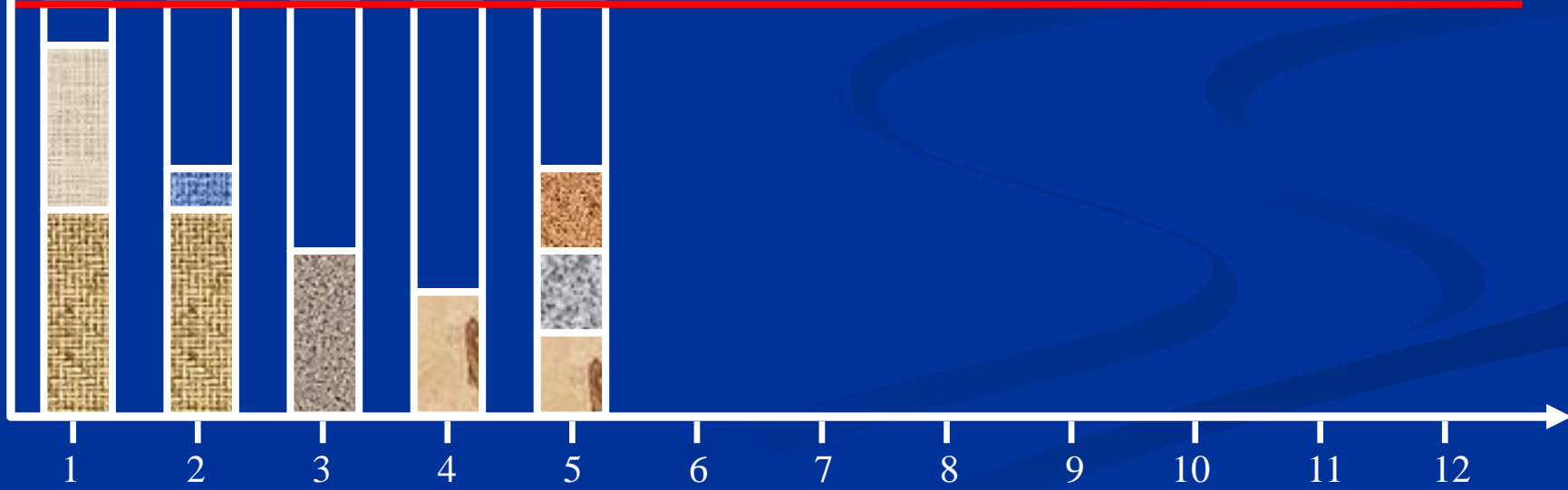
Área 2

Tempo (unidade – semana = 5 dias)



-  Atividade 04 – 01 dias
-  Atividade 07 – 04 dias
-  Atividade 01 – 04 dias
-  Atividade 02 – 10 dias
-  Livre – 5 semanas – 20,33 dias – 40,66%
-  Atividade 10 – 02 dias
-  Atividade 09 – 02 dias
-  Atividade 05 – 05 dias

10 dias
2 máq.



Área 1

Tempo (unidade – semana = 5 dias)

comprimento da mangueira = jornada de trabalho = tempo disponível por turno vezes o número de turnos = 39.5 horas
 para esse exemplo o lead time total do componente é igual a disponibilidade de tempo total da jornada

para o exemplo uma ordem de 40 peças:

operação 10 – 0.10 horas X 40 peças = 4 horas + 0.5 horas (setup) = 4.5 horas

operação 20 – 0.20 horas X 40 peças = 8 horas + 3.0 horas (setup) = 11.0 horas

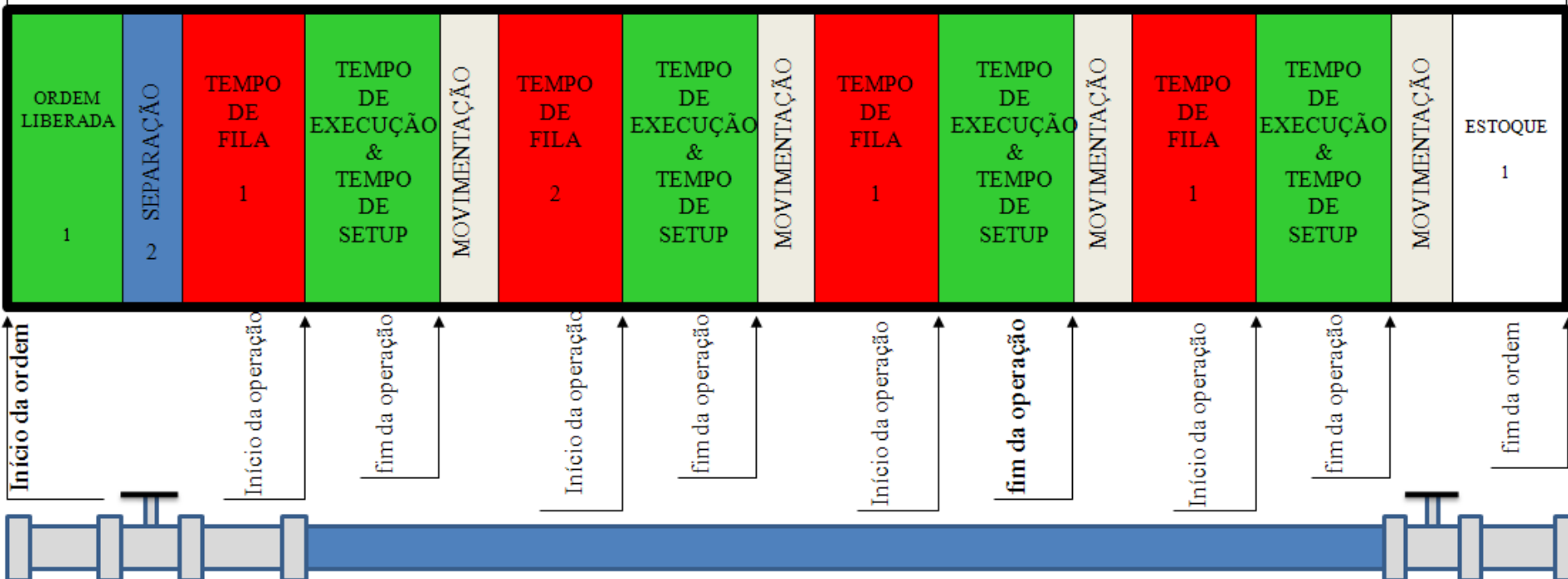
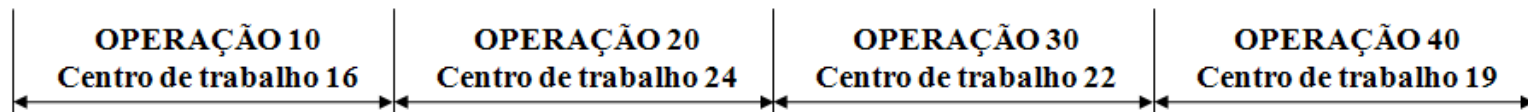
operação 30 – 0.10 horas X 40 peças = 4 horas + 2.0 horas (setup) = 6.0 horas

operação 40 – 0.20 horas X 40 peças = 8 horas + 1.0 horas (setup) = 9.0 horas

Total = 30.5 horas (execução + setup) + 9 horas (liberação + separação + fila + movimentação (falta dimensionar) = 39.5 horas

Takt time = 40 peças / 39.5 horas = 1.013 peças por hora (taxa necessária = ritmo necessário = vazão necessária)

Tempo de ciclo = 39.5 horas



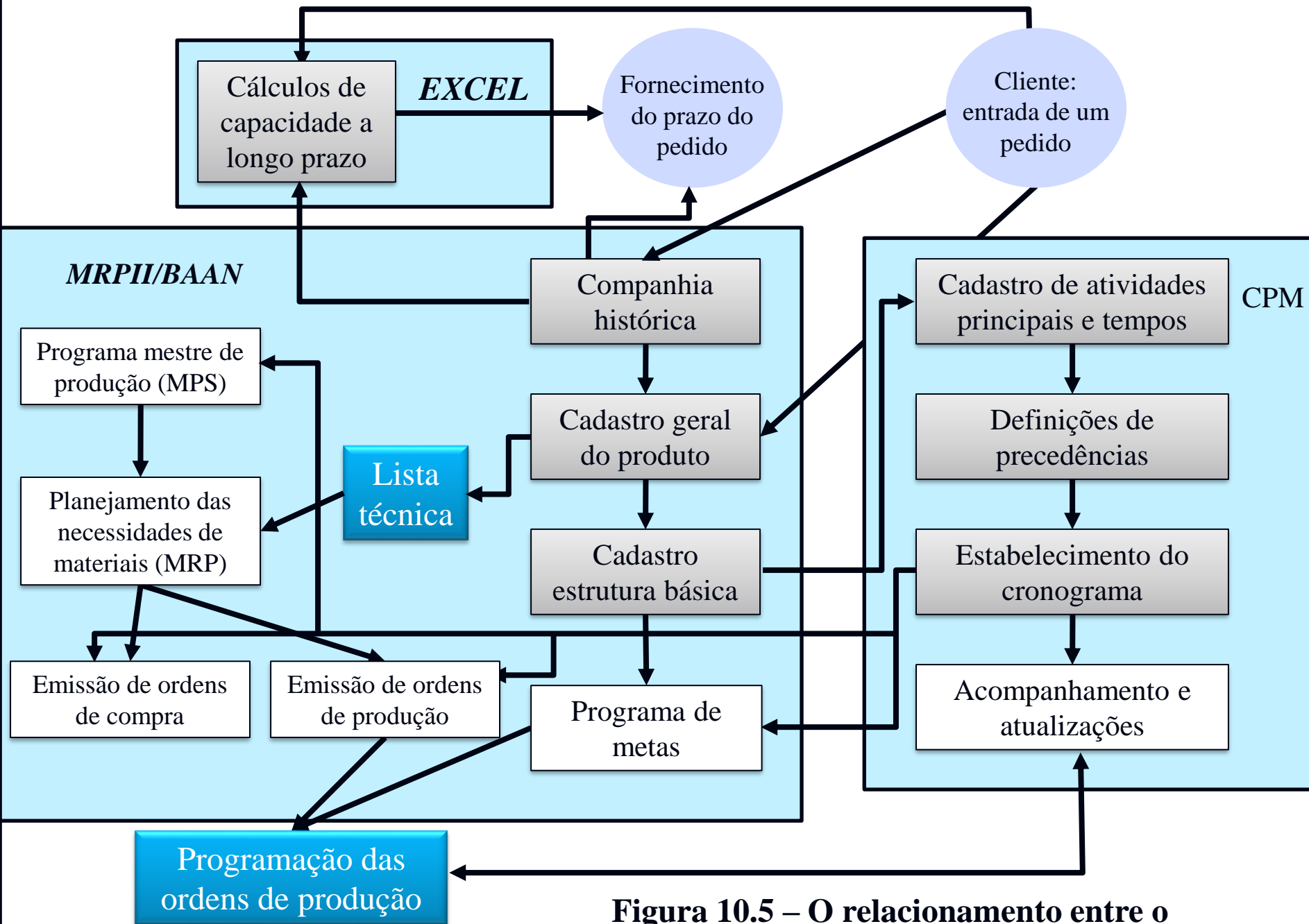


Figura 10.5 – O relacionamento entre o MRPII e o CPM na empresa

Plano detalhado

- ❑ Cálculo da utilização de cada centro de trabalho. Identificar a restrição.

Tabela – Exemplo do Cálculo de cargas de trabalho nos centros de trabalho para dados do nosso exemplo.

Centro de Trabalho	Horas utilizados por semana para processar uma unidade			Horas utilizados por semana para processar demanda total			Carga Total semanal necessária (horas)	Horas disponíveis por semana	Utilização do centro de trabalho
	Produto A	Produto B	Produto C	Produto A	Produto B	Produto C			
W	5	4	3	1.000	400	900	2.300	2.400	95,8%
X	10	8	11	2.000	800	3.300	6.100	4.800	127,1%
Y	5	0	4	1.000	0	1.200	2.200	2.400	91,7%
Z	6	3	2	1.200	300	600	2.100	2.400	87,5%

