PLANEJAMENTO DE CAPACIDADE, MODELAGEM E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS

MODELAGEM MATEMÁTICA DE SISTEMAS COPUTACIONAIS

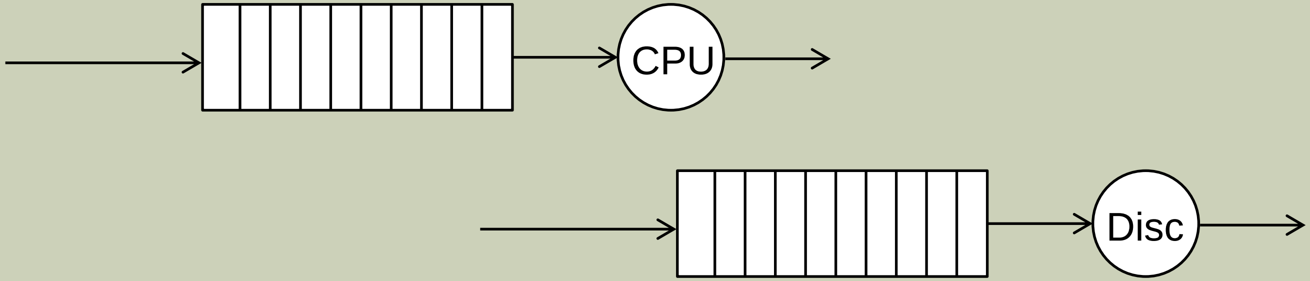
Professor: Luis Enrique Zárate

MODELAGEM MATEMÁTICA DE SISTEMAS COPUTACIONAIS

A modelagem matemática de Sistema Computacionais baseado na teoria das filas é fundamentada no fato de um sistema computacional, ao possuir velocidade finita, produz fila de espera.

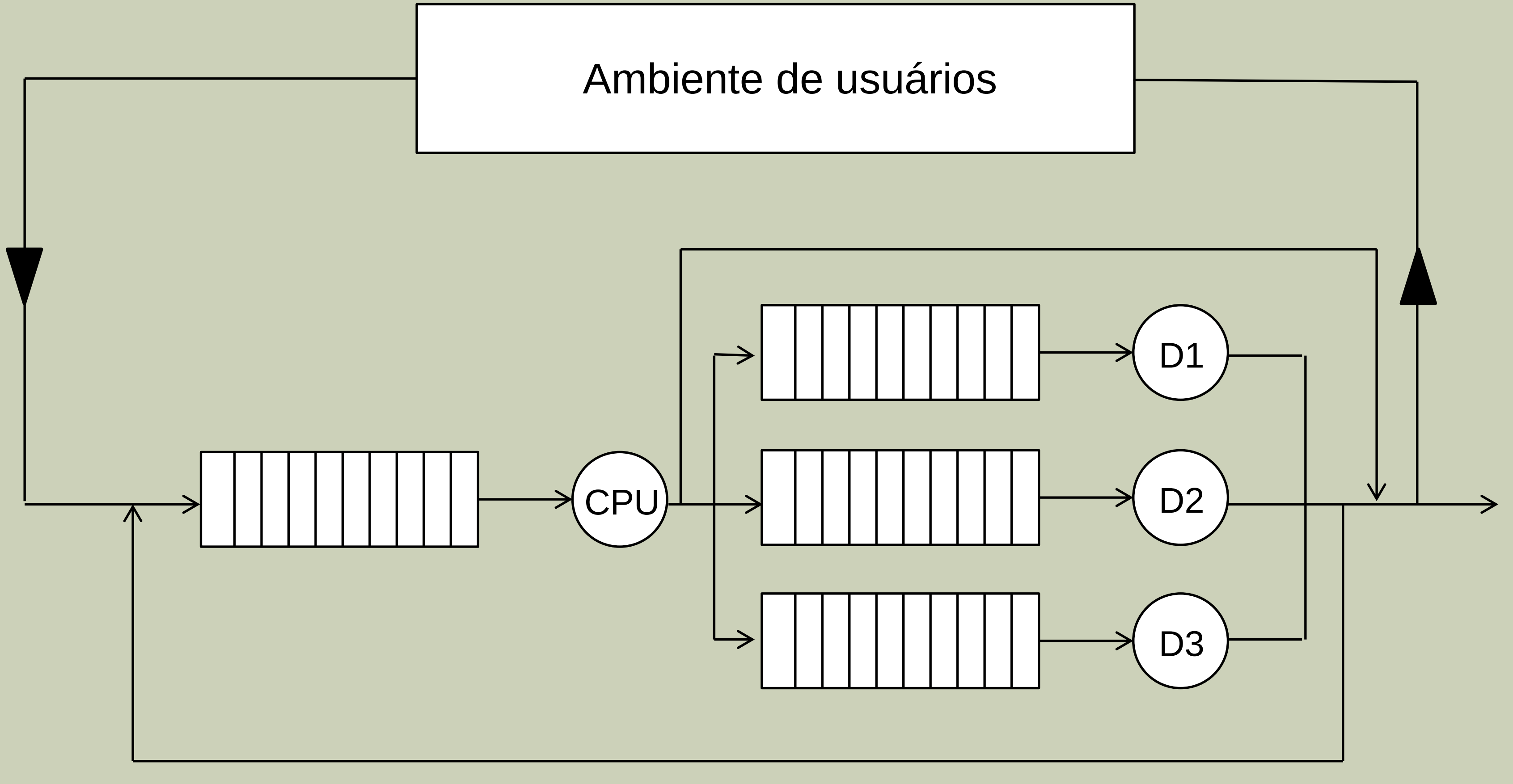
A modelagem baseado na teoria das filas, pode modelar qualquer sistema em distintos níveis de abstração.

Dispositivos isolados:

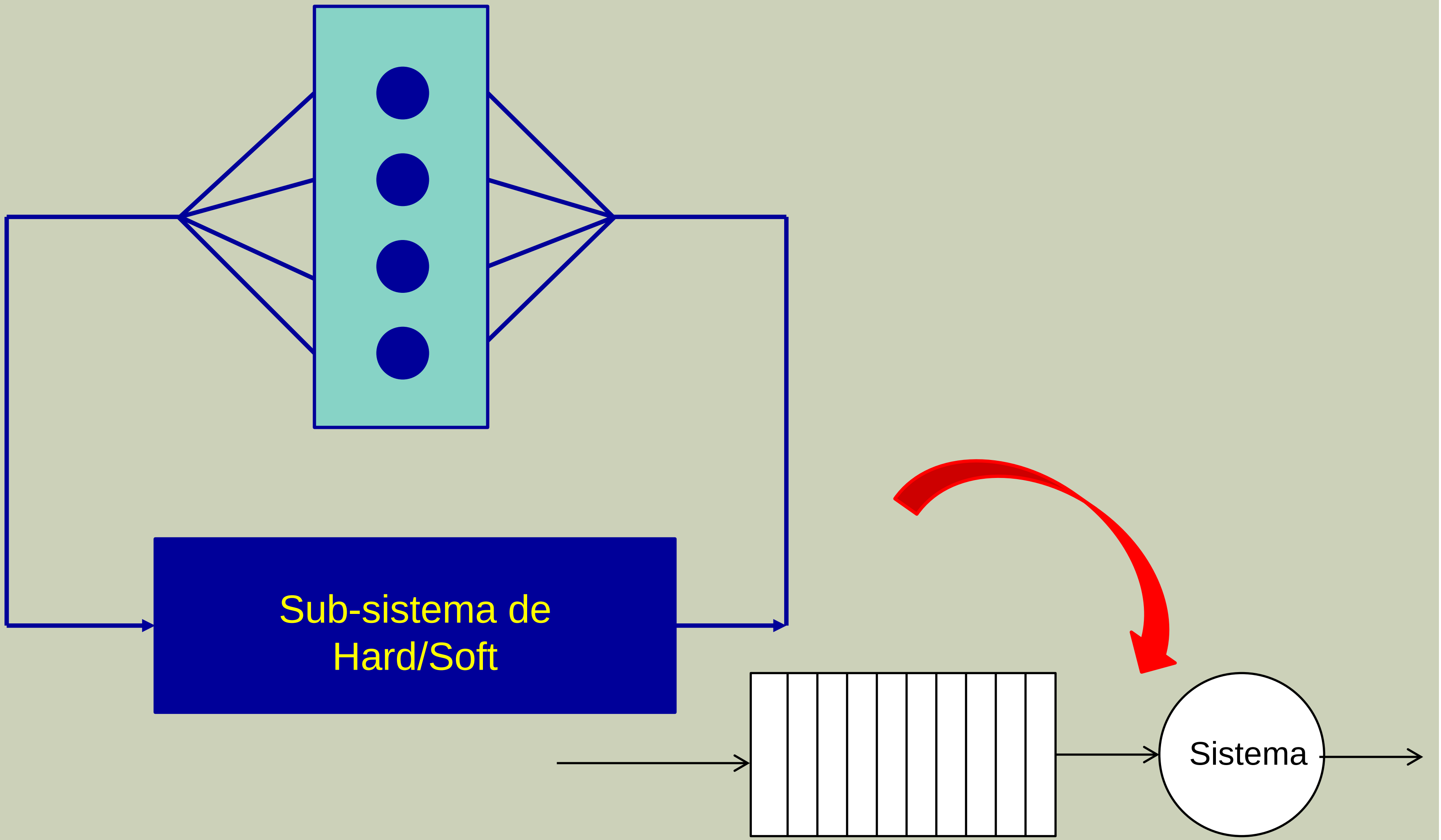


MODELAGEM MATEMÁTICA DE SISTEMAS COPUTACIONAIS

Exemplo de Sistema Computacional:

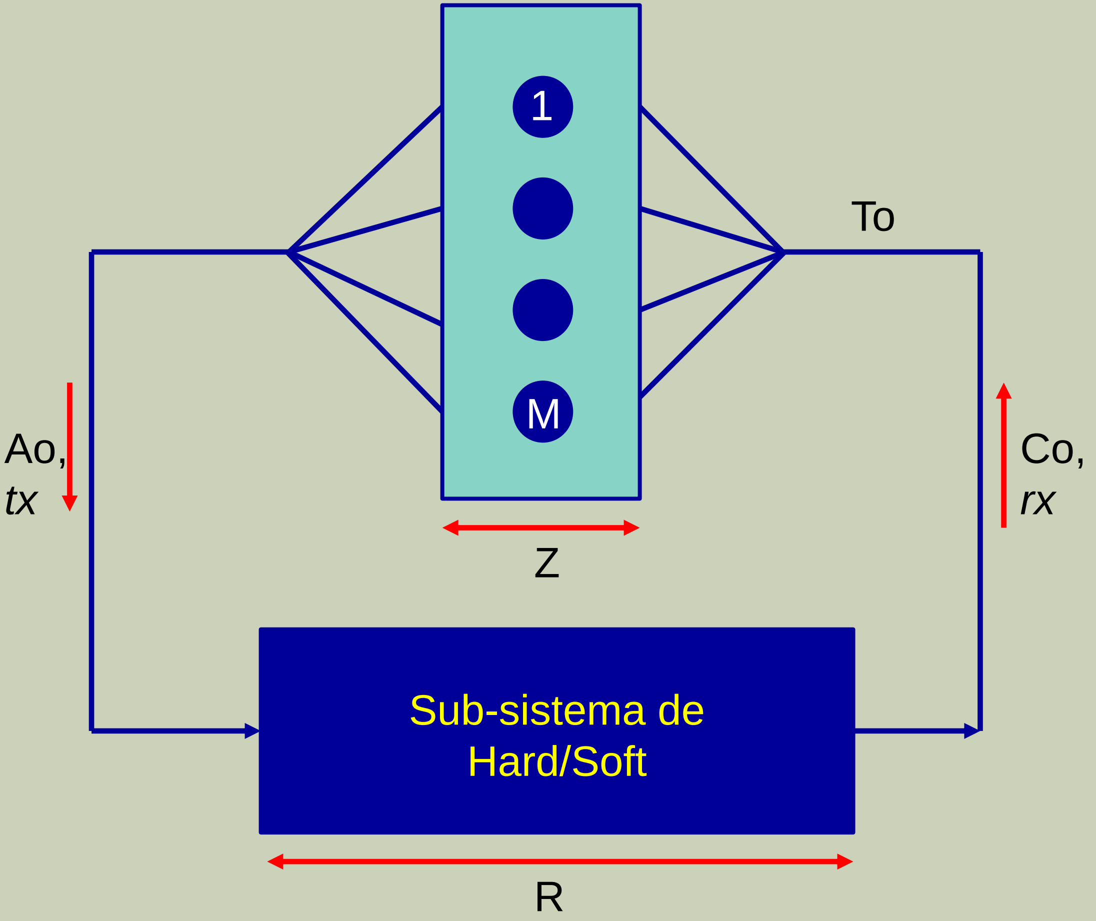


MODELAGEM MATEMÁTICA DE SISTEMAS COPUTACIONAIS



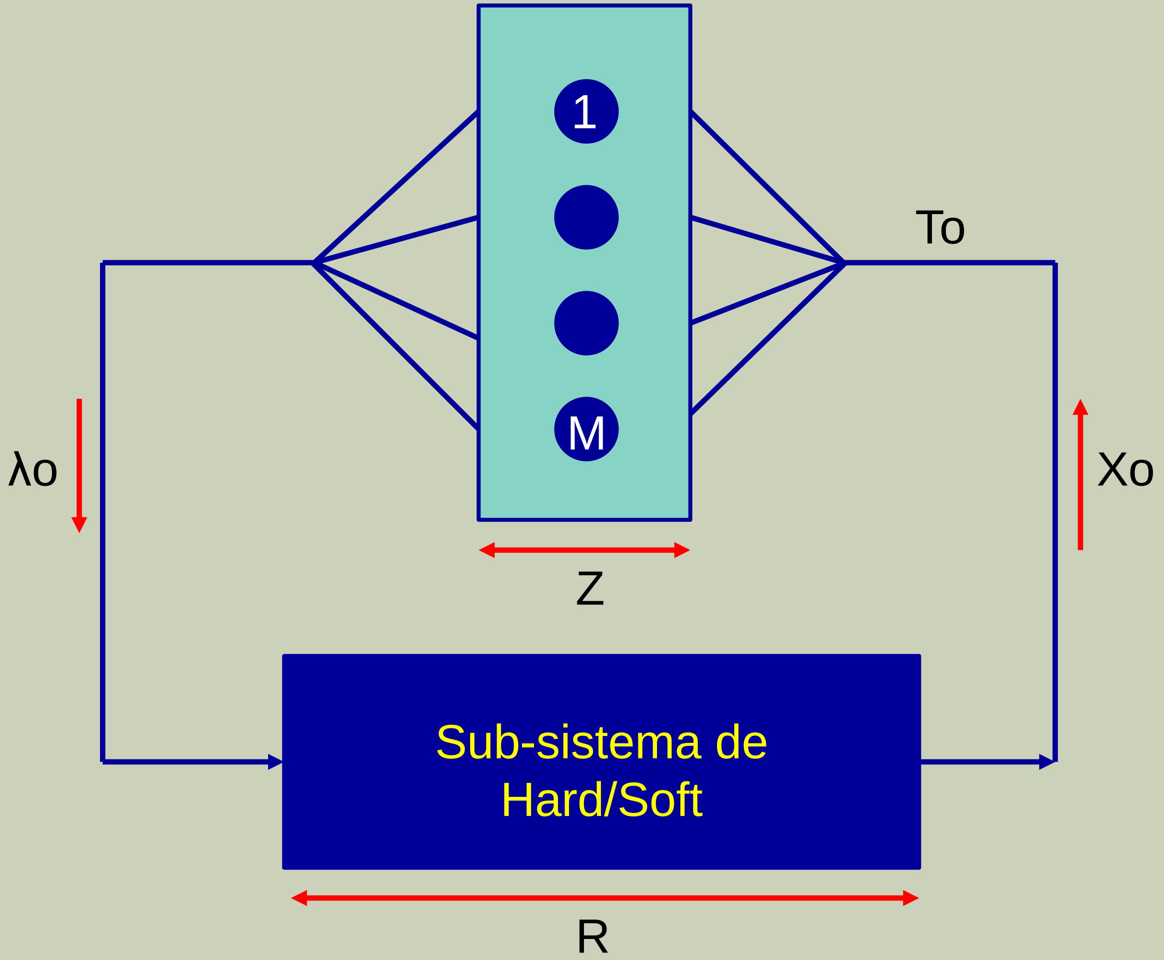
Modelagem de sistemas interativos

MODELAGEM DE SISTEMAS INTERATIVOS



To: Tempo de observação (s)
Ao: Requisições que chegam ao sistema durante T. (req)
Co: Requsições atendidas durante To (req)
Z: Tempo de pensar (s)
R: Tempo médio de resposta (s/req)

MODELAGEM DE SISTEMAS INTERATIVOS



<u>Variáveis derivadas:</u>

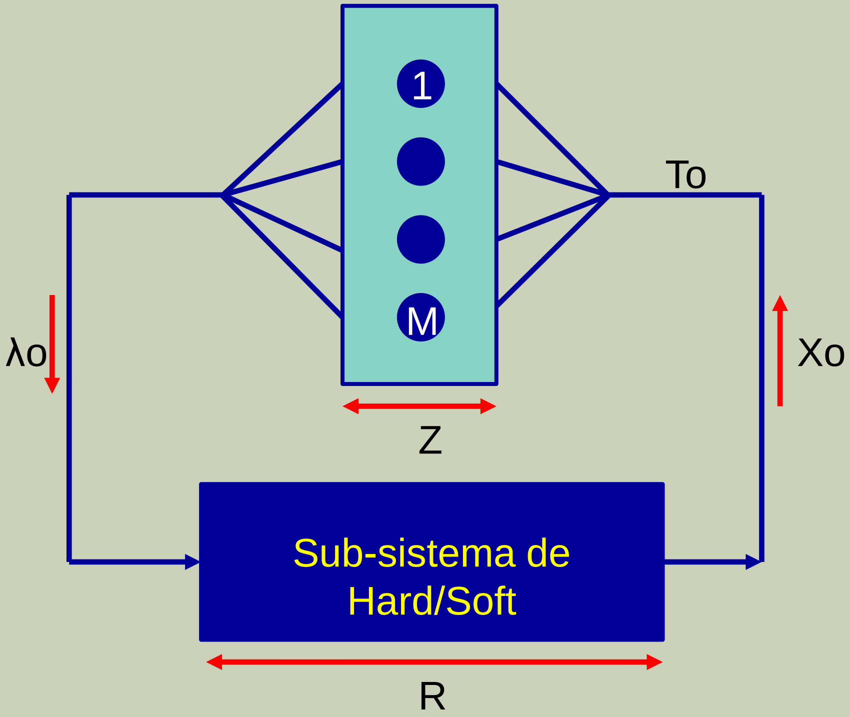
Carga de Trabalho:

$\lambda o = Ao/To$ (req/s)

Taxa de processamento do sistema:

$Xo = Co/To$ (req/s)

MODELAGEM DE SISTEMAS INTERATIVOS



<u>Modelando o Sistema:</u>

Considerando tempos médios,

Z + *tx* + R + *rx* = M/Xo

Tipícamente: Z ≈ *7 s.*

Como *rx ≈ 0, rx ≈ 0,* quando comparando com Z

Z + R = M/Xo

Tempo médio de resposta:

R = M/Xo - Z

MODELAGEM DE SISTEMAS INTERATIVOS

Exemplo de aplicação:

Um sistema interativo foi observado durante 1 hora. Durante esse período de tempo foram atendidas 7200 requisições de usuários. Par aum tempo de pensar de 7 s. Calcular o tempo médio de resposta (R) se o número de terminais é de 40.

$To = 3600$ s; $Co = 7200$ req.; $M = 40$; $Z = 7$s

$Xo = Co/To = 7200/3600 = 2$ req./s

Tempo médio de resposta:

$R = M/Xo - Z = (40/2) – 7 = 13$ s/req

MODELAGEM DE SISTEMAS INTERATIVOS

Melhorando o Desempenho do Sistema:

Para diminuir R↓ é possível:

$$R \downarrow = M \downarrow / Xo\uparrow - Z$$

a) Diminuíndo o número de terminais (M):

Supondo que 10 terminais são desligados:

M = 30 terminais

To = 3600 s; Co = 7200 req.; Z = 7s

Tempo médio de resposta:

R = M/Xo - Z = (30/2) – 7 = 8 s/req.

MODELAGEM DE SISTEMAS INTERATIVOS

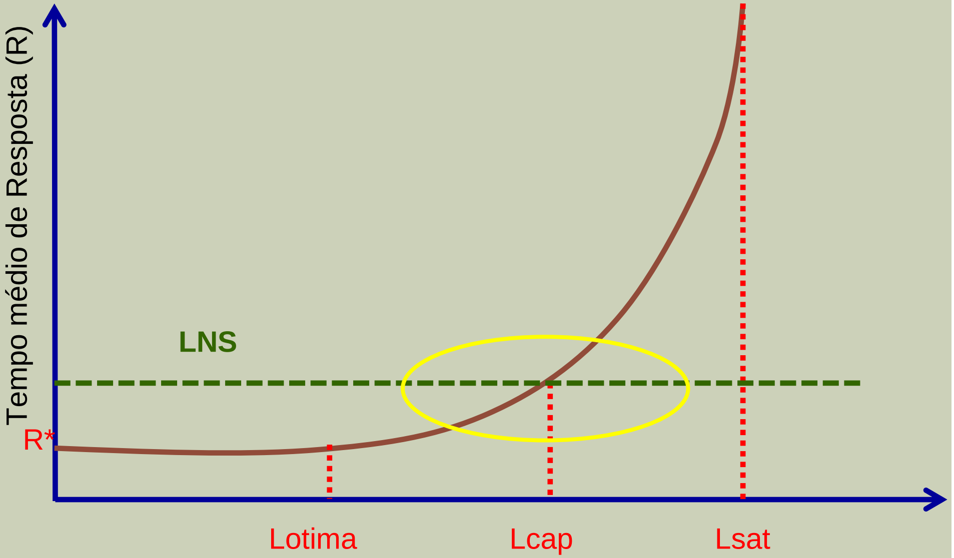
b) Propondo um tempo de resposta limite (LNS):

Para R = 3 s/req

To = 3600 s; Co = 7200 req.; Z = 7s

Número de terminais:

M = Xo (R + Z) = 2 (3 + 7) = 20 terminais



c) Número minimo de teriinas:

M_min = ?

MODELAGEM DE SISTEMAS INTERATIVOS

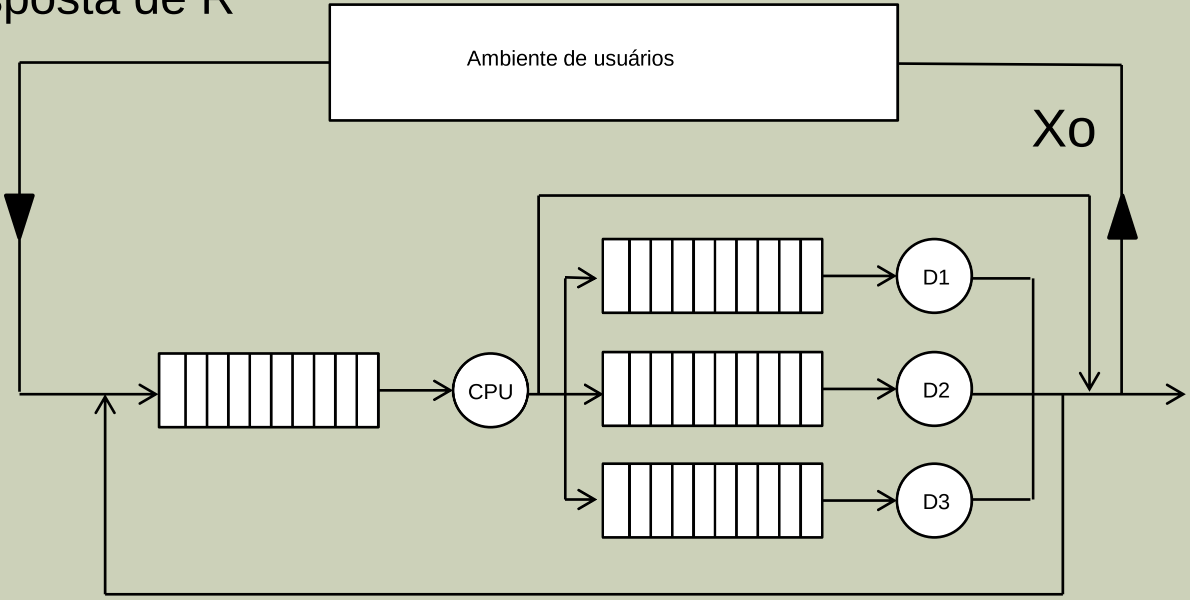
d) <u>Aumentando a taxa de processamento:</u>

Sendo:

Xo = M / (R + Z)

Para um Tempo médio de resposta de R = 3 s/req.

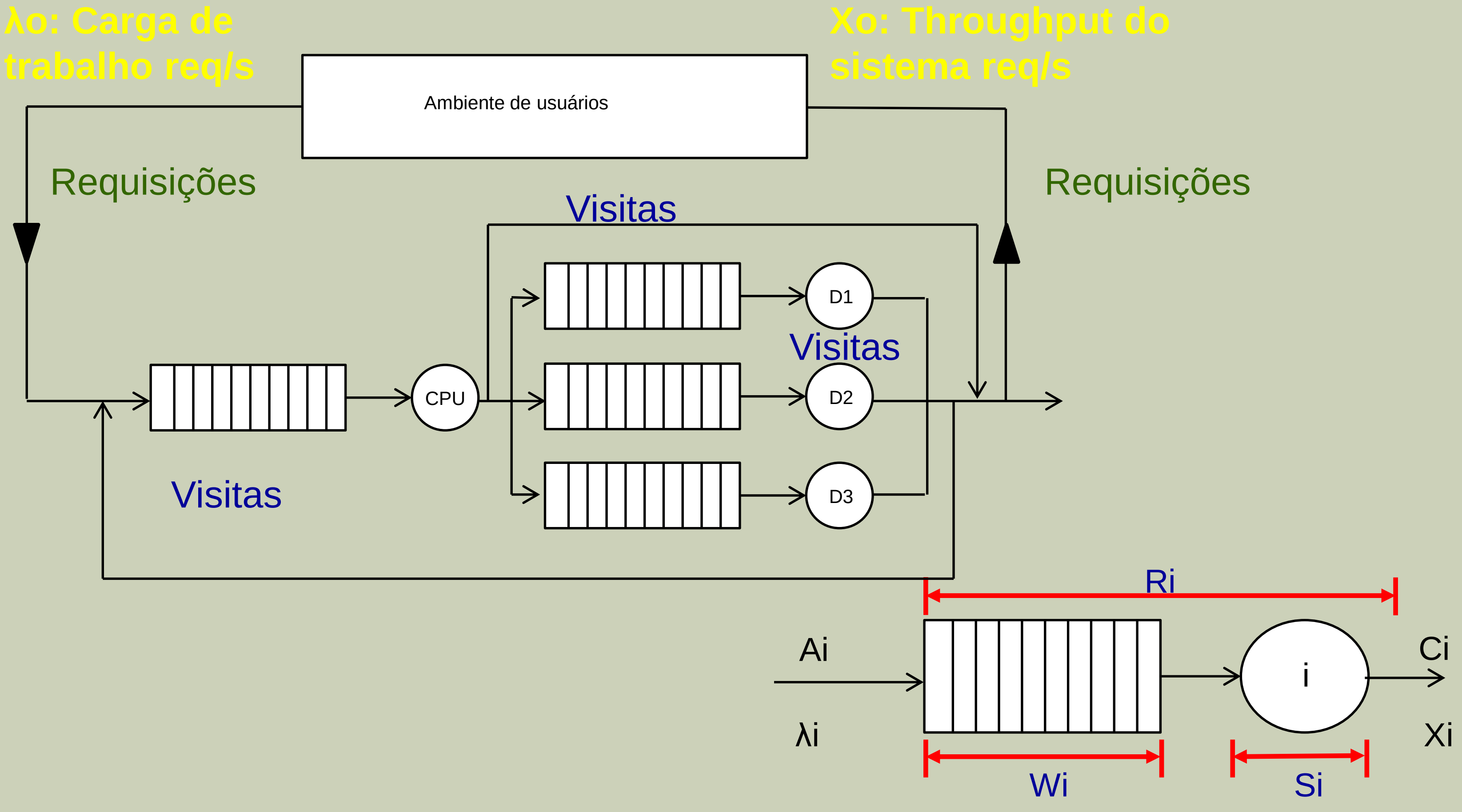
Xo = 40 / (3 + 7) = 4 req/s



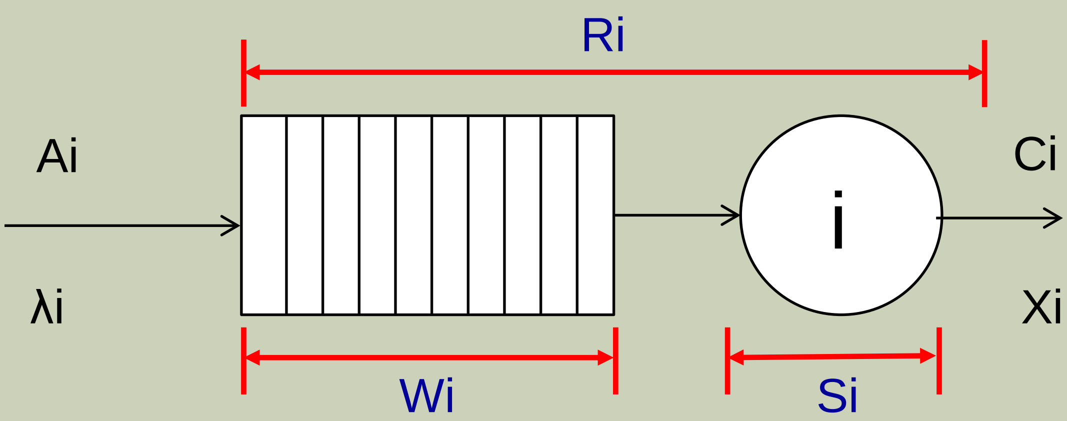
Modelagem de dispositivos isolados

MODELAGEM DE DISPOSITIVOS ISOLADOS

Requisições e visitas por requisição:



MODELAGEM DE DISPOSITIVOS ISOLADOS



Variáveis Básicas:

To: Tempo de observação [s.]

Ai: Visitas que chegam ao dispositivo "i", durante To [visitas]

Bi: Tempo de ocupação do dispositivo "i", durante To [s.]

Ci: Visitas atendidas pelo dispositivo "i", durante To [visitas]

MODELAGEM DE DISPOSITIVOS ISOLADOS

Exemplo: To = 10 s. Bi = 8 s. Ai = Ci = 10 v.

Variáveis Derivadas:

λi: Carga de trabalho do dispositivo "i", [v/s]

λi = Ai/To = 10/10 = 1 v/s

Xi: Taxa de processamento do dispositivo "i", [v/s]

Xi = Ci/To = 10/10 = 1 v/s

Ui: Utilização do dispositivo "i", adim, [%]

Ui = Bi/To = 8/10 = 0,8 => 80 %

MODELAGEM DE DISPOSITIVOS ISOLADOS

Exemplo: To = 10 s. Bi = 8 s. Ai = Ci = 10 v.

Udi: Disponibilidade do dispositivo "i", adim, [%]

Udi = 1 – Ui = 1 – 0,80 = 0,20 => 20 %

Si: Tempo médio de serviço do dispositivo "i", [s/v]

Si = Bi/Ci = 8/10 = 0,8 s/v

Ri: Tempo médio de resposta do dispositivo "i" [s/v]

Ri = Si/(1-Ui) = 0,8/(1-0,8) = 4 s/v

Wi: Tempo médio de espera do dispositivo "i" [s/v]

Wi = Ri - Si = 4,0 – 0,8 = 3,2 s/v

MODELAGEM DE DISPOSITIVOS ISOLADOS

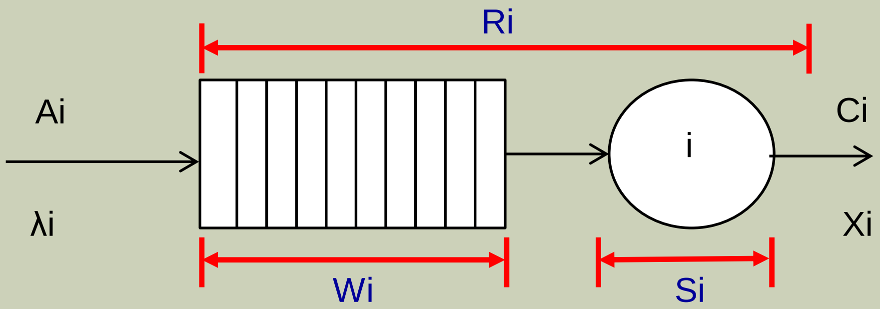
Lei da Utilização:

Como:

$$Ui = \frac{Bi}{To}$$

$$Ui = \frac{Bi}{To} x \frac{Ci}{Ci}$$

$$Ui = Si\ x\ Xi$$



Teorema da Utilização:

Pela hipótese do Equilíbrio de Fluxo:

$$Ai = Ci$$

Então:

$$\frac{Ai}{To} x \frac{Ci}{To}$$

Por tanto: ***λi = Xi***

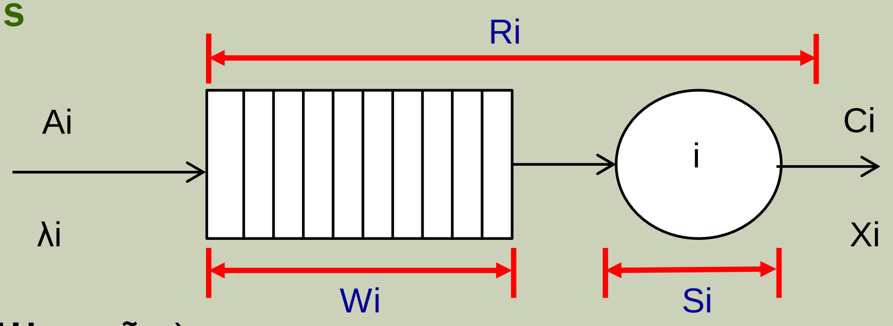
Logo: ***Ui = Si x λi***

MODELAGEM DE DISPOSITIVOS ISOLADOS

Aumentando a carga de trabalho em 10 % (mês 1)

λi_novo = 1,10 x λi_atual

λi_novo = 1,10 x 1,0 = 1,10 v/s



Si_novo = Si_anterior = constante

Si = 0,8 s/v

Ui_novo = Si x λi_novo (Teorema da Utilização)

Ui_novo = 0,8 x 1,10 = 0,88 => 88 %

Udi = 1 – Ui = 1 – 0,880 = 0,12 => 12 %

Ri = Si/(1-Ui) = 0,8/(1-0,88) = 6,7 s/v

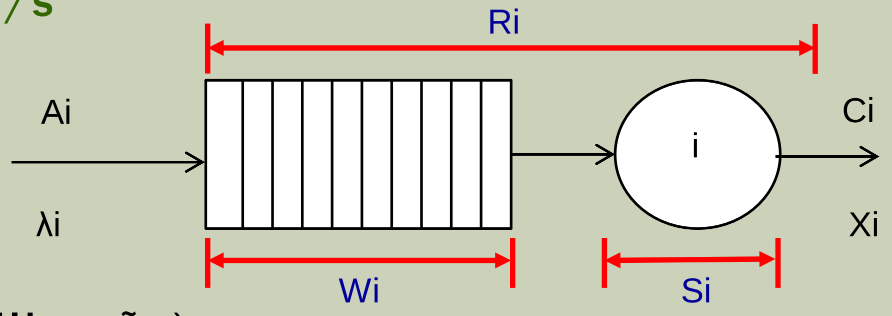
Wi = Ri - Si = 6,7 – 0,8 = 5,9 s/v

MODELAGEM DE DISPOSITIVOS ISOLADOS

Aumentando a carga mais trabalho em 10 % (mês 2)

λi_novo = 1,10 x λi_anterior

λi_novo = 1,10 x 1,10 = 1,21 v/s



Si_novo = Si_anterior = constante

Si = 0,8 s/v

Ui_novo = Si x λi_novo (Teorema da Utilização)

Ui_novo = 0,88 x 1,10 = 0,97 => 97 %

Udi = 1 – Ui = 1 – 0,97 = 0,03 => 3 %

Ri = Si/(1-Ui) = 0,8/(1-0,97) = 26,7 s/v

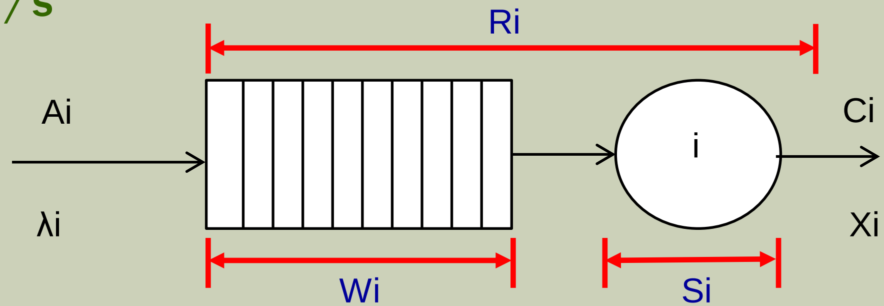
Wi = Ri - Si = 26,7 – 0,8 = 25,9 s/v

MODELAGEM DE DISPOSITIVOS ISOLADOS

Aumentando a carga mais trabalho em 10 % (mês 3)

λi_novo = 1,10 x λi_anterior

λi_novo = 1,10 x 1,21 = 1,31 v/s



Si_novo = Si_anterior = constante

Si = 0,8 s/v

Ui_novo = Si x λi_novo (Teorema da Utilização)

Ui_novo = 0,97 x 1,10 = 1,06 => 99 %

Udi = 1 – Ui = 1 – 1,06 => 0,0 %

Ri = Si/(1-Ui) = 0,8/(1-0,99) = 80 s/v

Wi = Ri - Si = 80 – 0,8 = 79,2 s/v

MODELAGEM DE DISPOSITIVOS ISOLADOS

$\lambda i\_atual = 1,0$ v/s -> 60 v/min

Ri_atual = 4 s/v

Ui_atual = 0,80

Mês 1:

$\lambda i\_1 = 1,10$ v/s -> 66 v/min

Ri_1 = 6,7 s/v

Ui_1 = 0,88

Mês 2:

$\lambda i\_2 = 1,21$ v/s -> 72,6 v/min

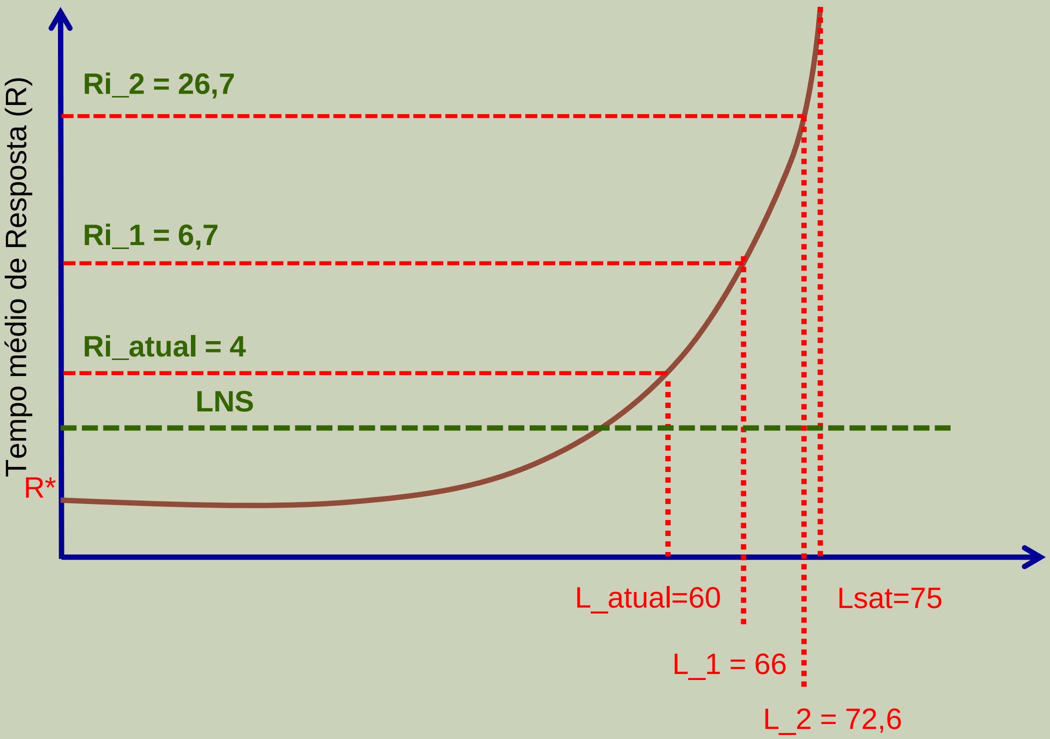
Ri_2 = 26,7 s/v

Ui_2 = 0,97

$\lambda i\_sat = 1/Si = 1/0,8 = 1,25$ v/s

$\lambda i\_sat = 75$ v/min

Ui = 1



MODELAGEM DE DISPOSITIVOS ISOLADOS

Troca de Dispositivo:

Considere a carga futura de 1,32 v/s e um tempo limite (LNS) para o tempo de resposta de 5 s/v. Determine as características do novo dispositivo

λi = 1,32 v/s; Ri = 5 s/v; Si = ?

Como:

Ri = Si/(1-Ui

e

Ui = Si x λi

Substituíndo:

Ri = Si/(1-Ui) = Si/(1-*Si x* λi)

Então:

Si = Ri/(1+Rix λi)

Si_novo= 5/(1+5x1,32) = 0,65 s/v

Como: Si_ant = 0,80 s/v

Fator Velocidade = Si_anterior/Si_novo

Fator=0,80/0,65 = 1,23 (23% mais rápido)

Exemplo:

Se processador atual faz 10^6 somas/s

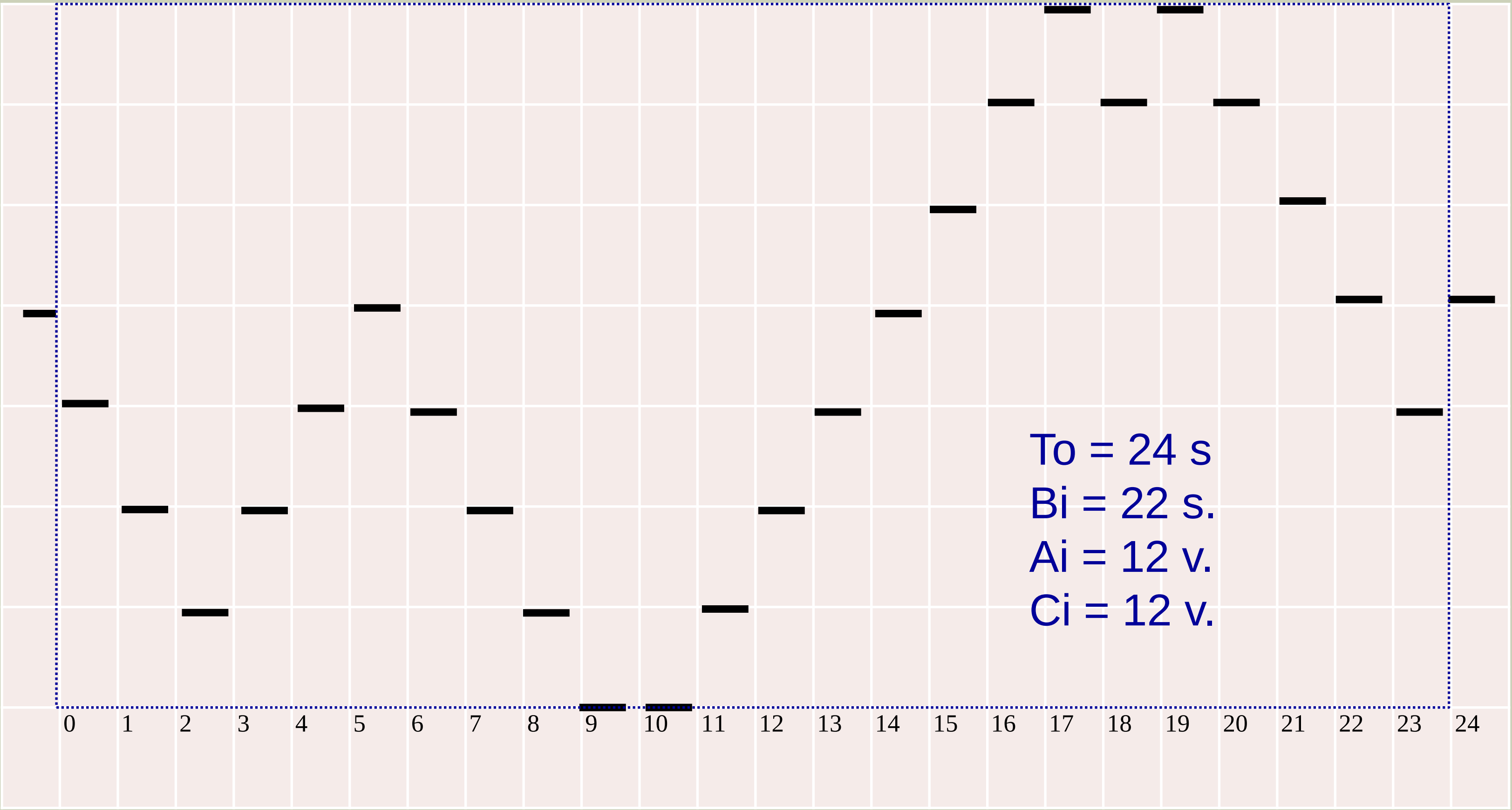
-> 1230,000 somas/s

Se disco gasta 10 ms/IO

-> 7,7 ms/IO

MODELAGEM MATEMÁTICA DE SISTEMAS COPUTACIONAIS

Diagramas de Sequenciamento:



MODELAGEM DE DISPOSITIVOS ISOLADOS

Exemplo: $T_o = 24$ s. $B_i = 22$ s. $A_i = C_i = 12$ v.

<u>Variáveis Derivadas:</u>

λi: Carga de trabalho do dispositivo "i", [v/s]

$\lambda i = Ai/To = 12/24 = 0,5$ v/s

Xi: Taxa de processamento do dispositivo "i", [v/s]

$Xi = Ci/To = 12/24 = 0,5$ v/s

Ui: Utilização do dispositivo "i", adim, [%]

$Ui = Bi/To = 22/24 = 0,92 \Rightarrow 92$ %

MODELAGEM DE DISPOSITIVOS ISOLADOS

Exemplo: To = 24 s. Bi = 22 s. Ai = Ci = 12 v.

Udi: Disponibilidade do dispositivo “i”, adim, [%]

$Udi = 1 – Ui = 1 – 0,92 = 0,08 => 8 \%$

Si: Tempo médio de serviço do dispositivo “i”, [s/v]

$Si = Bi/Ci = 22/12 = 1,83$ s/v

Ri: Tempo médio de resposta do dispositivo “i” [s/v]

$Ri = Si/(1-Ui) = 1,83/(1-0,92) = 22,92$ s/v

Wi: Tempo médio de espera do dispositivo “i” [s/v]

$Wi = Ri - Si = 22,92 – 1,83 = 21,09$ s/v

MODELAGEM DE DISPOSITIVOS ISOLADOS

1) Otimizando Código em 25 %

Si_novo = 0,75 x Si_anterior

Si = 0,75 x 1,83 = 1,37 s/v

Mantendo a carga constante: λi = 0,5 v/s

Ui_novo = Si x λi_novo (Teorema da Utilização)

Ui_novo = 1,37 x 0,50 = 0,68 => 68 %

Ri_novo = Si_novo/(1-Ui) = 1,37/(1-0,68) = 4,28 s/v

Wi = Ri - Si = 4,28 – 1,37 = 2,91 s/v

MODELAGEM DE DISPOSITIVOS ISOLADOS

2) Aumentando a Carga de trabalho em 10%

λi_novo = 1,10 x λi_anterior

λi_novo = 1,10 x 0,50 = 0,55 v/s

Si = 1,37 s/v

Ui_novo = Si x λi_novo (Teorema da Utilização)

Ui_novo = 1,83 x 0,50 = 0,92 => 92 %

Mantendo a carga constante: λi = 0,5 v/s

Ui_novo = Si x λi_novo (Teorema da Utilização)

Ui_novo = 1,83 x 0,50 = 0,92 => 92 %

Ri_novo = Si_novo/(1-Ui) = 1,37/(1-0,92) = 17,25 s/v

MODELAGEM MATEMÁTICA DE SISTEMAS COPUTACIONAIS

Exemplo de Modelo:

To = 1 hora
Co = 7200 req. Concluídas
Ucpu = 60% Como: $D_i = \frac{Ui}{Xo}$ e $X_o = \frac{Co}{To}$
Ud1 = 50%
Ud2 = 80% Xo = Co/To = 2 req./s
Ud3 = 90%

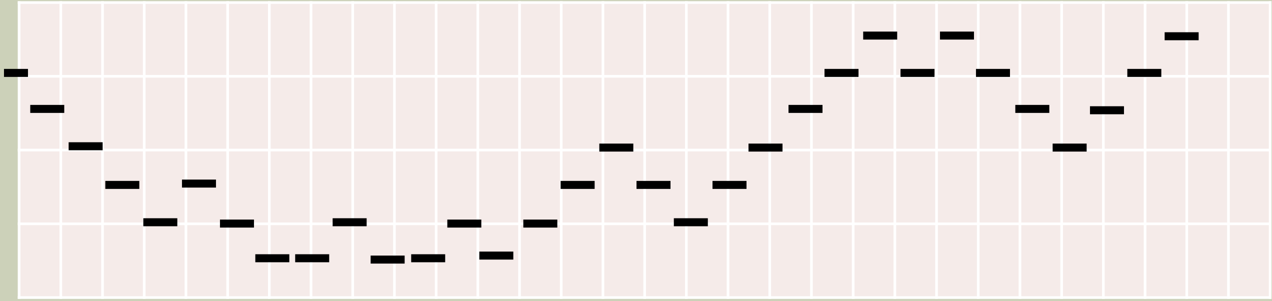
$$\mathrm{R} = \frac{0{,}60/2}{1 - 0{,}60} + \frac{0{,}50/2}{1 - 0{,}50} + \frac{0{,}80/2}{1 - 0{,}80} + \frac{0{,}90/2}{1 - 0{,}90}$$

$$\mathrm{R} = \frac{0{,}30}{0{,}40} + \frac{0{,}25}{0{,}50} + \frac{0{,}40}{0{,}20} + \frac{0{,}45}{0{,}10}$$

$$\mathrm{R} = 0{,}75 + 0{,}50 + 2{,}00 + 4{,}50$$

R = $7{,}75$ s/req.

MODELAGEM MATEMÁTICA DE SISTEMAS COPUTACIONAIS



MODELAGEM MATEMÁTICA DE SISTEMAS COPUTACIONAIS

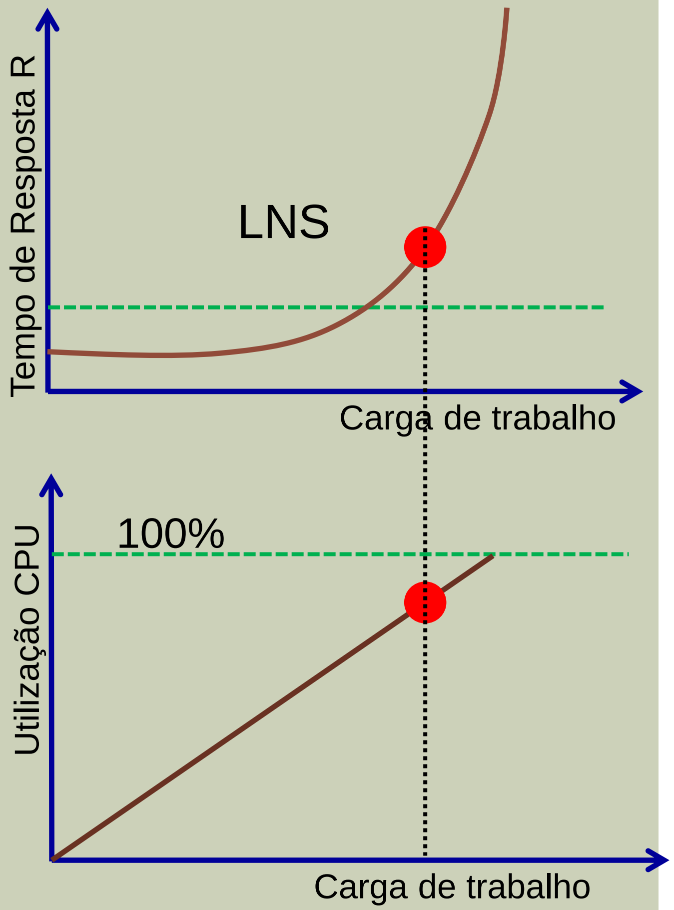
Aumentando a carga em 10%

$$R = \frac{0,30}{1-0,66} + \frac{0,25}{1-0,55} + \frac{0,40}{1-0,88} + \frac{0,45}{1-0,99}$$

$$R = \frac{0,30}{0,34} + \frac{0,25}{0,45} + \frac{0,40}{0,12} + \frac{0,45}{0,01}$$

$$R = 0,88 + 0,55 + 3,33 + 45,0$$

$$R = 49,76 \ \mathbf{s/req.}$$



MODELAGEM MATEMÁTICA DE SISTEMAS COPUTACIONAIS

Melhorando o código em 10%

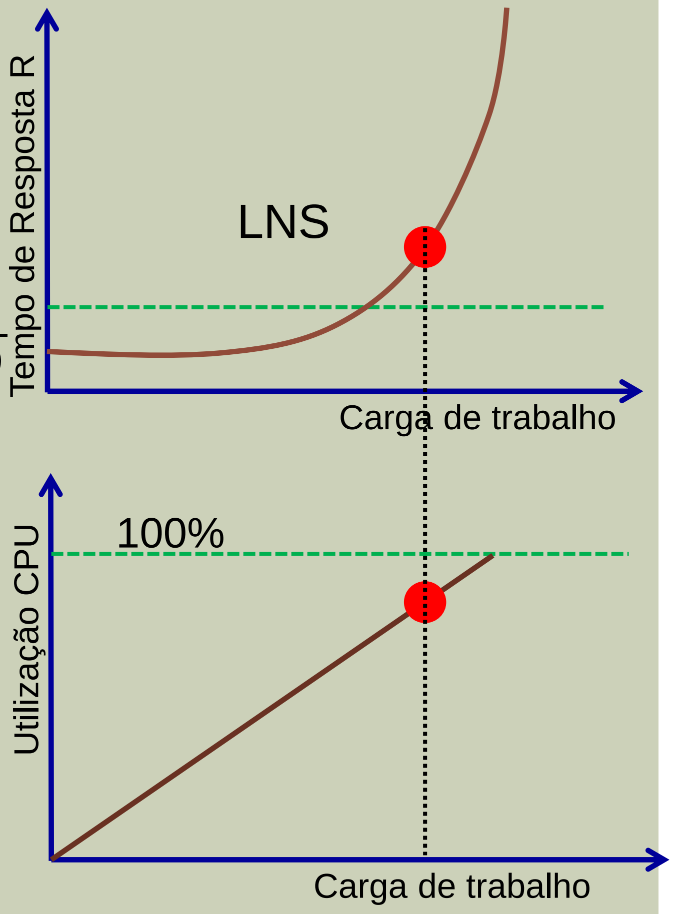
$$R = \frac{0,30}{1-0,66} + \frac{0,25}{1-0,55} + \frac{0,40}{1-0,88} + \frac{0,45}{1-0,99}$$

$$R = \frac{\mathbf{0,30 * 0,90}}{\mathbf{1-0,66*0,90}} + \frac{0,25}{1-0,55} + \frac{0,40}{1-0,88} + \frac{0,45}{1-0,99}$$

$$R = \frac{\mathbf{0,27}}{\mathbf{0,41}} + \frac{0,25}{0,45} + \frac{0,40}{0,12} + \frac{0,45}{0,01}$$

$$R = \mathbf{0,66} + 0,55 + 3,33 + 45,0$$

$$R = 49,54 \text{ s/req.}$$



MODELAGEM MATEMÁTICA DE SISTEMAS COPUTACIONAIS

Aumentando o storage

$$\mathrm{R} = \frac{0,27}{0,41} + \frac{0,25}{0,45} + \frac{0,40}{0,12} + \frac{0,45}{1 - 0,99}$$

$$\mathrm{R} = \frac{0,27}{0,41} + \frac{0,25}{0,45} + \frac{0,40}{0,12} + \frac{0,45}{1 - 0,50} + \frac{0,45}{1 - 0,50}$$

$$R = 0,66 + 0,55 + 3,33 + 0,90 + 0,90$$

$$\mathrm{R} = 6,34\ \textbf{s/req.}$$

MODELAGEM MATEMÁTICA DE SISTEMAS COPUTACIONAIS

Exercício:

To = 1 hora
Co = 5400 req. Concluídas
Ucpu = 40% Como: $D_i = \frac{Ui}{Xo}$ e $X_o = \frac{Co}{To}$
Ud1 = 80%
Ud2 = 80% Xo = Co/To = 1,5 req./s
Ud3 = 90%

$$\mathrm{R} = \frac{0{,}40/2}{1 - 0{,}40} + \frac{0{,}80/2}{1 - 0{,}80} + \frac{0{,}80/2}{1 - 0{,}80} + \frac{0{,}90/2}{1 - 0{,}90}$$

$$\mathrm{R} = \frac{0{,}20}{0{,}60} + \frac{0{,}40}{0{,}20} + \frac{0{,}40}{0{,}20} + \frac{0{,}45}{0{,}10}$$

$$\mathrm{R} = 0{,}33 + 2{,}00 + 2{,}00 + 4{,}50$$

$$\mathrm{R} = 8{,}83 \text{ s/req.}$$

MODELAGEM MATEMÁTICA DE SISTEMAS COPUTACIONAIS

Aumentando a carga em 10%

$$\mathrm{R} = \frac{0{,}40/2}{1 - 0{,}44} + \frac{0{,}80/2}{1 - 0{,}88} + \frac{0{,}80/2}{1 - 0{,}88} + \frac{0{,}90/2}{1 - 0{,}99}$$

$$\mathrm{R} = \frac{0{,}20}{0{,}56} + \frac{0{,}40}{0{,}12} + \frac{0{,}40}{0{,}12} + \frac{0{,}45}{0{,}01}$$

$$\mathrm{R} = 0{,}36 + 3{,}33 + 3{,}33 + 45{,}0$$

$\mathrm{R} = 52{,}02$ **s/req.**

MODELAGEM MATEMÁTICA DE SISTEMAS COPUTACIONAIS

Aumentando o storage

$$R = \frac{0,20}{0,56} + \frac{0,40}{0,12} + \frac{0,40}{0,12} + \frac{0,45}{1 - 0,50} + \frac{0,45}{1 - 0,50}$$

$$R = 0,36 + 3,33 + 3,33 + 0,90 + 0,90$$

$$R = 8,82 \text{ s/req.}$$

Tempo mínimo que pode ser alcançado:

$$R = 0,20 + 0,40 + 0,40 + 0,45 + 0,45$$

$$R = 1,90 \text{ s/req.}$$

MODELAGEM MATEMÁTICA DE SISTEMAS COPUTACIONAIS

Cómo determinar o tempo para a início da fase de Super-utilização?

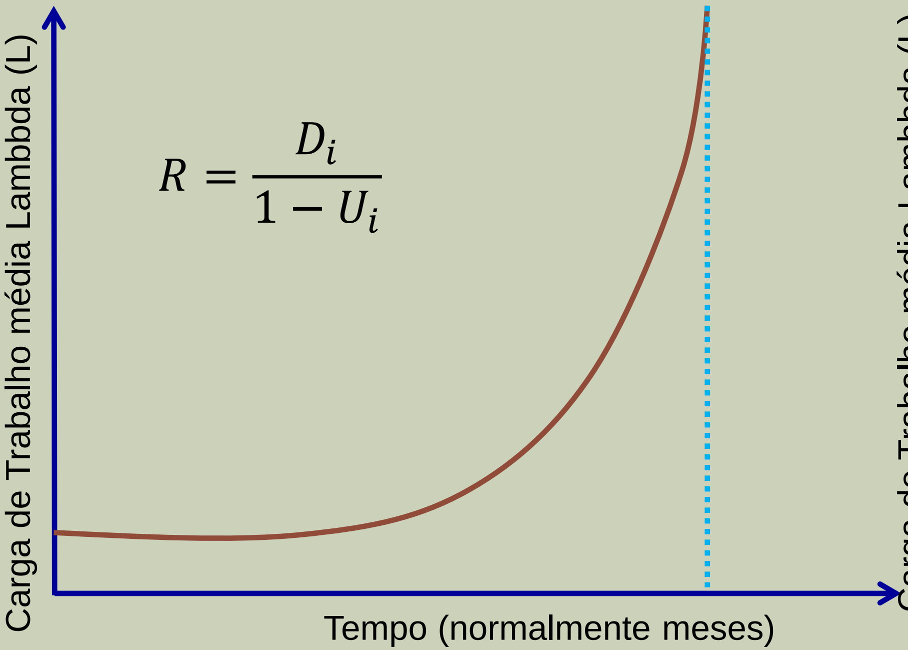
Tendo o modelo para a Carga de Trabalho:

$$L(t) = a + b * t$$

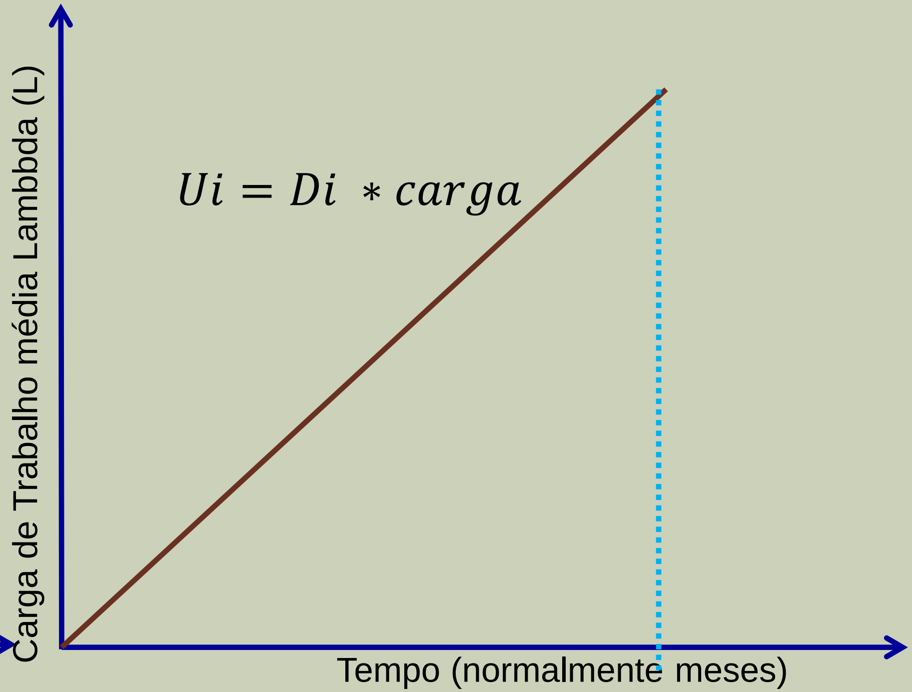
E, o modelo para o sistema computacional (considerando uma abstração do modelo):

$$R = \frac{D_{CPU}}{1 - U_{CPU}} + \frac{D_{D1}}{1 - U_{D1}} + \frac{D_{D2}}{1 - U_{D2}} + \frac{D_{D3}}{1 - U_{D3}} + \cdots +$$

MODELAGEM MATEMÁTICA DE SISTEMAS COPUTACIONAIS



Carga de saturação LSat



Carga de saturação LSat

ETAPA 9: PREVISÃO DO INCÍCIO DA FASE DE SUPER-UTILIZAÇÃO

Na saturação do sistema: $Usat = 1,\ R \to \infty$

$$Ui = Di \ * li$$

$$Usat = Di \ * lsat$$

$$lsat = \frac{1}{Di}$$

Exemplo: Di= 10 ms/req.   Lsat=1/Di = 100 req./s

ETAPA 9: PREVISÃO DO INCÍCIO DA FASE DE SUPER-UTILIZAÇÃO

Quando a saturação vai ocorrer: ?

Tendo o modelo para a Carga de Trabalho:

$$L(t) = a + b * t$$

$$t_{sat} = (L_{sat} - a) / b$$

O tempo até a saturação ocorre em:

$$Tempo = t_{sat} - \text{Histórico de meses}$$

ETAPA 9: PREVISÃO DO INCÍCIO DA FASE DE SUPER-UTILIZAÇÃO

Exemplo:
Para Di= 200 ms/req.   Lsat=1/Di = 5 req./s

Tendo o modelo mensal para a Carga de Trabalho, em req/min:

$$L(t) = 50 + 25 * t$$

Como Lsat= 5 req./s = 300 req/min

$$t\_sat = (Lsat – a)/ b = (300 – 50)/25 = 10 \text{ meses}$$

O tempo até a saturação ocorre em:

Tempo = t_sat – Histórico de meses (Hist = 5 meses)

Tempo = 10 – 5 = 5 meses para chegar na saturação

ETAPA 9: PREVISÃO DO INCÍCIO DA FASE DE SUPER-UTILIZAÇÃO

Na saturação do sistema, $Usat = 1$, $R \to \infty$

$$Ui = Di \ * li$$
$$Usat = Di \ * lsat$$

$$lsat = \frac{1}{Di}$$

Tendo o modelo para aCarga de Trabalho:

L(t)= a + b * t

E, o modelo do sistema computacional:

$$R = \frac{D_{CPU}}{1 - U_{CPU}} + \frac{D_{D1}}{1 - U_{D1}} + \frac{D_{D2}}{1 - U_{D2}} + \frac{D_{D3}}{1 - U_{D3}} + \cdots +$$

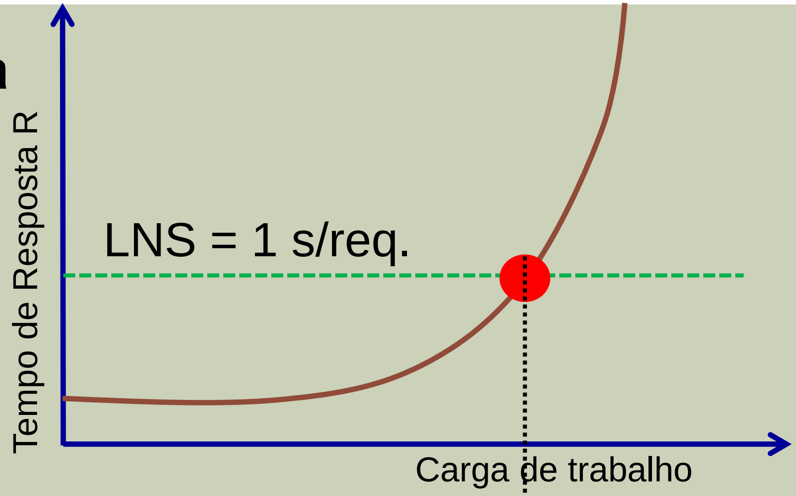
ETAPA 10: PROPOSTA DE NOVA CONFIGURAÇÃO

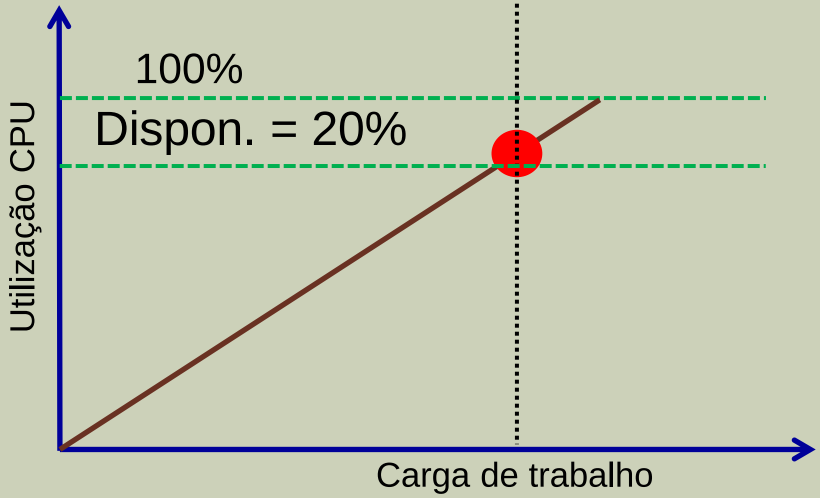
Considerando os modelos de carga de trabalho e do sistema computacional, o próximo passo é ajustar uma configuração que atenda requisitos como:

-Vida útil do sistema

-Disponibilidade do Sistema

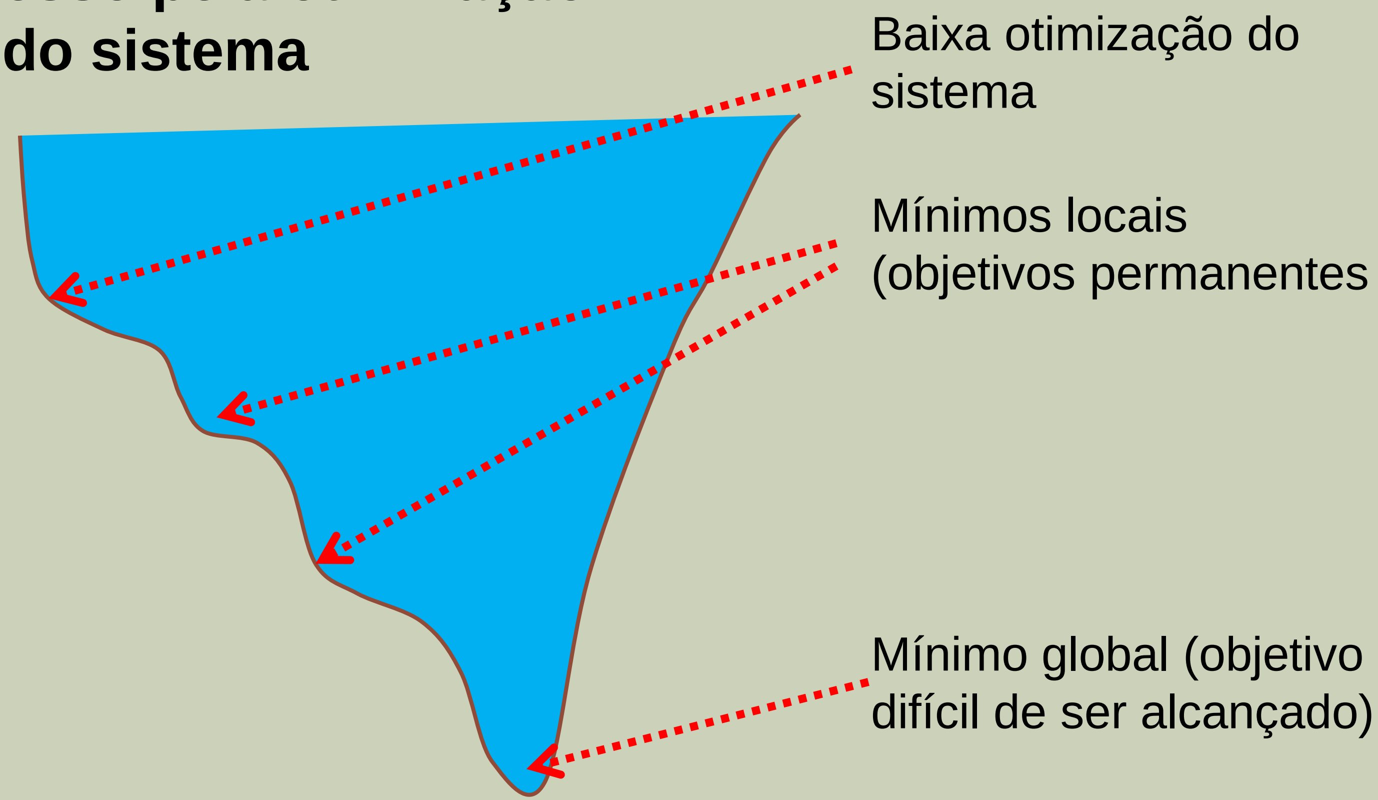
-Limites de QoS





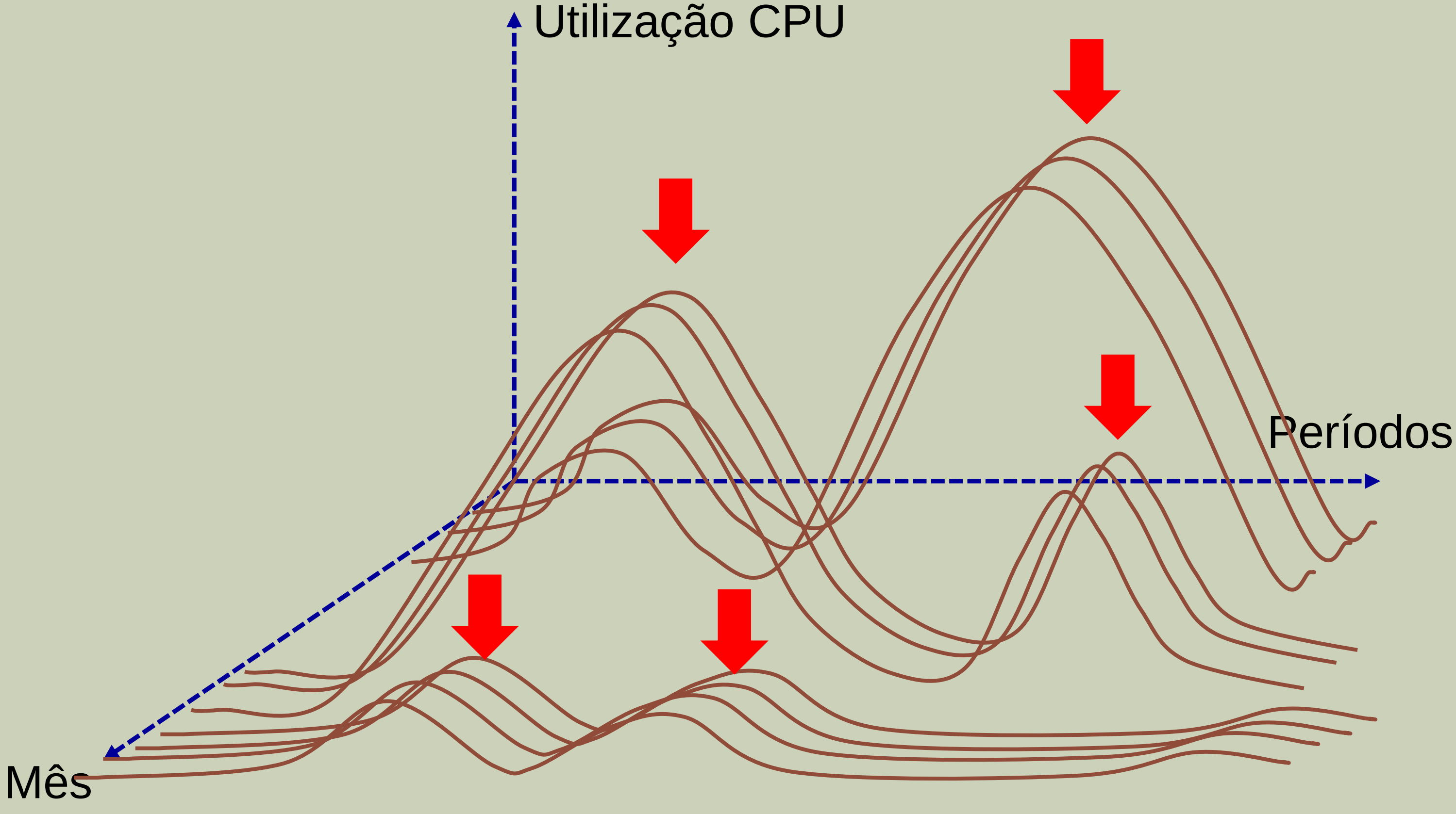
ETAPA 6: META OTIMIZAÇÃO

O processo pela otimização global do sistema



ETAPA 2: IDENTIFICAÇÃO DO HORÁRIO DE PICO DO SISTEMA COMPUTACIONAL

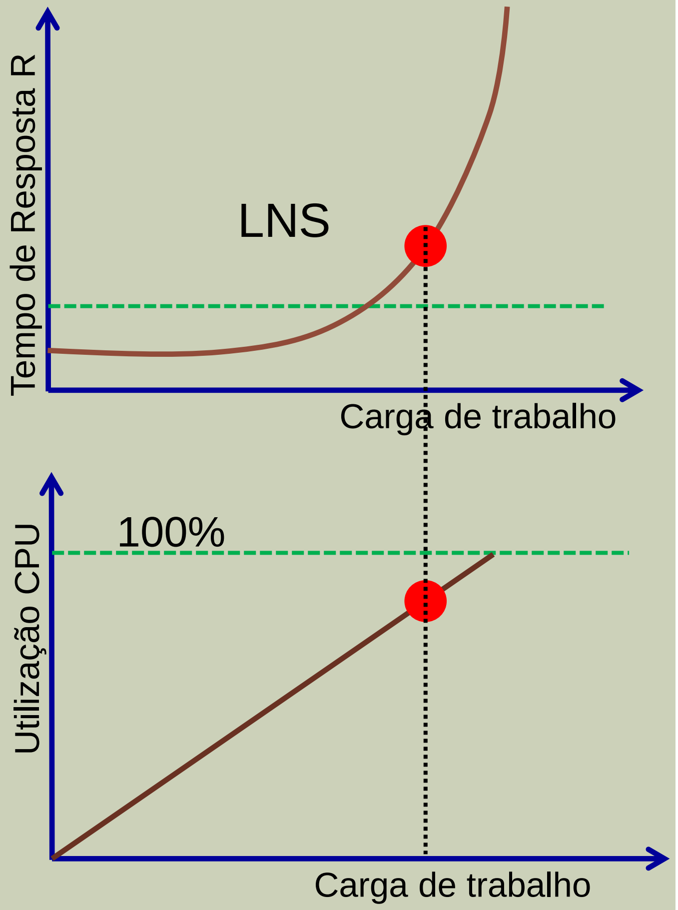
4) Identificar os horários de Pico:



ETAPA 2: IDENTIFICAÇÃO DO HORÁRIO DE PICO DO SISTEMA COMPUTACIONAL

1) **Variáveis a serem Monitoradas:**

- λ: Carga de Trabalho do sistema [req/s]
- R: Tempo médio de resposta [s/req]
- U: Utilização do sistema [%]
- Du: Disponibilidade do sistema [%]
- M: consumo médio de memória [%]
- Pg: nível médio de paginação [%]



CICLO DE VIDA DE UM SISTEMA COMPUTACIONAL

- **Fase Super-Utilização:**