



Avaliação de desempenho de Sistemas de Informação  
Teoria das filas - Rede de Filas II

**BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

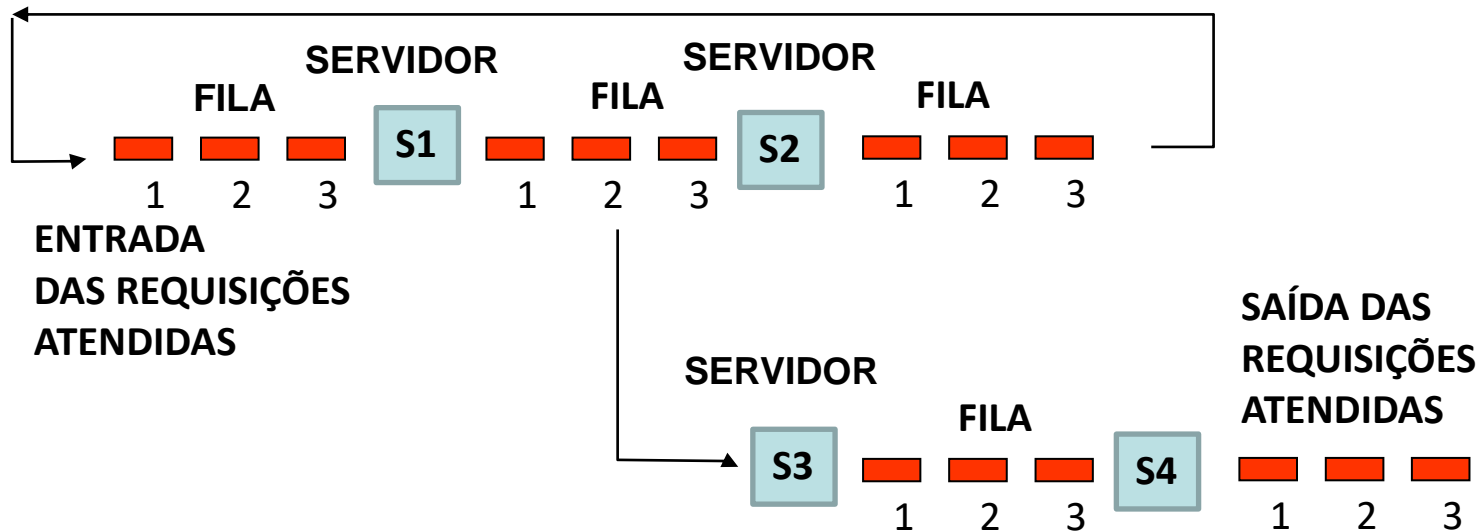
Prof. Sergio Nascimento

[sergio.onascimento@sp.senac.br](mailto:sergio.onascimento@sp.senac.br)



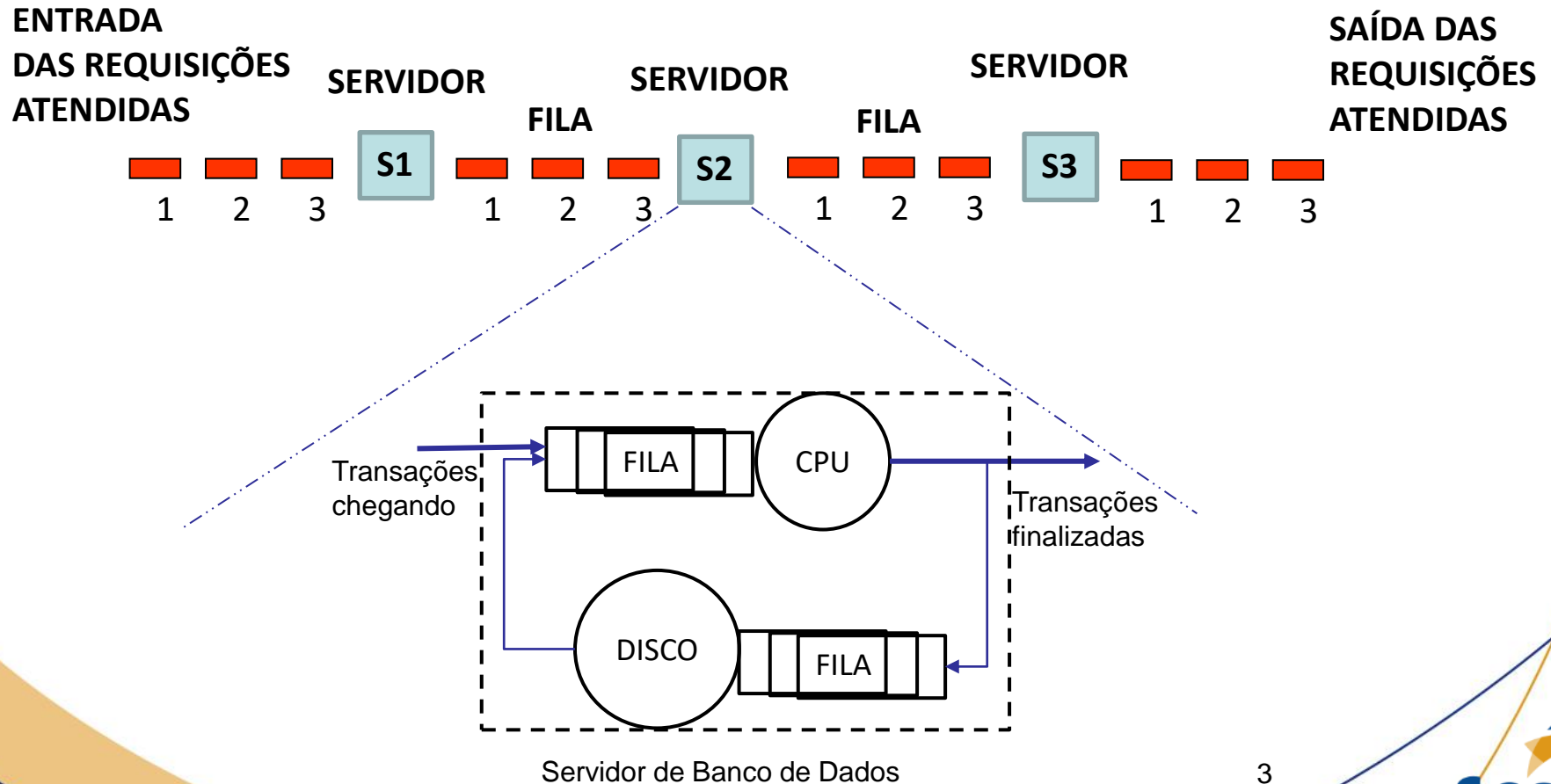
# Rede de Filas

- ❑ Coleção de serviços e clientes;
- ❑ Sistema que contém duas ou mais filas conectadas entre si;
- ❑ Solicitações chegam por uma ou mais entradas, trafegam de uma fila para outra e saem por uma ou mais saídas;



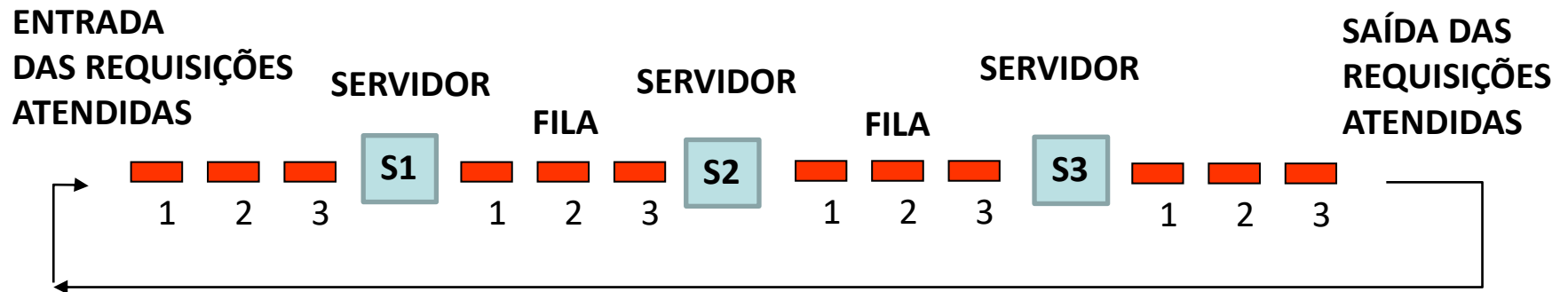
# Filas abertas

- ❑ Admitem chegadas de solicitações externas e enviam o resultado dessas solicitações para o exterior



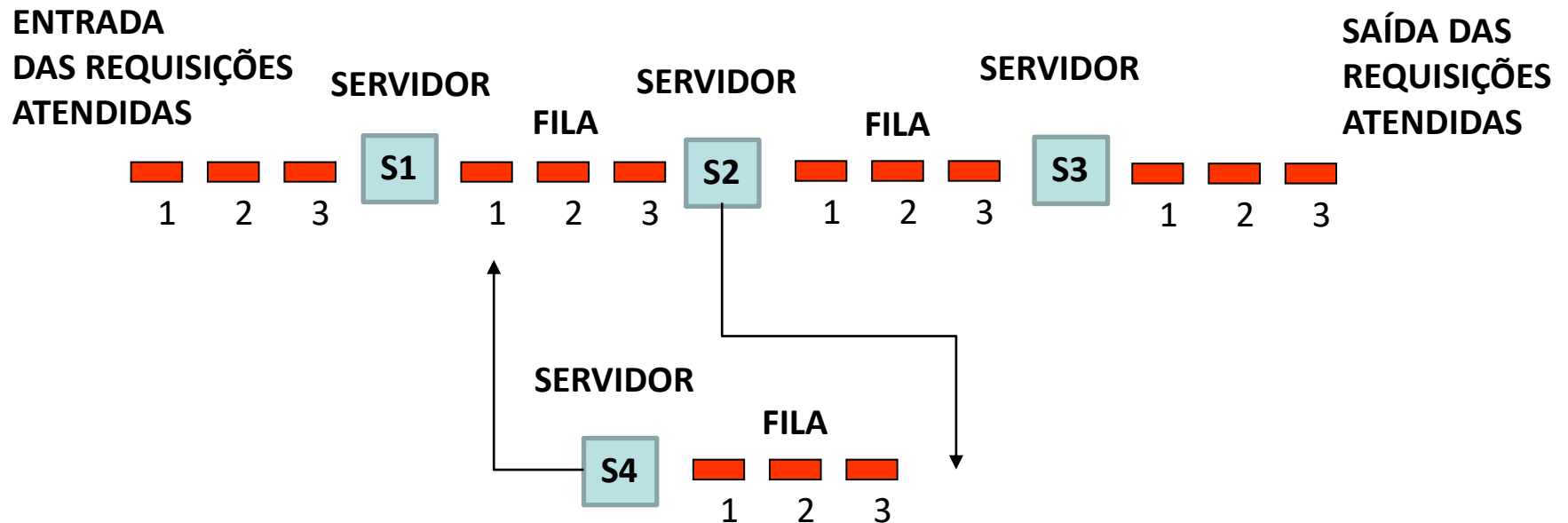
# Filas fechadas

- ❑ Não admitem entradas ou saídas de solicitações.
  - Quantidade de solicitações é constante.



# Filas mistas

- ❑ Mescla filas abertas com filas fechadas



# Classificação – Tipos de Classes de Cargas

## ❑ Cargas Abertas

- Permite que o sistema receba número ilimitado de clientes (ex: roteador recebendo pacotes)
- População varia com o tempo (clientes que entram no sistema, devem deixar o sistema)

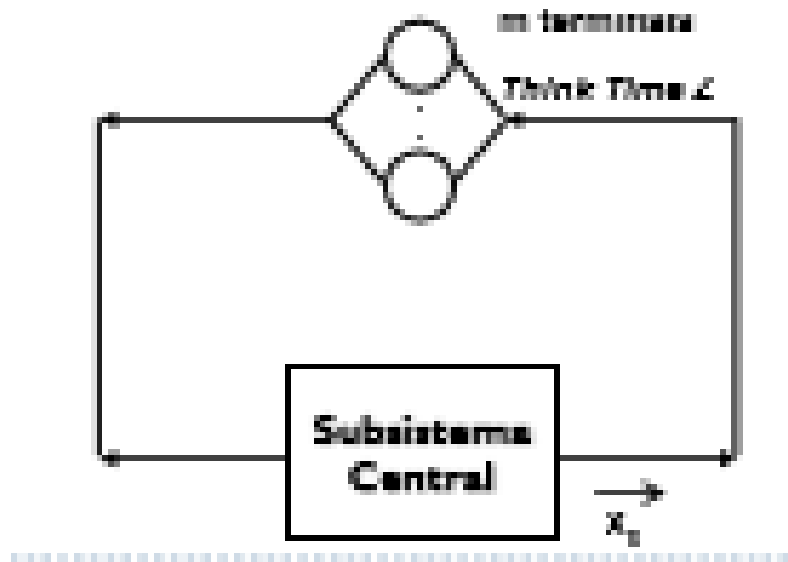
## ❑ Cargas Fechadas

- Permite a entrada de um número limitado de clientes (ex: cargas interativas ou em lote)
  - Cargas em Lote (Batch) –  $N$  indica número de clientes ativos no sistema (população finita), que são substituídos instantaneamente quando são servidos.
  - Cargas Interativas –  $N$  indica número de clientes ativos e  $Z$  indica o think time

# Lei do Tempo de Resposta Interativo

## ❑ Sistema Interativo

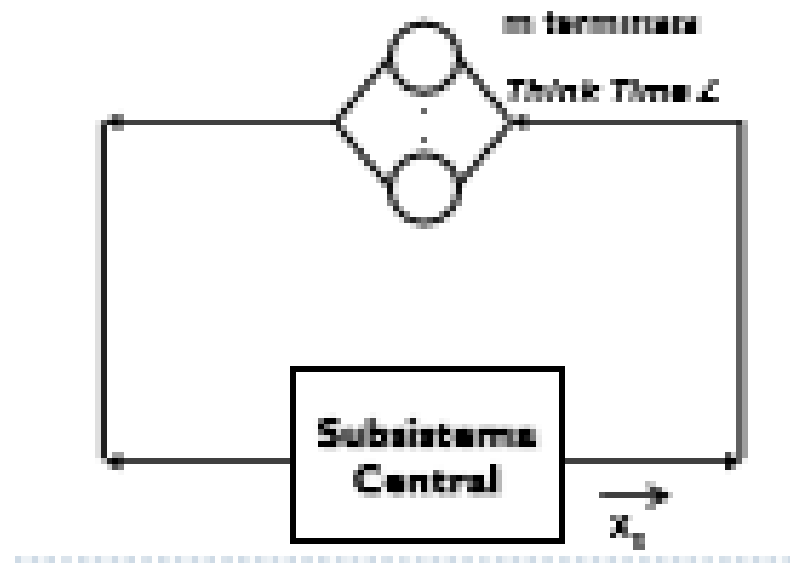
- Possui  $n^0$  fixo de clientes conectados a um sistema central, para onde suas solicitações são enviadas e processadas.
- Solicitações atendidas são devolvidas ao cliente com a resposta do processamento solicitado



# Lei do Tempo de Resposta Interativo

## ❑ Sistema Interativo

- Depois de receber a solicitação atendida, o cliente fica um tempo parado (think time).
  - Cliente pensando ou escrevendo uma nova solicitação.
- Subsistema central tem uma vazão das solicitações que foram atendidas e devolvidas ao cliente





# Lei do Tempo de Resposta Interativo

## □ Tempo de Resposta Interativo (R)

O tempo de resposta de um sistema interativo é igual a razão do número de clientes no sistema pelo throughput do sistema menos o think time médio dos clientes.

$$R = \frac{N}{X_0} - Z$$

N = número total de usuários

$X_0$  = throughput médio entre terminais e subsistema.

Z = think time

Tempo de residência (sistema) = Tempo de resposta (R) + think time (Z)

# Exercícios

1) Um sistema de computação interativo foi observado durante um período no qual 36 terminais estavam ativos. Durante esse intervalo, a taxa de processamento do subsistema foi de 4 transações por segundo e o think time médio foi de 6 segundos. Qual foi o tempo médio de resposta do subsistema? E do sistema interativo como um todo?

$N = 36$  usuários

$X_0 = 4$  transações/segundo

$Z = 6$  segundos

# Exercícios

1) Um sistema de computação interativo foi observado durante um período no qual 36 terminais estavam ativos. Durante esse intervalo, a taxa de processamento do subsistema foi de 4 transações por segundo e o *think time* médio foi de 6 segundos. Qual foi o tempo médio de resposta? E do sistema interativo como um todo?

$N = 36$  usuários

$X_0 = 4$  transações/segundo

$Z = 6$  segundos

$R = (N / X_0) - Z = (36 / 4) - 6 = 3$  segundos

$R_{\text{SISTEMA}} = R + Z = 3 + 6 = 9$  segundos

# Leis Operacionais – Lei do Tempo de resposta

- Tempo de resposta total do sistema (desde a entrada até a saída) depende do tempo de resposta de cada recurso (fila) e do número de visitas a cada recurso por solicitação.

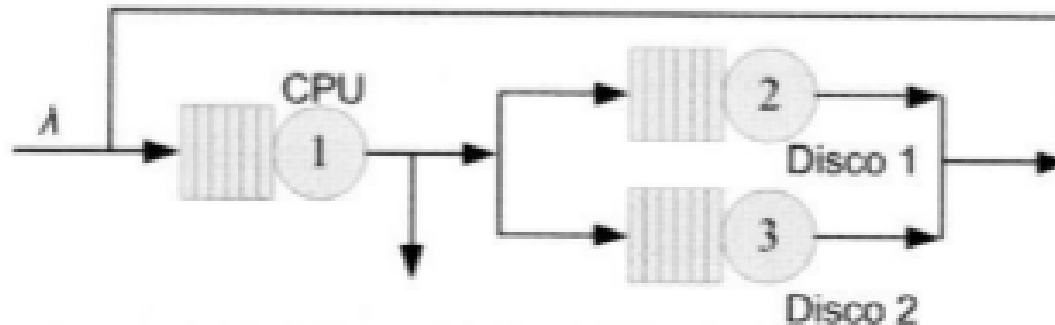
$$R = \sum_{i=1}^K V_i \times R_i$$

$$R = \sum_{i=1}^K \frac{D_i}{1 - U_i}$$

---

# Leis Operacionais – Lei do Tempo de resposta

- ❑ Exemplo: O sistema abaixo atende a  $X = 5$  transações/s



Foram obtidos os seguintes dados:

$$S_{\text{CPU}} = 12 \text{ ms/visita}$$

$$V_{\text{CPU}} = 6 \text{ visitas/transação}$$

$$S_{\text{DISCO1}} = 30 \text{ ms/visita}$$

$$V_{\text{DISCO1}} = 1 \text{ visitas/transação}$$

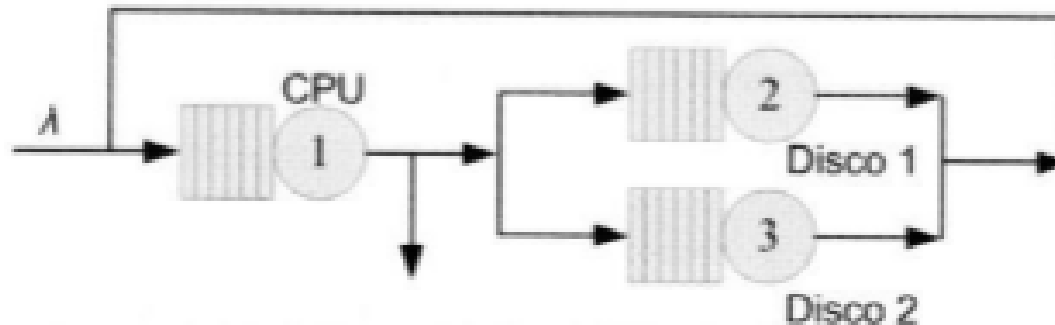
$$S_{\text{DISCO2}} = 25 \text{ ms/visita}$$

$$V_{\text{DISCO2}} = 4 \text{ visitas/transação}$$

Qual é o tempo de resposta do sistema?

# Leis Operacionais – Lei do Tempo de resposta

- ❑ Exemplo: O sistema abaixo atende a  $X = 5$  transações/s



$$D_{\text{CPU}} = V_{\text{CPU}} \times S_{\text{CPU}} = 6 \times 0,012 = 0,072 \text{ s}$$

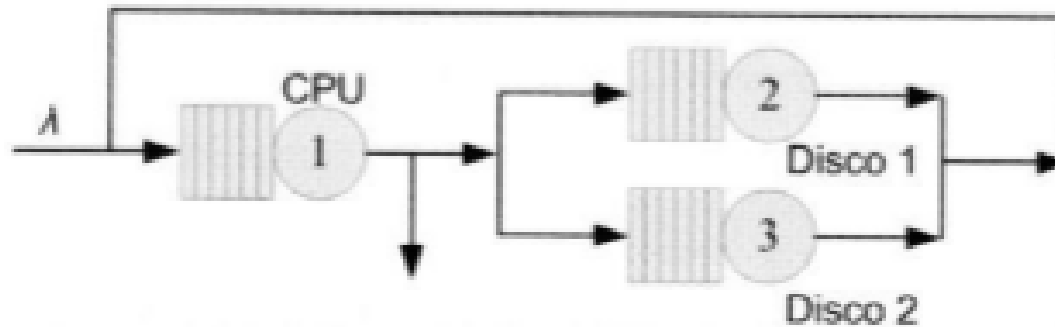
$$D_{\text{DISCO1}} = V_{\text{DISCO1}} \times S_{\text{DISCO1}} = 1 \times 0,03 = 0,03 \text{ s}$$

$$D_{\text{DISCO2}} = V_{\text{DISCO2}} \times S_{\text{DISCO2}} = 4 \times 0,025 = 0,1 \text{ s}$$

Para calcular R do sistema precisaríamos dos  $R_i$  de cada recurso. Como não temos, utilizaremos a demanda de cada recurso.

# Leis Operacionais – Lei do Tempo de resposta

❑ Exemplo: O sistema abaixo atende a  $X = 5$  transações/s



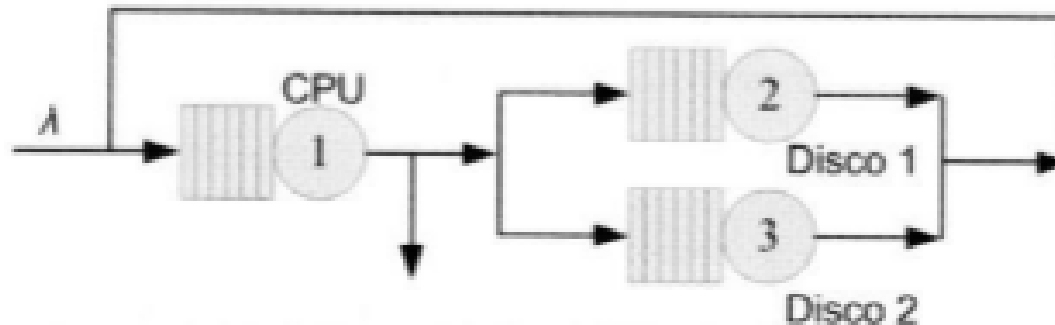
$$U_{\text{CPU}} = X_0 \times D_{\text{CPU}} = 5 \times 0,072 = 0,36 \text{ (36\%)}$$

$$U_{\text{DISCO1}} = X_0 \times D_{\text{DISCO1}} = 5 \times 0,03 = 0,15 \text{ (15\%)}$$

$$U_{\text{DISCO2}} = X_0 \times D_{\text{DISCO2}} = 5 \times 0,1 = 0,5 \text{ (50\%)}$$

# Leis Operacionais – Lei do Tempo de resposta

❑ Exemplo: O sistema abaixo atende a  $X = 5$  transações/s



$$R = R_{\text{CPU}} + R_{\text{DISCO1}} + R_{\text{DISCO1}} + R_{\text{DISCO2}}$$

$$R = \frac{D_{\text{CPU}}}{1 - U_{\text{CPU}}} + \frac{D_{\text{DISCO1}}}{1 - U_{\text{DISCO1}}} + \frac{D_{\text{DISCO2}}}{1 - U_{\text{DISCO2}}}$$

$$R = \frac{0,072}{1 - 0,36} + \frac{0,03}{1 - 0,15} + \frac{0,1}{1 - 0,5} = 0,11 + 0,035 + 0,2 = 0,345 \text{ s}$$



# Leis Operacionais – Lei da Demanda de Serviço

A demanda pode ser relacionada ao throughput do sistema e à sua utilização.

$$D_i = V_i \times S_i = \frac{X_i}{X_o} \times \frac{U_i}{X_i} = \frac{U_i}{X_o}$$

$$D_i = \frac{U_i}{X_o}$$

Exemplo: Um sistema de computação foi monitorado durante 60 minutos. Nesse período, 120 transações foram processadas, e foram obtidos valores para a utilização da CPU e dos dispositivos I/O. Calcular a demanda de serviço para cada dispositivo.

Dispositivo	$U_i$
CPU	80%
Disco 1	20%
Disco 2	25%
Disco 3	30%

# Leis Operacionais – Lei da Demanda de Serviço

Exemplo: Um sistema de computação foi monitorado durante 60 minutos. Nesse período, 120 transações foram processadas, e foram obtidos valores para a utilização da CPU e dos dispositivos I/O. Calcular a demanda de serviço para cada dispositivo.

Dispositivo	$U_i$
CPU	80%
Disco 1	20%
Disco 2	25%
Disco 3	30%

$$T = 60 \text{ minutos} = 3600 \text{ s}$$

$$C_o = 120 \text{ transações}$$

$$X_o = \frac{C_o}{T} = \frac{120}{3600} = 0,033 \text{ solicitações/s}$$

## Exercício

1) Um sistema de computação foi monitorado durante 60 minutos. Nesse período, 120 transações foram processadas, e foram obtidos valores para a utilização da CPU e dos dispositivos I/O. Calcular a demanda de serviço para cada dispositivo.

Dispositivo	$U_i$
CPU	80%
Disco 1	20%
Disco 2	25%
Disco 3	30%

$$T = 3600 \text{ s} / C_0 = 120 \text{ transações}$$

$$D_{\text{CPU}} = \frac{U_{\text{CPU}}}{X} = \frac{0,8}{0,033} = 24,24 \text{ s}$$

$$D_{\text{disco1}} = \frac{U_{\text{disco1}}}{X} = \frac{0,2}{0,033} = 6,06 \text{ s}$$

$$D_{\text{disco2}} = \frac{U_{\text{disco2}}}{X} = \frac{0,25}{0,033} = 7,58 \text{ s}$$

$$D_{\text{disco3}} = \frac{U_{\text{disco3}}}{X} = \frac{0,3}{0,033} = 9,1 \text{ s}$$

## Exercício

2) Um sistema de computação possui dois tipos de carga, uma interativa e em lote. O sistema tem 20 terminais ativos em média e think time médio de 15s. A taxa de chegadas de solicitações da carga em lote é de 2,5 transações por segundo. Em determinado disco i, a utilização total foi de 90% e o consumo de recursos foi de 0,4 segundos para a carga interativa e 0,2 segundos para a carga em lote. Qual o tempo médio de resposta da carga interativa?

## Exercício

2) Um sistema de computação possui dois tipos de carga, uma interativa e outra em lote. O sistema tem 20 terminais ativos em média e think time médio de 15s. A taxa de chegadas de solicitações da carga em lote é de 2,5 transações por segundo. A utilização total foi de 90% e o consumo de recursos foi de 0,4 segundos para a carga interativa e 0,2 segundos para a carga em lote. Qual o tempo médio de resposta da carga interativa?

$N = 20$  terminais

$Z = 15$  s

$\lambda_{\text{lote}} = 2,5$  transações/s

$U_{\text{disco i}} = 0,9$

$D_i (\text{interativa}) = 0,4$  s

$D_i (\text{lote}) = 0,2$  s

## Exercício

2) Um sistema de computação possui dois tipos de carga, uma interativa e em lote. O sistema tem 20 terminais ativos em média e think time médio de 15s. A taxa de chegadas de solicitações da carga em lote é de 2,5 transações por segundo. A utilização total foi de 90% e o consumo de recursos foi de 0,4 segundos para a carga interativa e 0,2 segundos para a carga em lote. Qual o tempo médio de resposta da carga interativa?

$$R = \frac{N}{X_0 \text{ (interativa)}} - Z = \frac{20}{X_0 \text{ (interativa)}} - 15$$

$$D_i = \frac{U_i}{X_0} \Rightarrow U_i = D_i \times X_0$$

$$U_i = D_{i \text{ (interativa)}} \times X_{0 \text{ (interativa)}} + D_{i \text{ (lote)}} \times X_{0 \text{ (lote)}}$$

$$U_i = 0,4 \times X_{0 \text{ (interativa)}} + 0,2 \times 2,5 = 0,9$$

$$X_{0 \text{ (interativa)}} = 1 \text{ transação/s} \Rightarrow R = \frac{20}{1} - 15 = 5 \text{ s}$$