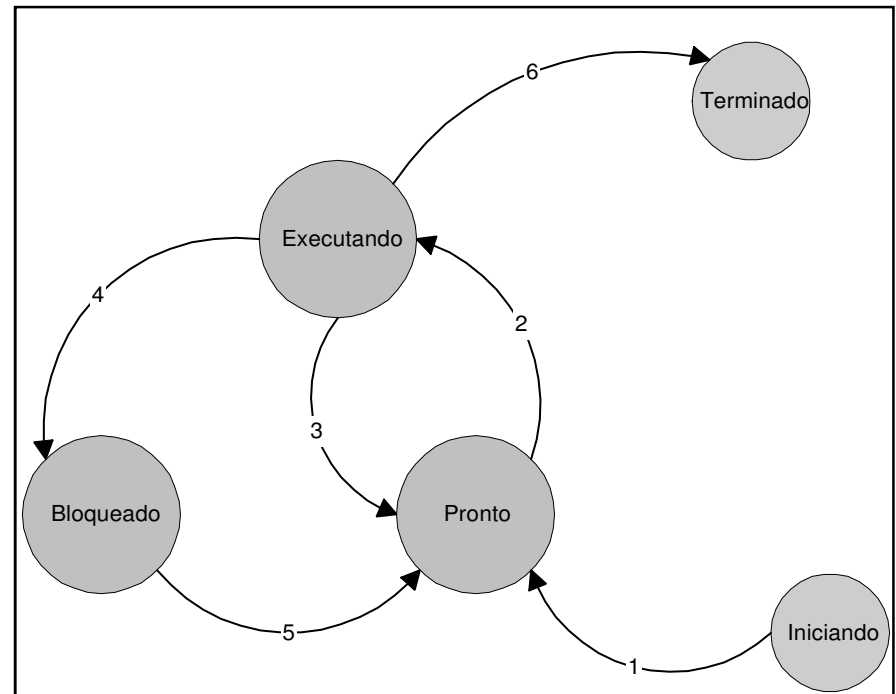


# Definição

---

- ▶ **Algoritmo de Escalonamento de CPU**
  - ▶ Algoritmo do S.O. que determina qual o próximo processo a ocupar a CPU
    - ▶ Executado quando ocorre estouro de Quantum ou interrupção do processo (I/O, Evento, Sinal, etc.) ou o processo acaba
    - ▶ Transições 3, 4 e 6



# Escalonador de Processos

---

- ▶ **Sistema Multiprogramado ou Multiprocessado**
  - ▶ Processos no estado de Pronto concorrem pela CPU
    - ▶ SO necessita de critério de escolha dos processos para execução
      - Política de Escalonamento
- ▶ **Critérios mudam com características dos Processos**
  - ▶ Batch, CPU Bound, I/O Bound, Interativos

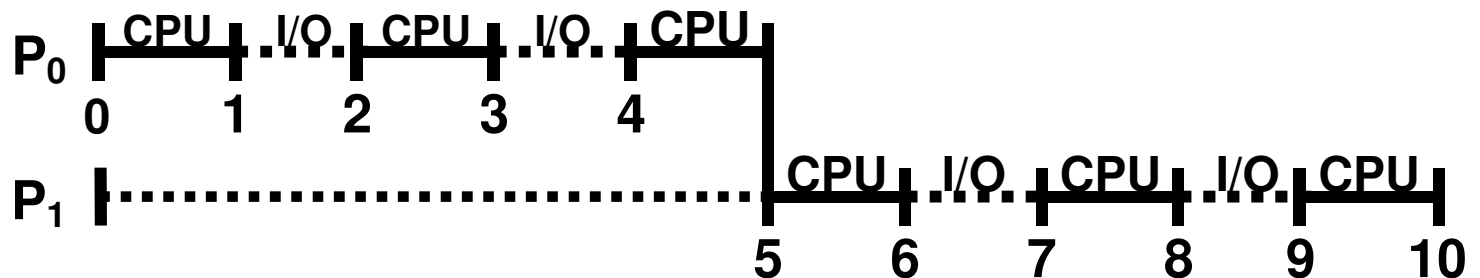


# Escalonador de Processos

---

## ▶ Sem multiprogramação

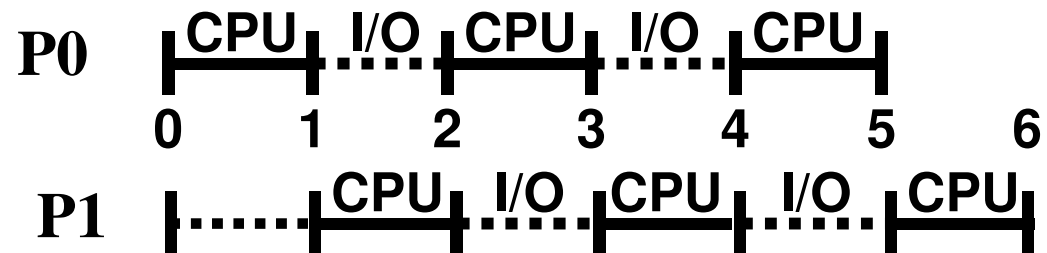
- ▶ Tempo Total de Execução = 10 unidades de tempo (ut)
- ▶ **Throughput** = 0,2 p/ut (No. Processos Executados por ut)
- ▶ **Tempo médio de execução** = 7,5 ut =  $(\Delta t P_0 + \Delta t P_1) / 2$
- ▶ **Utilização da CPU** = 60 % (Desprezando-se tempo de Kernel)
  - ▶ 40% de I/O



# Escalonador de Processos

---

- ▶ **Com multiprogramação**
  - ▶ Tempo Total de Execução = 6 ut
  - ▶ **Throughput** = 0,33 (No. Processos / ut)
  - ▶ **Tempo médio de execução** = 5,5 ut
  - ▶ **Utilização da CPU** = 100 %
    - ▶ Desprezando-se tempo de Kernel



# Metas do Escalonamento

---

- ▶ **Eficiência**

- ▶ Manter a CPU ocupada 100% do tempo

- ▶ **Throughput**

- ▶ Maximizar o número de processos (tarefas, jobs) executados em um dado intervalo de tempo

- ▶ **Turnaround**

- ▶ Minimizar o tempo de um processo no sistema, desde seu início até o término
  - ▶ Tempo médio de execução
  - ▶ Fundamental a processos Batch



# Metas do Escalonamento

---

- ▶ **Igualdade**

- ▶ Todo Processo tem direito de ocupar a CPU

- ▶ **Tempo de resposta**

- ▶ Minimizar o tempo decorrido entre a submissão de um pedido e a resposta produzida num processo interativo



# Tipos de Escalonamento

---

- ▶ **Dois tipos:**
  - ▶ Escalonamento não-preemptivo;
  - ▶ Escalonamento preemptivo.



# Escalonamento

---

- ▶ **Conceitos Básicos**
  - ▶ Multiprogramação visa maximizar a utilização da CPU
  - ▶ Processos têm surtos de CPU e I/O





# Escalonamento

---

- ▶ Escalonador de CPU ou de Curto Prazo
  - ▶ Escalonamento Não-Preemptivo
    - ▶ Escalonamento Cooperativo
    - ▶ Processo mantém a CPU até terminar, executar um I/O ou ocorrer uma interrupção no sistema
    - ▶ Não requer recursos especiais de hardware
    - ▶ Usado até o Windows 95
    - ▶ Não existe Quantum
      - Devolução voluntária do controle ao S.O.



# Escalonamento

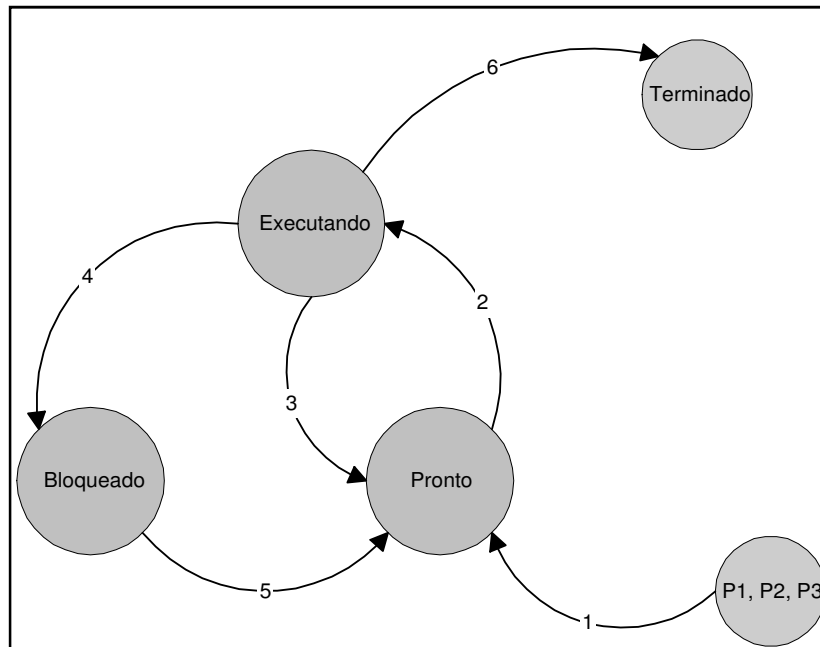
---

- ▶ Escalonador de CPU ou de Curto Prazo
  - ▶ Escalonamento Preemptivo
    - ▶ Requer temporizador na CPU
      - Fatia de Quantum
      - Uso do Clock
    - ▶ Requer suporte do SO para coordenar acesso a dados compartilhados de forma consistente
      - Proteção



# Escalonamento FIFO

- ▶ First Come First Served (FCFS, FIFO, PEPS)
  - ▶ Não preemptivo

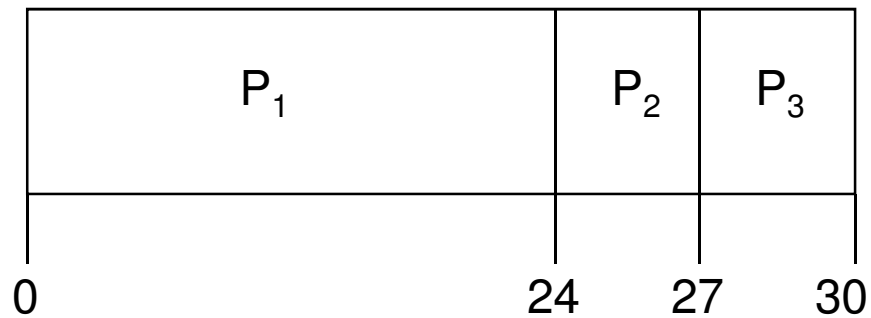


Processo	Início	Duração (ut)
P <sub>1</sub>	0	24
P <sub>2</sub>	0	3
P <sub>3</sub>	0	3

# Escalonamento FIFO

---

- ◆ **Ordem de chegada dos processos:**  
 $P_1, P_2, P_3$



# Escalonamento FIFO

---

- ▶ Tempos de espera

$$P_1 = 0$$

$$P_2 = 24$$

$$P_3 = 27$$

Dica: Tempo de Espera é o tempo que o processo passa no estado de Pronto.

- ▶ Tempo médio de espera

$$(0 + 24 + 27) / 3 = 17$$

$$\text{Throughput} = 0,1 (3/30)$$



# Escalonamento FIFO

---

- ▶ Tempos de saída

$$P_1 = 24$$

$$P_2 = 27$$

$$P_3 = 30$$

- ▶ Tempo médio de saída

$$(24 + 27 + 30) / 3 = 27$$

$$\text{Throughput} = 0,1 (3/30)$$

# Escalonamento FIFO

---

- ▶ Outra ordem de chegada

$P_2, P_3, P_1$



# Escalonamento SJF

---

## ▶ Shortest-Job-First (Menor Job Primeiro)

Usado para Processos Batch.

Sua execução diária permite determinar seu tempo total.

PID	Início	Duração de surto
P <sub>1</sub>	0	6
P <sub>2</sub>	0	8
P <sub>3</sub>	0	7
P <sub>4</sub>	0	3



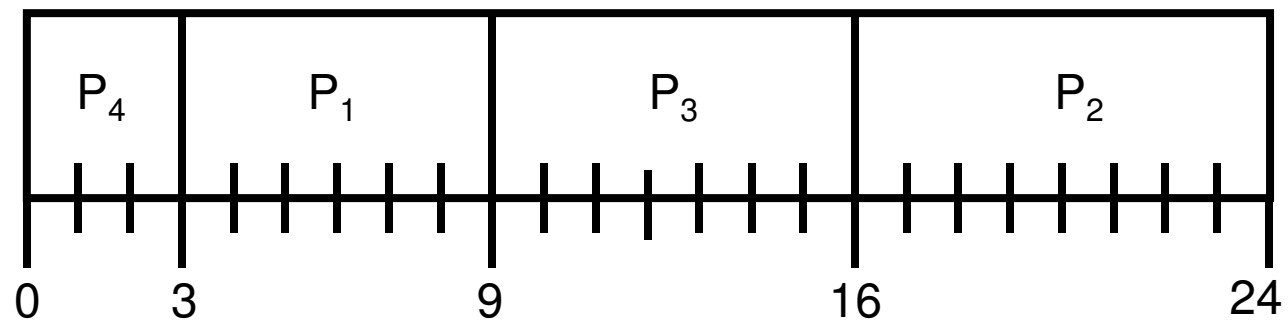


# Escalonamento SJF

---

## ◆ Tempos de espera

$$P_1 = 3; \quad P_2 = 16; \quad P_3 = 9; \quad P_4 = 0$$



# Escalonamento SJF

---

- ◆ **Tempo médio de espera melhora**

$$(3 + 16 + 9 + 0) / 4 = 7$$

Para FIFO, nesta situação, seria  $10,25 = (0 + 6 + 14 + 21) / 4$

- ◆ **Tempo médio de espera é mínimo**

- Algoritmo considerado *ótimo*



## Escalonamento SJF

---

- ▶ Problema: determinação da duração do próximo surto de CPU é impossível



# Preempção em SJF

---

- ▶ **Não preemptivo**

- ▶ Processo usa CPU até completar surto

- ▶ **Preemptivo**

- ▶ Novo processo pronto com surto previsto ( $T_A$ )
- ▶ Tempo restante previsto para o processo em execução ( $T_B$ )
- ▶ Se  $T_A < T_B \Rightarrow$  preempção por prioridade
- ▶ Shortest-Remaining-Time-First (SRTF)



# Escalonamento Round Robin

---

- ▶ Round-Robin (revezamento circular)
  - ▶ Sistema Preemptivo
    - ▶ Interrupção do Clock (existe Quantum)
  - ▶ Tempo de espera médio é longo
  - ▶ Tempo de saída maior que SJF
  - ▶ Tempo de resposta melhor que SJF



# Escalonamento Round Robin

---

- ▶ **Preemptivo**

- ▶ Quantum de tempo (10 ~ 100 ms)
  - ▶ Necessita temporizador
- ▶ Fila circular de processos prontos
- ▶ Com quantum  $q$  e  $n+1$  processos prontos:
  - ▶ Tempo máximo de espera:  $n*q$



# Escalonamento Round Robin

---

- ▶ Com quantum  $q$  e  $n+1$  processos prontos:
  - ▶ Tempo máximo de espera:  $n*q$
- ▶ Suponha uma fila de pronto com 101 processos, Quantum de 100 ms
- ▶ Um processo interativo executa, faz uma requisição, vai para bloqueado e de lá para o fim da fila
  - ▶ Quando a resposta será entregue ao usuário do processo interativo?



# Escalonamento Round Robin

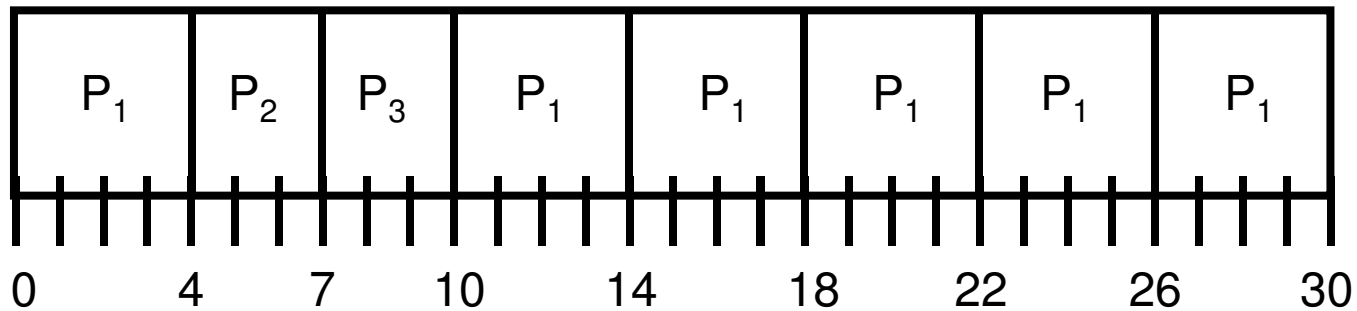
---

Processo	Início	Duração de surto
P <sub>1</sub>	0	24
P <sub>2</sub>	0	3
P <sub>3</sub>	0	3

Exemplo com quantum de 4 ms

TEP1 = 6    TEP2 = 4    TEP3 = 7

Tempo médio de espera:  $17 / 3 = 5,66$  ms





# Escalonamento por Prioridade

---

- ▶ Cada processo tem uma prioridade
  - ▶ Número inteiro dentro de limites
    - ▶ Faixas 0 a 7 ou 0 a 4095
  - ▶ Menor (ou maior) número  $\Rightarrow$  maior prioridade
    - ▶ Empate  $\Rightarrow$  FCFS
  - ▶ SJF é um caso especial de prioridade



# Escalonamento por Prioridade

---

- ▶ Prioridade definida interna ou externamente
- ▶ Preemptivo ou não preemptivo
- ▶ Starvation – Estagnação
  - ▶ Bloqueio por tempo indefinido
  - ▶ Solução: aging (envelhecimento)

