

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE
MINAS GERAIS**



PUC Minas

**MODELAGEM E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO
DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS**

Notas de Aula

PROF. LUIS ENRIQUE ZÁRATE

2020

Unidades de Ensino

UNIDADE 1 - Introdução à avaliação do desempenho de sistemas de Computação

1.1 Considerações preliminares

1.2 Os turnos na Informática

1.3 Áreas de aplicação e objetivos da análise de desempenho de sistemas de computação.

1.4 O ciclo de vida de um Sistema de Computação

1.5 Ambientes do Sistema de Computação

UNIDADE 2 - Técnicas de Avaliação

2.1 Técnicas de Análise de Desempenho

2.1.1 Técnica do kernel

2.1.2 Técnica do Benchmark

2.1.3 Técnica dos Programas Sintéticos

2.1.4 Técnica dos Modelos Analíticos

2.1.5 Análise da curva típica do tempo de resposta de um sistema

2.1.6 Técnica de Simulação

2.1.7 Sistemas seriais e multiprogramados

2.1.8 Técnica do monitoramento:

2.1.9 Contabilizadores

2.1.10 Tipos de Monitores

UNIDADE 3 - Metodológica para o Planejamento de Capacidade e Avaliação de Desempenho

3.1 Identificação do horário de pico de uma instalação

3.2 Coleta de Dados

3.3 Análise de relatórios para avaliação de desempenho

3.4 Técnicas para caracterizar a carga de trabalho atual da instalação:

3.5 Estimativa das futuras cargas de trabalho

UNIDADE 4 - Teoria da Análise Operacional

4.1 Análise Operacional em filas isoladas

4.2 Principais Variáveis operacionais e derivadas

4.3 Leis Operacionais

4.4 Principais Hipóteses e Teoremas

4.5 Diagramas de sequenciamento

4.6 Análise Operacional em redes de filas

4.7 Variáveis operacionais

4.8 Lei do fluxo forçado

4.9 Lei do tempo de resposta

4.10 Tempo médio total de uma transação

4.11 Estudo de casos - Modelamento e Avaliação de desempenho para sistemas multi cargas.

D S T Q Q S S

20/08/19

Aplicações da metodologia para o planejamento de capacidade de sistemas computacionais

1) Diagnóstico de servidores de aplicação

antes depois

% Memória

% Pág.

% CPU

2) Previsão de desempenho de sistemas virtuais-de-aprendizado

Foram identificadas 80 requisições distintas

→ Modelo do sistema = 80 equações

Para simplificar o modelo:

- Eliminação de processos obsoletos e irrelevantes
- Redução de processos pela similaridade de características

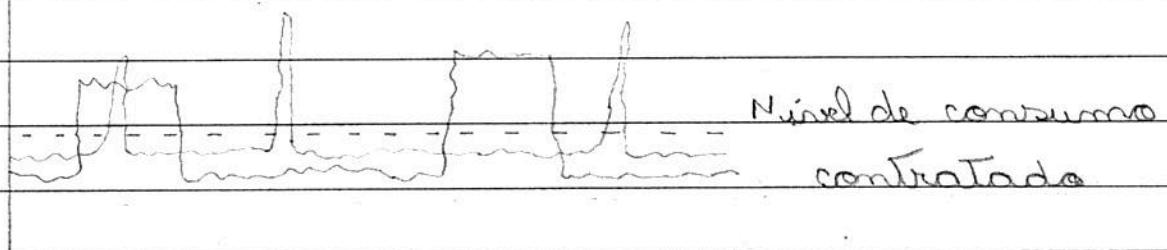
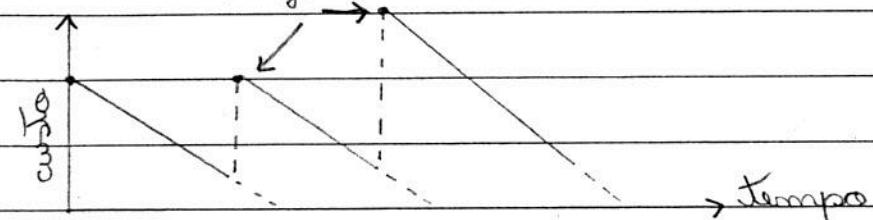
$$\text{Ex: Saldo} \underset{\text{c.c}}{\equiv} \underset{\text{poupança}}{\text{Saldo}}$$

• Modelo resultante = 5 eq.

20/08/19

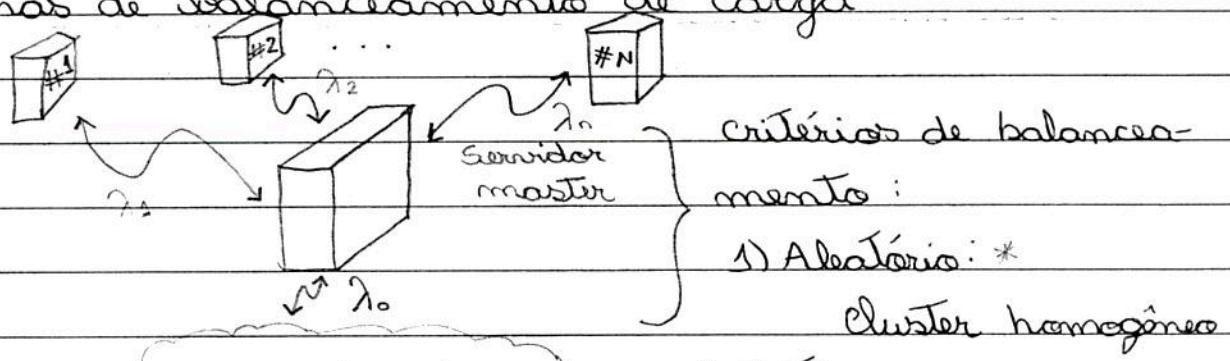
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| D | S | T | Q | Q | S | S |
|---|---|---|---|---|---|---|

3) Em ambientes leasing aluguel inicial



equipe com experiência → pagar pelo pico

4) Sistemas de desbalanceamento de carga



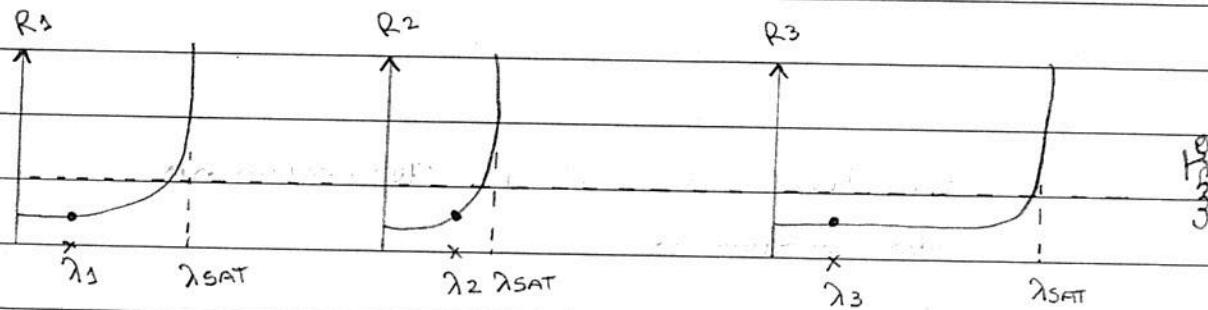
Ditar um critério de balanceamento
variável:

D S T Q Q S S

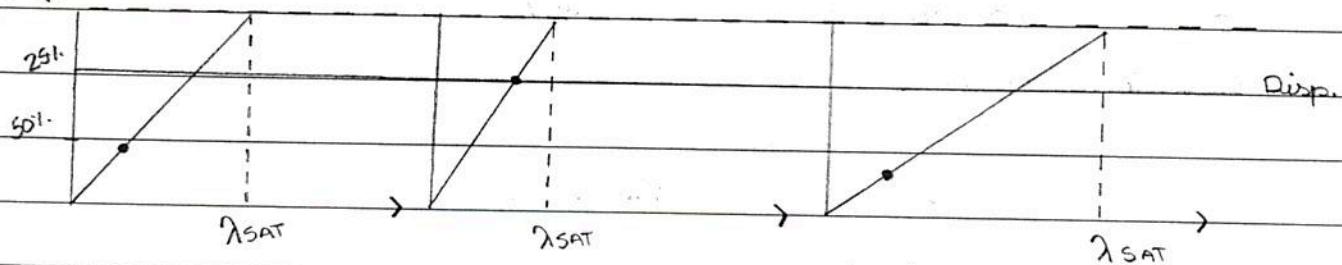
20/03/19

Critérios:

- 1) Enviar para o servidor com menor carga
- 2) Tempo de resposta no instante "T"
- 3) Utilização dos servidores
- 4) Disponibilidade



U_{160}



5) Modelando internamente cada servidor

Lei do fluxo forçado

6) Virtualização

7) Números

22/08/19

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| D | S | T | Q | Q | S | S |
|---|---|---|---|---|---|---|

• Metodologia para o planejamento de capacidade

A metodologia para o planejamento de capacidade possui uma série de etapas com ações tanto corretivas quanto preventivas. A aplicação desta metodologia procura melhorar o desempenho do sistema, aumentando a vida útil sistema dentro dos padrões de qualidade previamente estipulados.

* Etapa 1: Diagnóstico inicial do desempenho do sistema

Durante esta etapa é necessário responder às seguintes questões:

- 1) Quais variáveis monitorar?
- 2) Quando monitorar?
- 3) Com quais tipos de monitores devemos monitorar?
- 4) Durante quanto tempo devemos monitorar?
- 5) De quanto - em - quanto tempo devemos coletar?
- 6) Como sintetizar?
- 7) Como visualizar?

1) Variáveis a serem observadas:

- λ : requisições que chegam [req/s]
- R : tempo médio de resposta [s/req]
- D_u : disponibilidade do sistema
- + M : consumo de memória [%]
- + Pag : Paginação [%]

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| D | S | T | Q | Q | S | S |
|---|---|---|---|---|---|---|

22/08/19

+75: utilização da CPU [%]

2) Horários para monitoramento:

É altamente aconselhável realizar o monitoramento durante o horário de pico. Caso esse horário não seja previamente definido, pode ser executadas as seguintes ações:

- a) Coleta de dados durante 1 semana
- b) Excepcionalmente durante 1 dia
- c) Em teoria durante 1 ano

É possível também considerar a própria experiência.

Por exemplo:

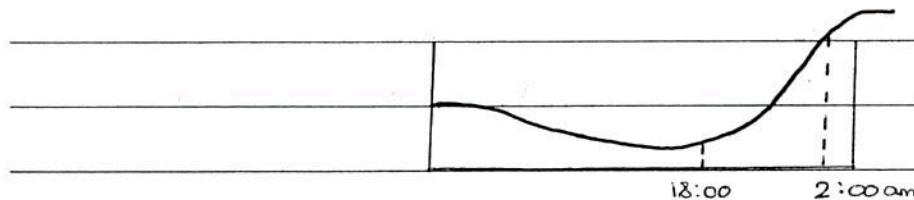
- Sistema financeiro

p₁: 11:00 - 13:00

p₂: 16:00 - 20:00

- Setor e-commerce:

Lojas americanas:



3) Tipos de monitores

Os monitores mais utilizados comercialmente correspondem aos monit. de software, os quais ficam residentes em memória observando todas

22/08/19

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| D | S | T | Q | Q | S |
|---|---|---|---|---|---|

as interrupções (instruções) do sistema.

Esses monitores consomem mem/cpu/disco e possuem impacto no desempenho do sistema.

Existem 2 modalidades:

1) RMF: monitores orientados a eventos. Altamente precisos. Porém com grande impacto no desempenho atual do sistema. Devem ser evitados quando o sistema é crítico. Estes podem chegar a importar até 15%.

2) SMF: Orientado a amostragem. O sistema é observado de Tempos-em-Tempos. São mais imprecisos e redundantes. Comercialmente mais utilizados.

4) Tempo de observação e amostragem:

Para monitores na modalidade SMF 2 parâmetros devem ser ajustados:

T_o : Tempo de observação

T_s : Tempo de amostragem

O ajuste desses parâmetros dependem dos objetivos.

1º Para o diagnóstico:

Não existe forte restrição para ajustar T_o e T_s

D S T Q Q S S

22/08/19

Ex: $T_0 = 30\text{ min, 1 hora}$

$T_s = 2,3 \text{ até } 5\text{ s.}$

obs: procurar respeitar a hip. equilíbrio de fluxo. (HEF)

Ajustes dos parâmetros T_0 e T_s :

27/08/19

1) O objetivo é o diagnóstico:

T_0 : não há restrições

T_s : 2 a 5s (recomenda-se 3s).

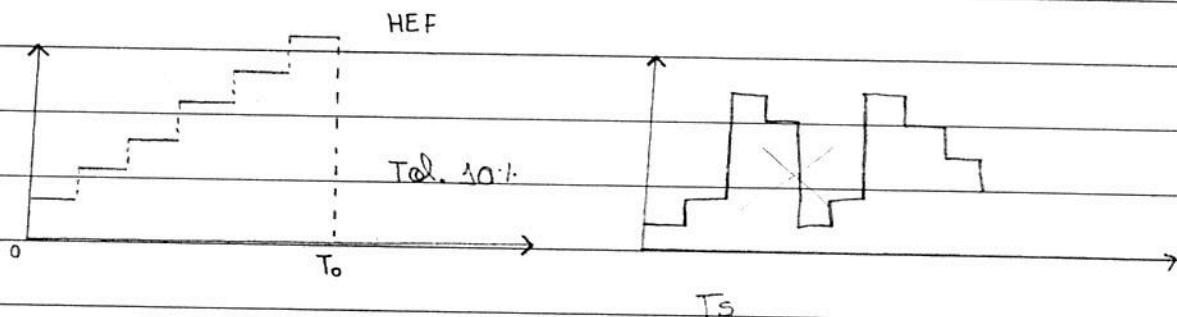
2) Objetivo e a modelagem

T_0 : não é possível definir a priori

T_s : " = " = " = " = "

→ O que entra tem que sair de forma

condições: respeitar HEF e hipótese das Transições equilibrada unitárias



5) Visualização de dados para avaliação de desempenho

É recomendado a construção de gráficos de valores médios de consumo ao longo das semanas e/ou meses.

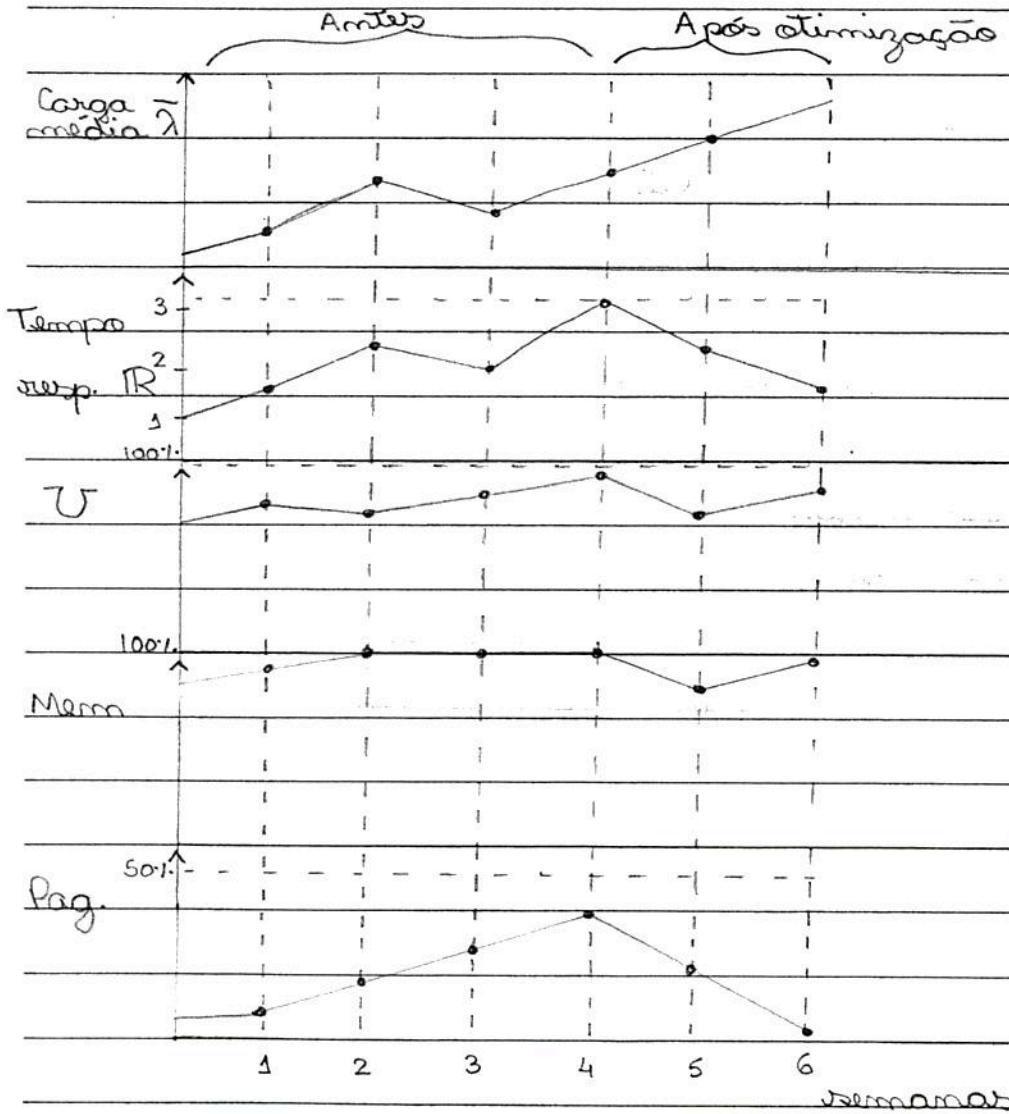
Referências menores à semana, por dia, não é

27/02/

D S T Q Q S S

interessante pois mostra excessiva variabilidade.

O objetivo é observar tendências.

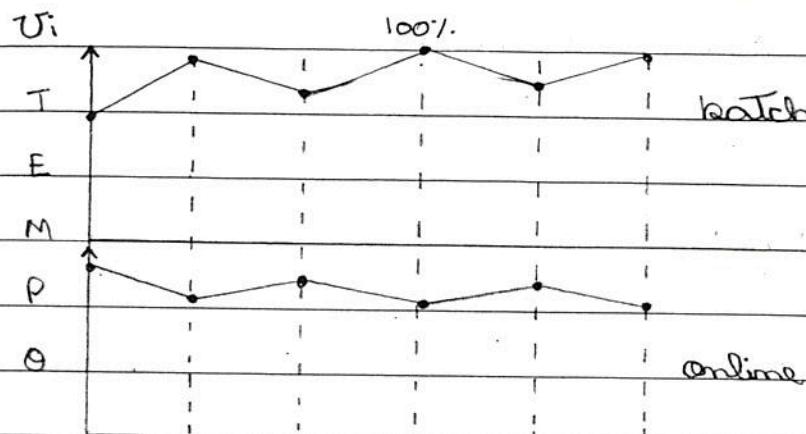


$$\lambda^{\uparrow} \rightarrow R^{\uparrow} \rightarrow U^{\uparrow} \rightarrow Mem^{\uparrow} \rightarrow Pag^{\uparrow}$$

D S T Q Q S S

27/08/19

Horário batch vs. online:



- 1) Batch aumenta - on-line diminui
- 2) Batch próximo de 100%.
- 3) On-line abaixo do batch
- 4) Não existe variações abruptas
- 5) Pouca permanência em condições de alto consumo
- 6) Sistema estável sem variações significativas

*Etapa 2: Identificação do horário de pico:

De forma a ser eficientes na melhoria do desempenho do sistema os esforços de otimização devem estar concentrados durante o(s) horário(s) de pico. Iai é imperativo identificar esses horários.

Para isto, deve ser feita uma coleta do consumo de processador ao longo de 1 ano, 24 horas por dia. A ideia é identificar:

- Mês mais crítico
- Dia da semana mais crít.
- Semana " = "
- Período do dia " = "

27/08/19

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| D | S | T | Q | Q | S | S |
|---|---|---|---|---|---|---|

Procedimentos:

1) Definir $T_0 = 365$ dias $\times 24$ horas

$$T_S = 365$$

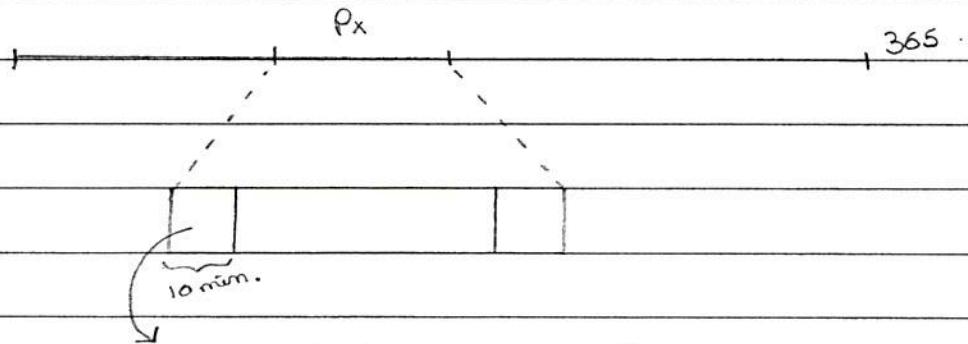
2) Definir períodos do dia:

Ex: $P_1: 8:00 - 10:00$

$P_2: 10:01 - 12:00$

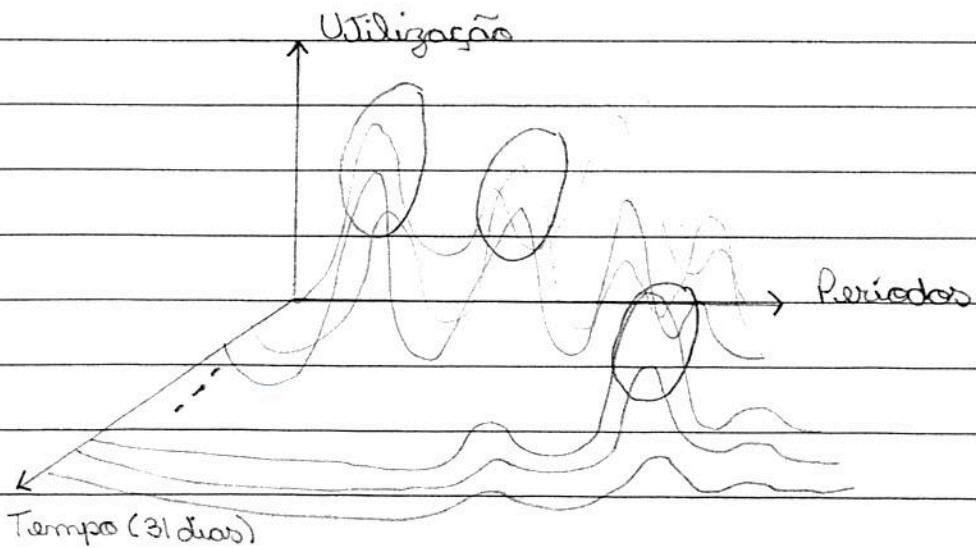
$P_3: 12:01 - 18:00$

$P_4: 18:01 - 7:59$



$$6000 \div T_S = 200 \text{ valores}$$

$$U_{1,0} = \sum_{i=1}^{200} \frac{U_i}{200} \quad } \quad U_{P_x} = \sum \frac{U_{1,0}}{N}$$



D S T Q Q S S

29/08/19

* Etapa 3: Coleta de dados acerca do consumo de recursos por processo

Após a identificação do(s) horário(s) de pico do sistema, o próximo passo é realizar uma nova coleta do consumo de recursos por cada processo, sendo executados nesses horários. O objetivo é podermos identificar processos críticos e tornar o processo de otimização mais efetivo.

durante a coleta, devem ser consideradas duas classes de variáveis:

conhecer horário de pico para aplicar melhor escalonamento de serviço

Quantitativas + Qualitativas

otimização meta otimização

• Variáveis Qualitativas:

- Id do processo
- Sist. ao qual o processo (Req.) está vinculado
Ex.: Consultar nota SGA → Sist. acadêmico
- Horário de disp. do processo
- " de finaliz. "
- Processo de categoria Batch ou Online

• Variáveis Quantitativas

- Número de exec. do processo
- Tempo Total e médio gasto na CPU
- Consumo médio de memória
- Nível médio de paginação quando o processo é executado

29/08/19

D S T Q Q S S

- Número de IO em disco
- Tempo total gasto de acesso ao disco

Observação: Esses dados são coletados durante o(s) horário(s) de pico.

*Etapa 4: Seleção de processos críticos

De forma a tornar o processo de otimização mais eficiente e interessante começar pelos processos mais críticos deixando por último os de menor impacto.

É importante ressaltar que esses critérios são uma recomendação. Em outras palavras todos os processos devem ser analisados e otimizados se possível.

| Cpu | Mem | Num. Exec. | Num. I/O | Tempo | |
|-----|-----|------------|----------|-------|--|
| + | + | + | + | + | |
| + | + | | | | |
| | + | + | + | + | |
| | | + | + | + | |
| | | | + | + | |
| - | - | + | - | - | |

* Etapa 5: Otimização do sistema

Após identificados os processos críticos, a próxima etapa é a proposta de soluções de otimização dentre as ações:

D S T Q Q S S

29 / 08 / 19

- Eliminar as portas de acesso ao sistema

(Esta não é considerada otimização. Somente melhora paleativamente o desempenho)

- Re-codificação de programas;

É uma alternativa quando as aplicações demandam principalmente consumo de processador.

A experiência mostra que o melhoramento de códigos de programa possui pouco impacto no melhoramento da performance.

- Escalonamento adequado do sistema:

Na prática esta ação é a mais aplicada na busca pelo melhoramento da performance do sistema.

Esta ação consiste em movimentar os jobs (não requisições do ambiente online) para outros horários menos crítico.

Esta Técnica é altamente eficiente, porém impõe dificuldades para sua implementação.

1º) Exige mudanças culturais das rotinas administrativas do negócio.

2º) Pode existir limitações para a movimentação em outros horários.

O ideal seria para horários Batch (noturnos).

No prática a movimentação pode

29/08/19

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| D | S | T | Q | Q | S | S |
|---|---|---|---|---|---|---|

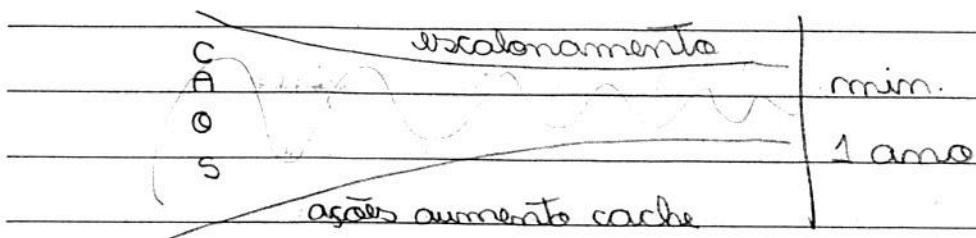
afitar outros horários de pico.

Para aplicar racionalmente e ser eficiente, a Técnica do escalonamento será mais efetiva se tivermos uma ideia clara de todos os horários de pico da instalação. Caso esses horários não sejam conhecidos, somente após 1 ano podemos alcançar a sua efetividade.

A otimização por escalonamento de serviços possui 2 principais implicações:

1º) Partindo do princípio que não é possível otimizar o "caos", o escalonamento ajuda na programação das rotinas de execução diária dos diversos processos

Notamos que outras ações corretivas podem ser aplicadas durante a aplicação da Técnica de escalonamento.



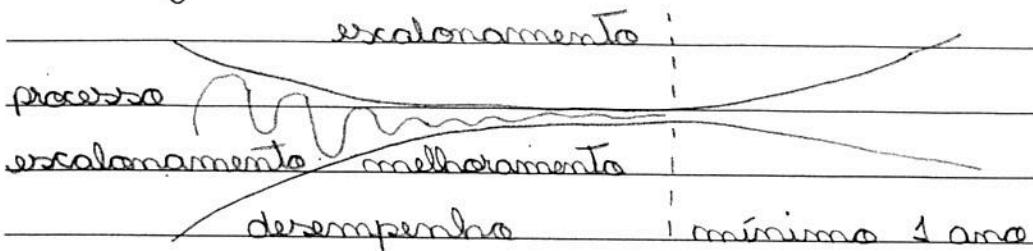
D S T Q Q S S

29/08/19

2º) Somente após o escalonamento é possível modelar o sistema e propor novas configurações

Otimização pós escalonamento (cont..)

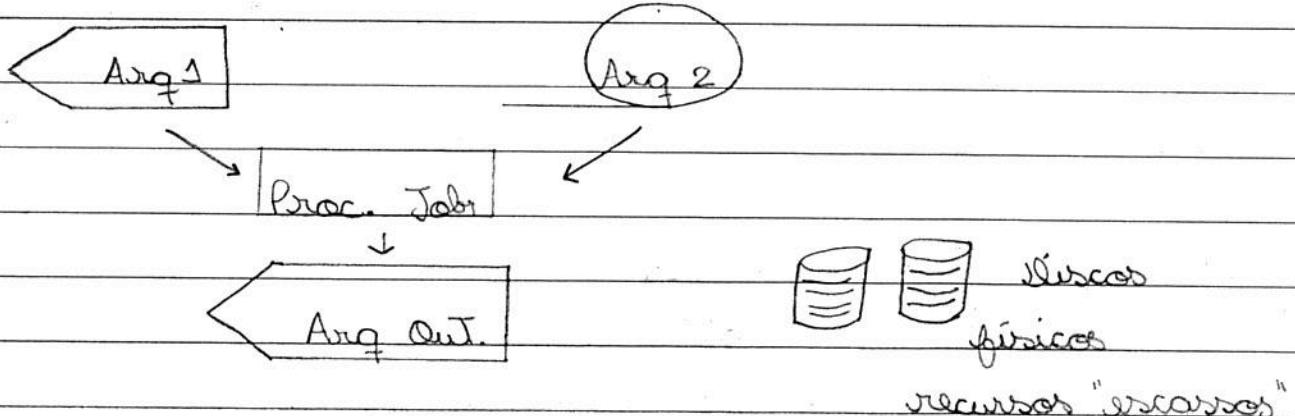
03/09/19



Como mencionado, o processo de escalonamento é uma ação bastante efetiva para melhoramento do desempenho do sistema.

O objetivo do planejamento é programar a execução de jobs ao longo do dia.

Em sistemas operacionais, virtual machine, existem tecnologias para auxiliar no planejamento controlado de execuções de processos.



03/09/19

D S T Q Q S S

Tecnologia JCL - Job Control Language

| ID processo | Prog | INP | INP | OUT | H. início | H. fim | Tel. | |
|-------------|-------|-----|-----|-----|-----------|--------|------|-----------------|
| 003 | PROG2 | F1 | D1 | D2 | 08:50 | 09:10 | 10* | 31 2 dia1 |

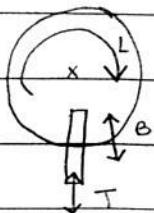
Porque não usar Fita de Hardware

Otimização de disco:

Em sistemas corporativos as bases de dados não são armazenadas permanentemente em disco. Isto por dois motivos: custos altos e segurança física.

Muitas bases de dados são armazenados em fita e despejam espacos nos discos, o que leva o aumento da atividade de I/O em disco, deteriorando o desempenho global do sistema.

Qual é o impacto do acesso ao disco?



T. busca 5ms

T. latência 6ms

T. Transferência 5.5ms

Obj.:

{ Reduzir I/O

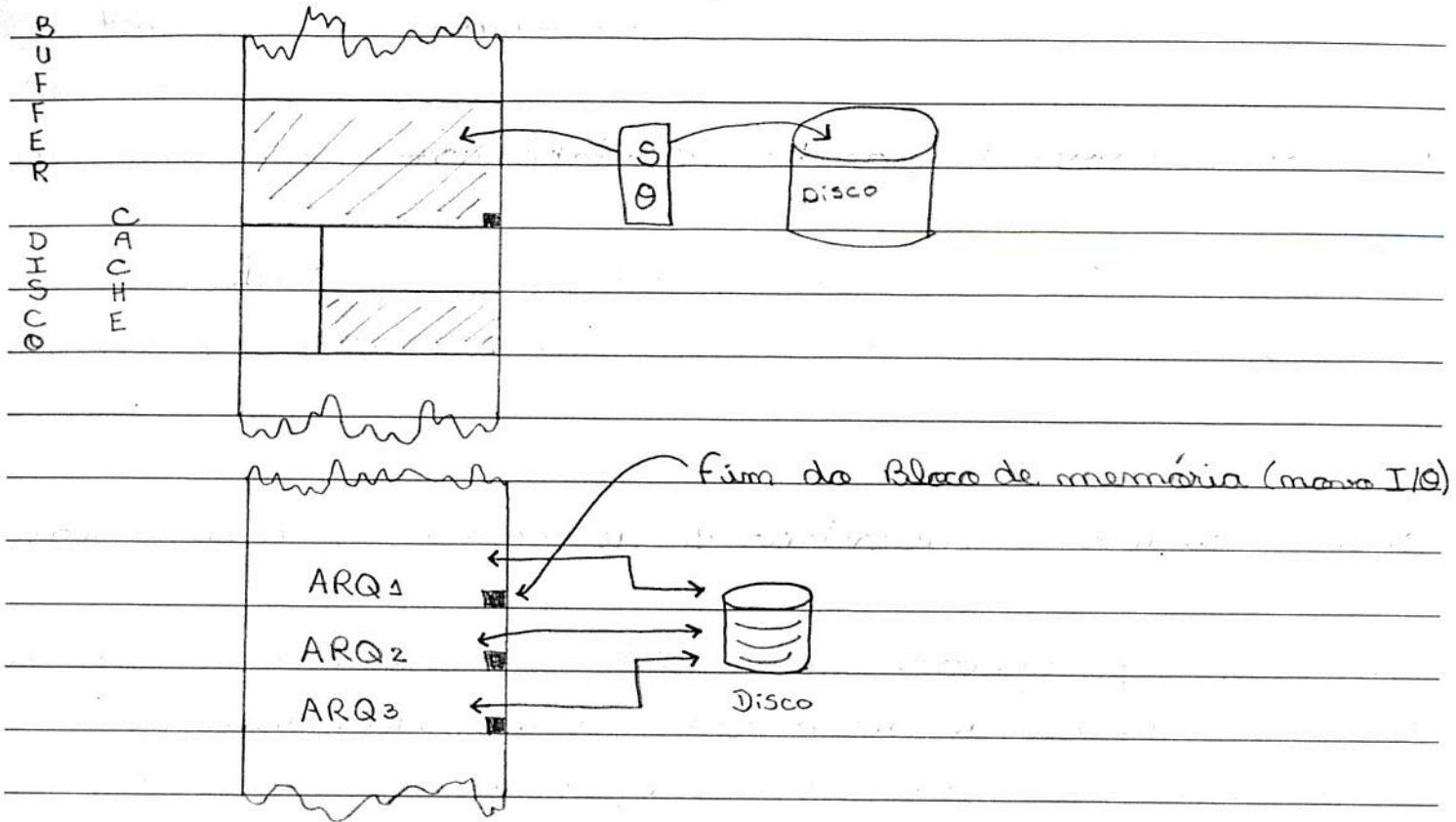
" Tempo de Busca e Latência

" fragmentação

D S T Q Q S S

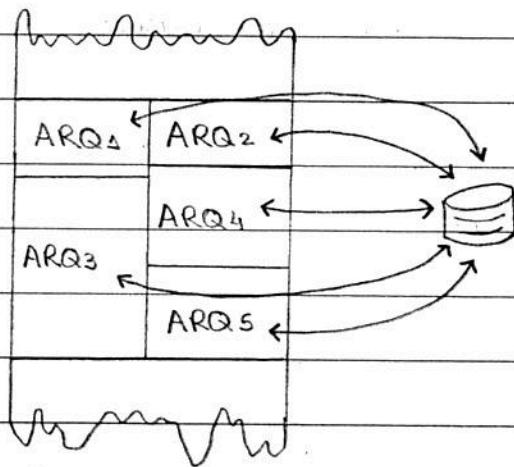
03 / 09 / 19

a) Reduzindo o número de operações de I/O em disco:



Módulo Ideal:

05/09/19



Obs.: O módulo de organização ideal deve levar em conta:
• O tamanho e a frequência de acesso ao arquivo de dados.

05/09/19

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| D | S | T | Q | Q | S | S |
|---|---|---|---|---|---|---|

• Buffers maiores = grandes arquivos com
"frequências"

• Buffers menores = grandes arquivos com
pequissíma frequência.

(essa situação pode indicar acesso direto
ao registro em disco, por meio de código em
assembly)

Obs.: O objetivo é encontrar o tamanho do buffer ideal.

Em sistemas operacionais virtual machine é possível
ajustar o buffer de disco sobre demanda, durante
uma execução, que pode caracterizar a execução de
um job.

Os sistemas operacionais V.M. fornecem uma
fórmula para ajustar o tamanho do bloco.

$$\gg FB = \frac{\text{size of record}}{\text{number of records}}$$

Ex: size = 1000 bytes

number = 100

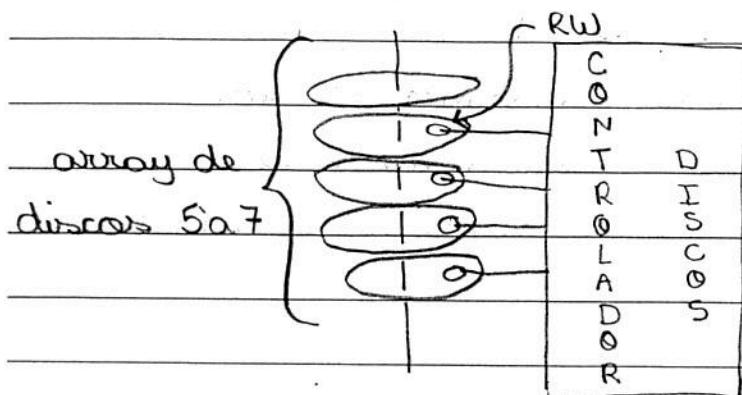
$$FB = 100000 \text{ bytes}$$

Notemos que podemos ajustar o FB sem cálculo.

$$\text{Ex: } FB = 110000 \text{ bytes}$$

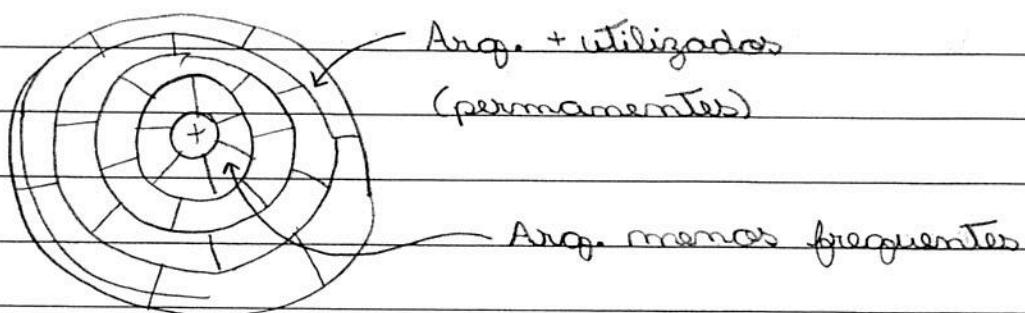
b) Técnica de Cilindro para redução do Tmp. de mov. do braço

Em sistemas V.M. é possível utilizar a Técnica de discos em cilindro. É a melhor Técnica para diminuir a operação de disco.



c) Redução do nível de fragmentação do disco

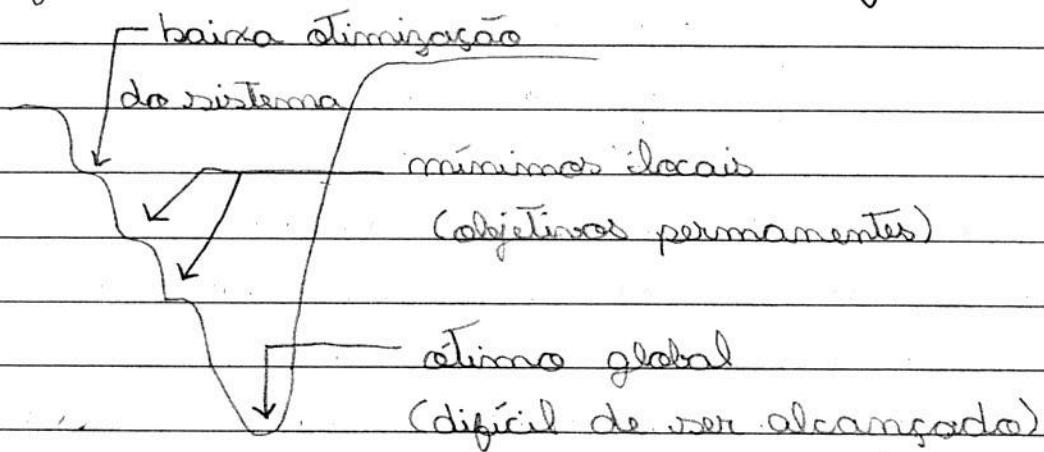
Na prática, os discos são recursos escassos. Qualquer organização armazena permanentemente seus arquivos em fita. Por esse motivo grandes arquivos (base de dados) precisam de acesso aleatório devem ser baixados para disco e dessa forma o arquivo compete por espaço com outros arquivos. Isto aumenta o nível de fragmentação.



*Etapa 6 : Meta otimização

Tipicamente durante o horário de pico de uma instituição, por exemplo, financeira, possui de 300 a 400 processos distintos sendo executados. Em bancos digitais esse número pode ser de até 600 processos.

Sendo o objetivo otimizar o sistema de forma rápida e eficiente pode levar muito tempo para atingir uma condição ótima de funcionamento.



Então é sugerido replicar algumas ações aplicadas a certos processos para outros processos semelhantes.

Esse procedimento não garante a eficácia, porém é eficiente na direção da otimização global.

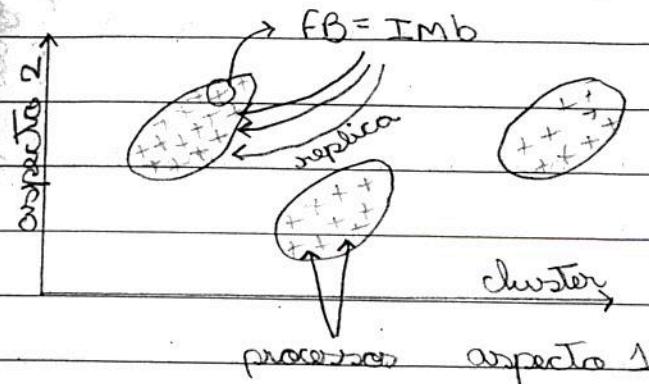
Não são todas as ações que podem ser replicadas, por exemplo:

- Re-codificação de código
- Escalonamento de serviço
- Definição do fator de bloco
(diminui o número de TIO)
- Reorganização de arquivos em disco

D S T Q Q S S

10 / 09 / 19

A ideia da meta-otimização



Procedimentos:

Para cada processo devemos considerar aspectos quantitativos e qualitativos

$$P_x = \{ \text{Variáveis qual.}, \text{Variáveis quant.} \}$$

$$P_x = \left\{ \begin{array}{l} \text{Sistema} \quad \text{Tiempo que} \quad \text{Turno} \\ \text{ao qual} , \text{fica disponível} , \text{disponível} \\ \text{processo.} \quad \text{o processo} \\ \text{vinculado} \end{array} \right\}$$

Ex: Sist. C.C. 3:50m T
 quali. N

$$P_x = \left\{ \begin{array}{l} \text{consumo} , \text{consumo} , \text{número} \\ \text{de CPU} \quad \text{de memória} \quad \text{de I/O's, ...} \end{array} \right\}$$

quant.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| D | S | T | Q | Q | S | S |
|---|---|---|---|---|---|---|

1º Sol.: Tratar tudo como quant. (K-means)

(Transformar cat. em número)

2º Sol.: Tratar tudo como qualitativa (K-modes)

(num → categórica)

3º Sol.: Agrupar 1º pelas variáveis qualitativas e

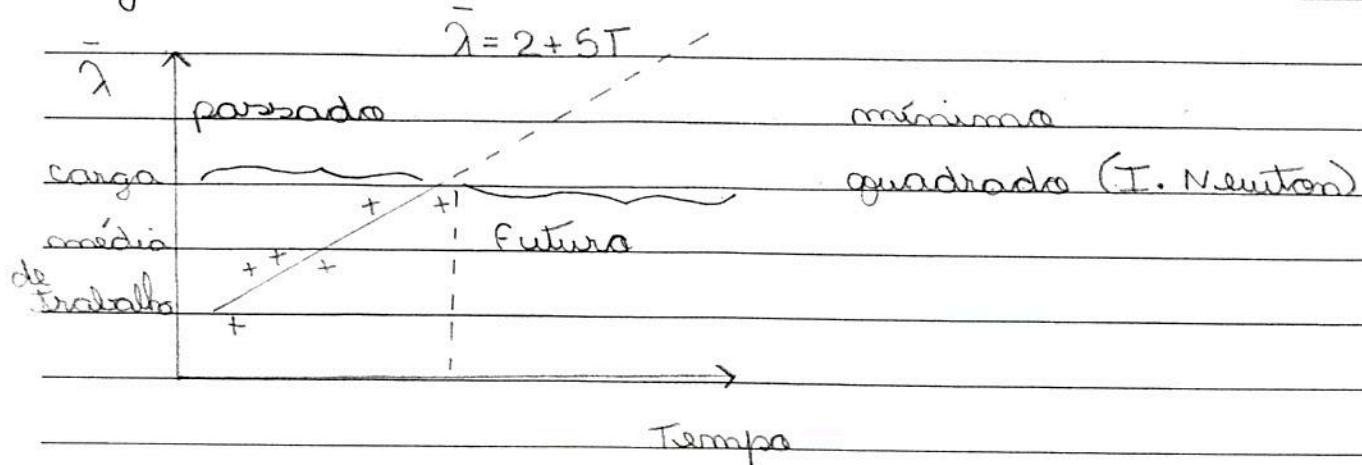
depois cada grupo pelas variáveis quantitativas

(mais aconselhada)

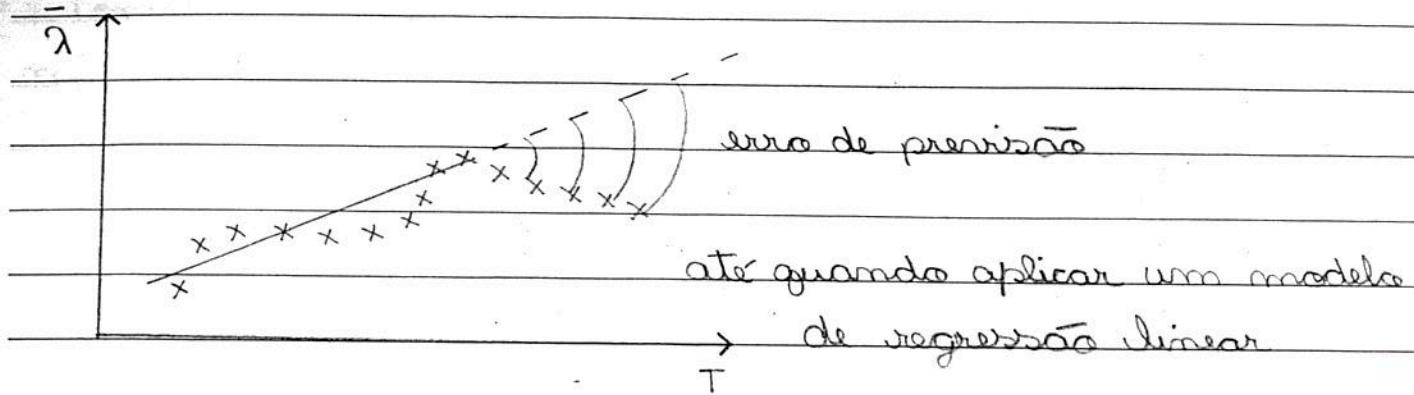
Ate a etapa 6 as ações são exclusivamente corretivas.
Mas uma Metodologia

*Etapa 7: Estimativa de carga futura de trabalho

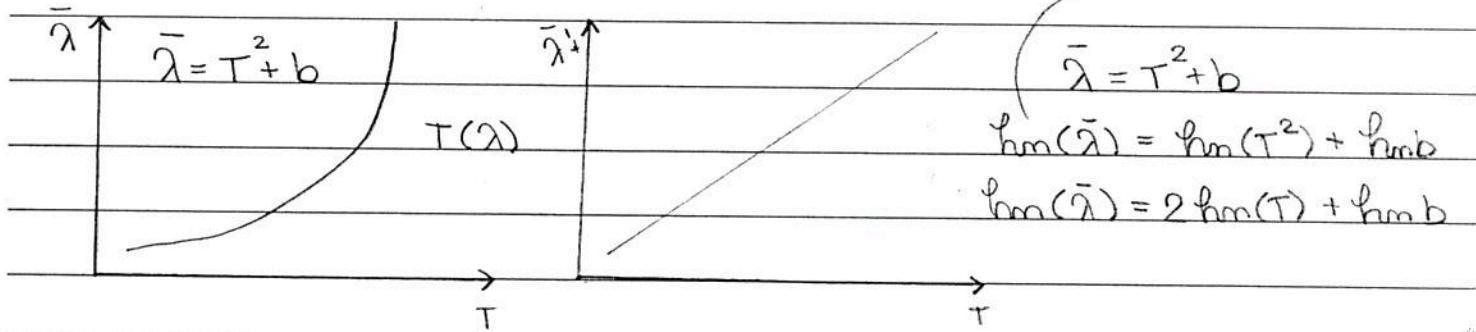
Uma etapa essencial para analisar o desempenho futuro de um sistema é prever a carga de trabalho futuro. Normalmente é aplicado modelos de regressão.



Problemas e erros de previsão:



Algumas possíveis soluções:



Dado $\hat{y} = a + bT$

$$a = \frac{(\sum \bar{y})(\sum T^2) - (\sum T)(\sum T\bar{y})}{m(\sum T^2) - (\sum T)^2}$$

$$b = \frac{m(\sum T\bar{y}) - (\sum T)(\sum \bar{y})}{m(\sum T^2) - (\sum T)^2}$$

10 / 09 / 19

D S T Q Q S S

Exemplo

| | |
|--------|-----------|
| Mês | \bar{x} |
| Jan. | 2 |
| Fever. | 4 |
| Marc. | 3 |
| Abr. | 6 |

$$\sum \bar{x} = 15; \quad \sum T = 10; \quad \sum T\bar{x} = 43; \quad \sum T^2 = 30;$$

$$a = \frac{15 * 30 - 10 * 43}{4 * 30 - 10^2} = \frac{450 - 430}{20} = 1$$

$$b = \frac{4 * 43 - 10 * 15}{120 - 100} = \frac{172 - 150}{20} = 1.1$$

$$\hat{x} = 1 + 1.1T$$

| Mês | \bar{x} | \hat{x} | erro |
|-----|-----------|-----------|-------------------------|
| J | 2 | 2,1 | 0,1 |
| F | 4 | 3,2 | 0,8 |
| M | 3 | 4,3 | 1,3 |
| A | 6 | 5,4 | 0,6 |
| M | - | 6,6 | $\text{erro} = \pm 0,7$ |

Logo $\hat{x}_{\text{maio}} = 6,6 \pm 0,7$

p/ fins de desempenho: $\hat{x} = 7,3$

Exercício:

Construir o modelo de previsão e estimar \hat{T} para o mês de Junho. Calcule o erro médio de previsão $\sum T = 93$

Mês \bar{T} (no horário de pique) \hat{T}

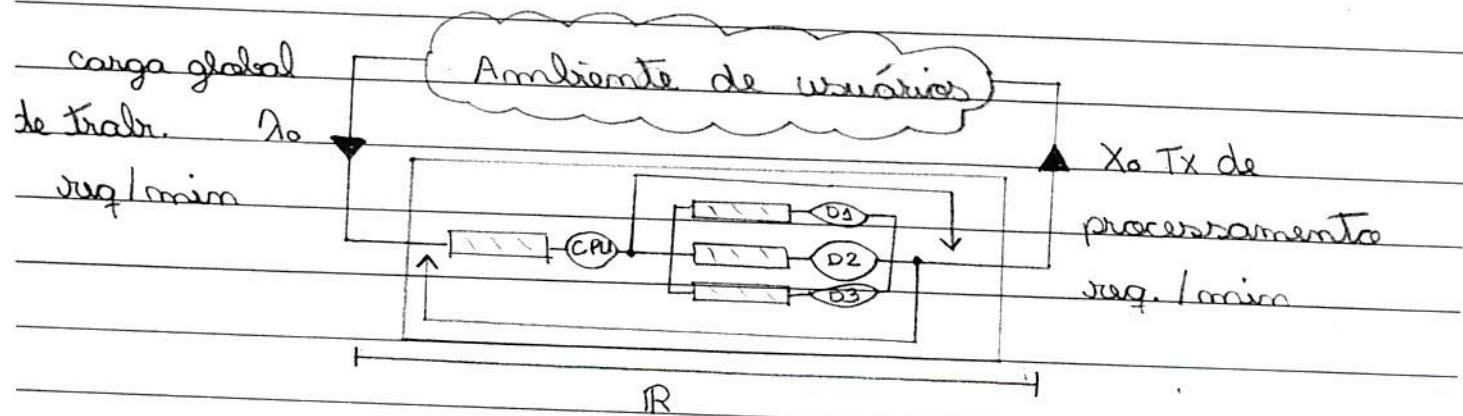
$$\sum \bar{T} = 27 \quad \sum T = 15 \quad \sum T^2 = 55$$

| | | | | | |
|----------|---|---------|-----|--------------------------|----------------------------|
| 1 Jan | 3 | req/min | 3 | 0 | $a = 1,8 \quad b = 1,2$ |
| 2 Fever. | 5 | | 4,2 | 0,8 | $\hat{T} = a + bT$ |
| 3 Mar | 4 | | 5,4 | 1,4 | $\hat{T} = 1,8 + 1,2(T)$ |
| 4 Abr | 7 | | 6,6 | 0,4 | |
| 5 Maio | 8 | | 7,8 | 0,2 | Jun $\bar{T} = 9 \pm 0,56$ |
| Jun. | ? | | 9 | $\sum \text{erro} = 2,8$ | Pior caso: 9,56 req/min |

$$\text{erro} = \frac{2,8}{5} = 0,56$$

*Etapa 8: Modelagem do sistema computacional

A modelagem deve ser iniciada quando for alcançado um correto escalonamento de serviços. Isto pelo fato dos modelos possuirem tantas equações como distintos processos sendo executados num determinado horário. Vai para utilizar o modelo para final de previsão é necessário garantir que a manutenção da carga é a mesma.



12 / 09 / 19

D S T Q Q S S

i = CPU

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

D_i : Tempo total gasto por uma requisição no dispositivo "i", sem considerar tempo de espera.

U_i : Utilização do dispositivo "i"

R: Tempo médio por requisição [s/req]

$$D_i = U_i / X_0; X_0: razão req/s$$

exemplo:

$$T_0 = 1 \text{ hora}$$

$C_0 = 7200 \text{ req.}$

$$U_{CPU} = 60\%$$

$$U_{D1} = 50\%$$

$$U_{D2} = 80\%$$

$$U_{D3} = 90\%$$

$$X_0 = \frac{C_0}{T_0} = 2 \text{ req/s}$$

$$R = \frac{0,60}{2} + \frac{0,50}{2} + \frac{0,80}{2} + \frac{0,90}{2}$$
$$\frac{1-0,60}{1-0,50} \quad \frac{1-0,50}{1-0,80} \quad \frac{1-0,80}{1-0,9}$$

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

D S T Q Q S S

12 / 09 / 19

- aumentando a carga em 10% aumenta apenas a

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

$$= 0,88 + 0,55 + 3,33 + 45 \\ = 49,5$$

- o que derriba o sistema é a carga

- melhorando o código em 10%

$$R = \frac{0,30 * 0,90}{1 - 0,66 * 0,90} + \dots$$

$$= 0,324 + \dots \\ = 48,5$$

- aumentando orange

$$R = 0,324 + 0,55 + 3,33 + \frac{0,45}{1-0,5} + \frac{0,45}{1-0,5} \\ = 0,90 + 0,90$$

17/09/19

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| D | S | T | Q | Q | S |
|---|---|---|---|---|---|

*Etapa 9: Previsão do Surgimento da Fase de Super-Utilização

Tendo construído modelos para a carga de trabalho e do sistema computacional, esta etapa propõe prever o inicio da Fase de super-utilização.

A fase de super-utilização se caracteriza pelo fato de termos alcançado a saturação do sistema

(100% de utilização do processador) de forma permanente.

O termo permanente é um termo relativo e depende da finalidade do sistema computacional.

Por exemplo:

- Em sistemas de e-commerce

Permanente: Datura acima de 10% do horário de pico

De h. pico: 12:00 - 13:00

"permanente" > 6 min.

- Em sistemas acadêmicos

Permanente: Datura acima de 60% do horário de pico

De h. pico 12:00 - 13:00

"permanente" > 36 min.

É sugerido que a super-utilização seja prevista com 1 ano de antecedência, porém na prática ocorre 4 a 6 meses. Muitos sistemas já vêm

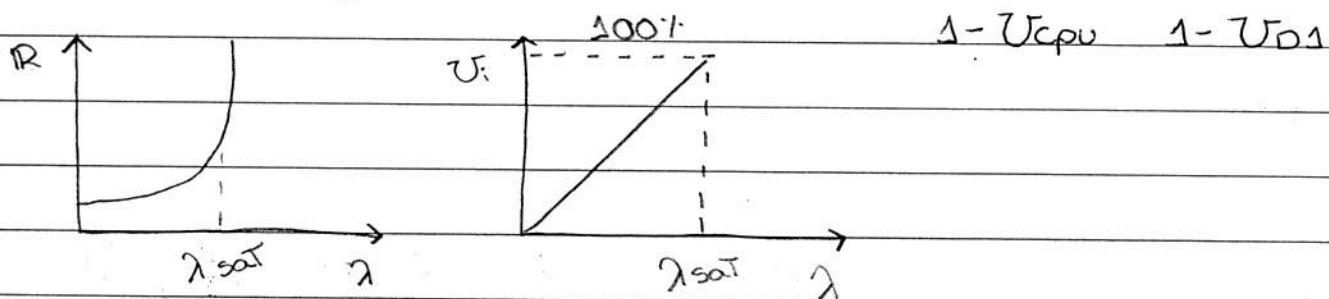
ma fase de super-utilização.

* Como determinar o tempo para a fase de super-utilização?

Tendo os modelos:

$$\hat{\lambda} = f(T) \rightarrow \hat{\lambda} = a + bT \quad \text{carga}$$

sistema: $\bar{R} = f(\text{dispositivos}) \rightarrow \bar{R} = D_{cpu} + D_{D1} + \dots$



Saturação: $\bar{R} \rightarrow \infty$

$$\lambda_{sat} = \frac{1}{D_s} \quad U_i = D_i * \lambda_i$$

exemplo:

$$D_i = 10 \text{ ms/req.}$$

$$\lambda_{sat} = \frac{1}{10 \times 10^{-3}} = 100 \text{ req/s}$$

17/09/19

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| D | S | T | Q | Q | S | S |
|---|---|---|---|---|---|---|

Quando vai acontecer?

$$\hat{\bar{\lambda}} = \lambda_{sat} = a + bT$$

$$t_{sat} = \frac{\lambda_{sat} - a}{b}$$

Tempo até λ_{sat} ocorrer?

$$\text{Tempo} = t_{sat} - \text{Hist. meses}$$

Exemplo:

$$\hat{\bar{\lambda}} = 1,8 + 1,2T$$

$$\lambda_{sat} = 1 \rightarrow 3,3 \text{ reg/seg.}$$

0,3

$$t_{sat} = \frac{3,3 - 1,8}{1,2} = 1,25$$

1,25

quantidade de
meses até chegar a
saturação

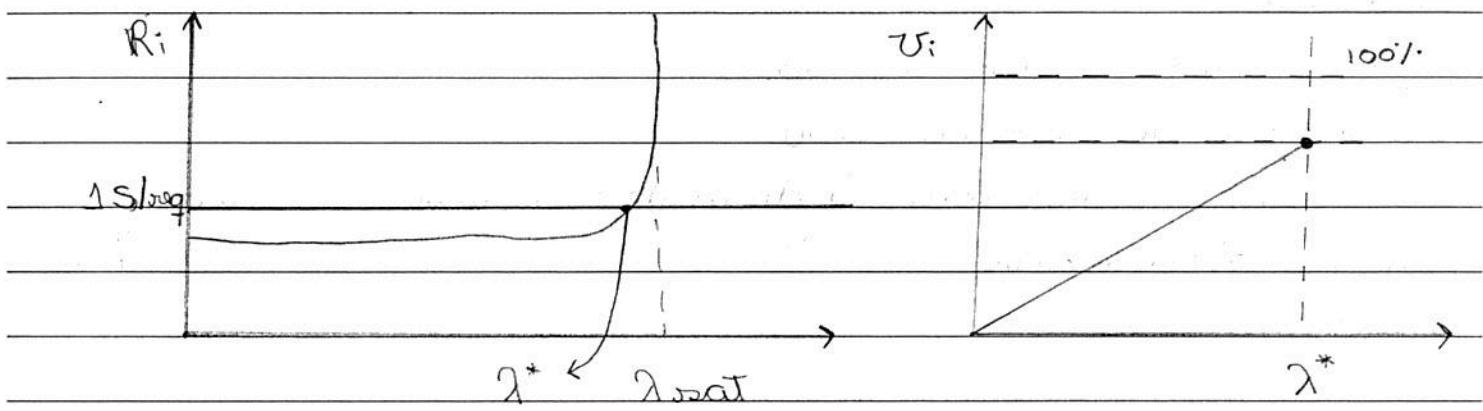
Deve-se diminuir a
quantidade de meses
que foi dada no modelo.

$$1,25 - 5 \\ \downarrow \\ \text{meses}$$

*Etapa 10: Proposta da nova configuração

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

- Vida útil do sistema
- Disponibilidade do sistema
- Limites de QoS



*Etapa 11: Negociação com diretoria e fornecedores

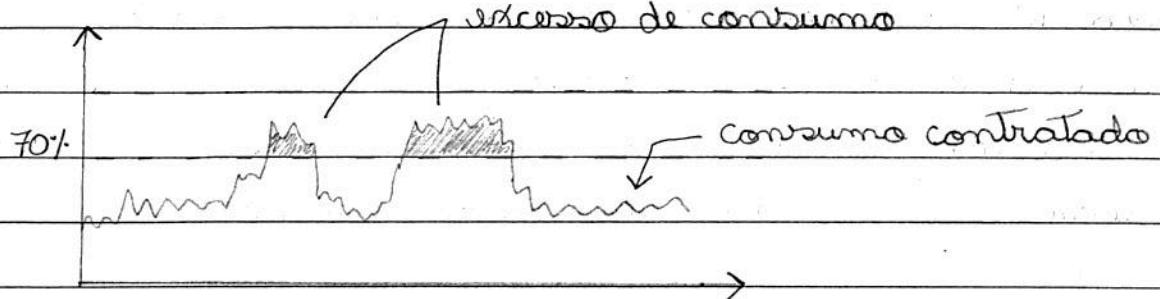
Após a obtenção de configuração ideal a próxima etapa procura a negociação com a diretoria e fornecedores de forma a adquirir a nova configuração.

Esta etapa, aparentemente a menos relevante, possui grande impacto financeiro, especialmente quando aplica sistemas leasing ou de aluguel de recursos.

19/09/19

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| D | S | T | Q | Q | S | S |
|---|---|---|---|---|---|---|

Exemplo:



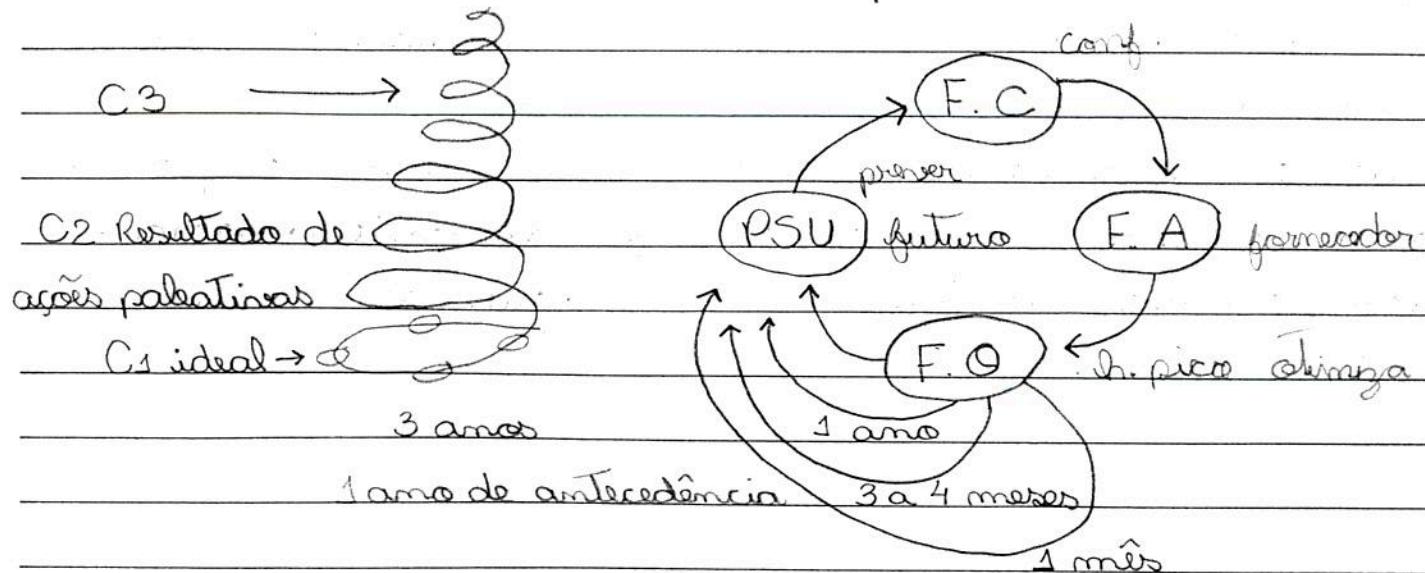
Nesta etapa é necessário o conhecimento que a troca de hardware é necessária.

Relatórios:

- 1º) Consumo médio da Cpu
- 2º) Valores de pico de Cpu
- 3º) Freq. (Permanência) durante o horário de pico que foi alcançado V^{\max} .
- 4º) 3x meses

*Etapa 12: Voltar ao passo 1

Considerando o ciclo de vida típico de um sistema:



D S T Q Q S S

19 / 09 / 19

Trabalho:

fazer no MS-Project

Proposta de um planejamento de execução de etapas da metodologia durante 3, 2 ou 1 ano (dependendo do cenário)

C2 → Planejamento de 2 anos

1 ano antecedência Super-utilização

+ intervenção no circuito

previsão em torno de 3 a 4 meses pl

Começar colocando as fases

e abaixo as etapas que tem a ver com a fase

Fase Conceitual

Super-Utilização

Aquisição

Operacional

24/09/19

D S T Q Q S S

Exercícios:

$$m \sum \bar{x}T - (\sum T)(\sum \bar{x})$$

$$m \sum T^2 - (\sum T)^2$$

01) Construir o modelo de carga para os seguintes dados históricos:

| Mês | \bar{x} | Pregar a carga para o próximo mês |
|--------|-----------|--|
| 1 Jan | 4 | |
| 2 Fevr | 5 | |
| 3 Mar | 6 | |
| 4 Abr | 5 | $\sum \bar{x} \sum T^2 - \sum T \sum \bar{x}T$ |
| 5 Maio | 3 | $m \sum T^2 - (\sum T)^2$ |

2) Se o tempo médio de consumo de uma aplicação é de 80ms/reg. na CPU. Determine o tempo que falta para saturar o sistema.

$$D_i = 80 \quad \bar{x} = a + bT$$

$$\bar{x}_{SAT} = \frac{1}{80} = 0,0125$$

$$TSAT = \frac{\bar{x}_{SAT} - a}{b}$$

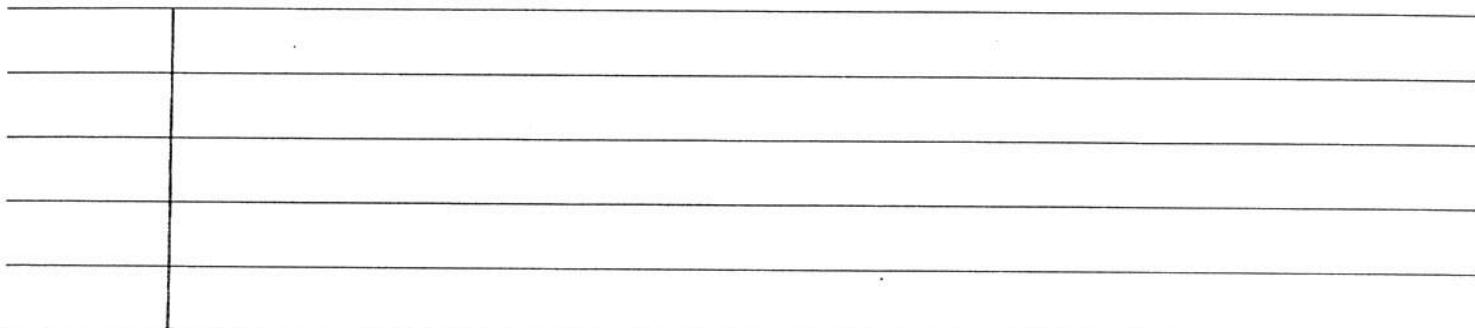
D S T Q Q S S

01/10/19

Curva Teórica de Desempenho

A curva Teórica de desempenho de um sistema pode ser construída quando a construção experimental não pode ser obtida.

Observemos uma curva de desempenho real:



A curva teórica dificilmente vai ser vista na prática.
Está normalmente

Definições preliminares

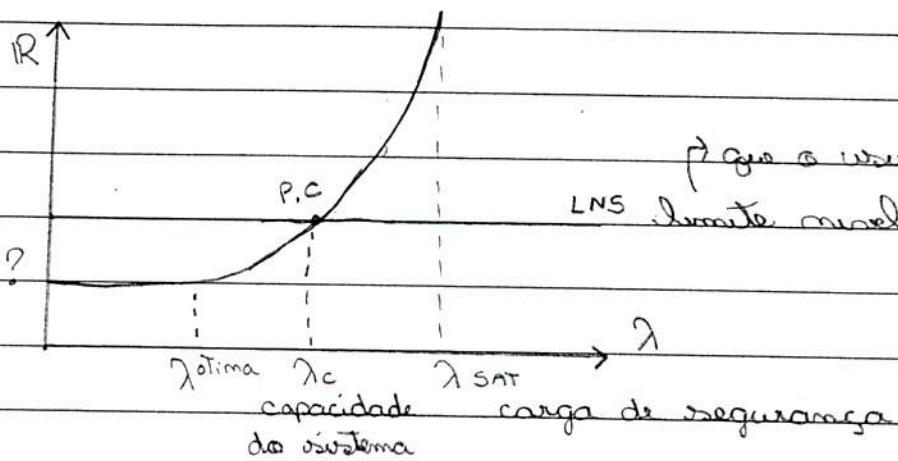
1) Carga de Trabalho (λ)

Número de requisições que chegam ao sistema por unidade de tempo [us / req.]

2)

05/10/19

D S T Q Q S S



Para o usuário espera a resposta

LNS limite nível serviço

λ_{optima}
capacidade
do sistema

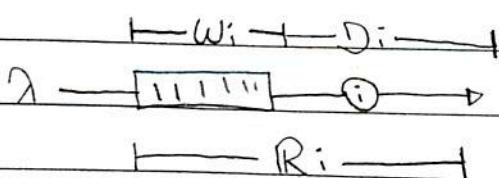
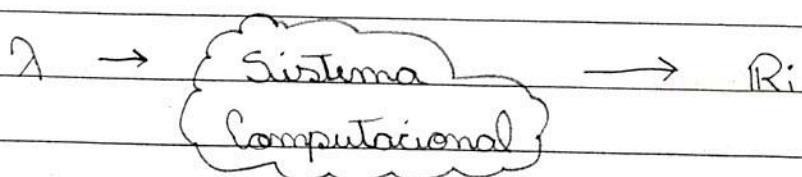
λ_c carga de segurança

λ_{SAT}

17/10/19

Para obter expressões para cálculo dos parâmetros de referência da curva, é necessário propor um modelo aproximado para o sistema computacional.

Para isso, é proposto um modelo em alto nível de abstração.



D S T Q Q S S

17/10/19

Modelo baseado na Teoria das filas:

$$\text{filas: } \bar{R}_i = \bar{D}_i$$

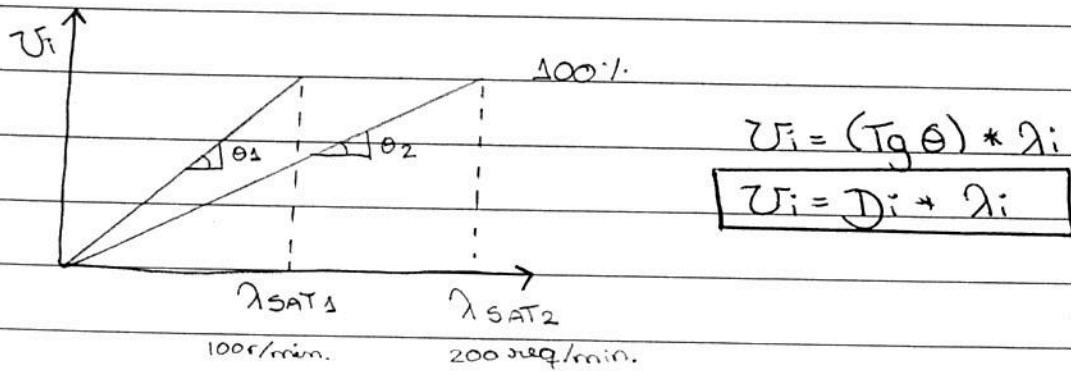
$$1 - U_i$$

onde: \bar{R}_i : tempo médio total de processamento de uma requisição no sistema.

\bar{D}_i : tempo de processamento efetivo da requisição (Não leva em consideração a fila de espera).

U_i : Utilização média do sistema

Relação λ vs U_i :



• Determinando λ_{SAT}

$$\lambda \rightarrow \lambda_{SAT}$$

$$U_i \rightarrow 1 \text{ (próximo a 100%)}$$

lado que $U_i = D_i + \lambda_i$

$$1 = D_i + \lambda_{SAT}$$

$$\lambda_{SAT} = \frac{1}{D_i}$$

17/10/19

D S T Q Q S S

• Capacidade do sistema:

$$\lambda \rightarrow \lambda_c$$

$$\bar{R}_i \rightarrow L_{NS}$$

então:

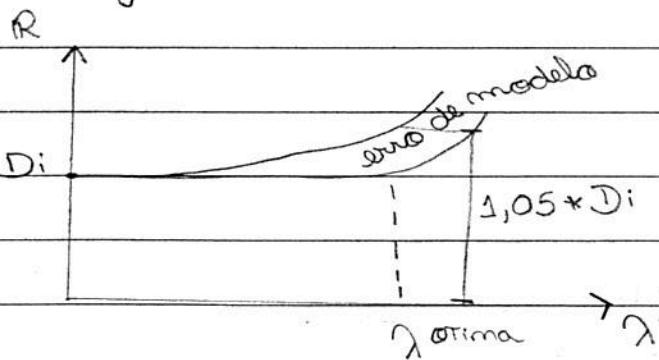
$$L_{NS} = \underline{D_i}$$

$$1 - D_i * \lambda_c$$

$$L_{NS} - L_{NS} * D_i * \lambda_c = \underline{D_i}$$

$$\lambda_c = \frac{L_{NS} - \underline{D_i}}{L_{NS} * D_i}$$

• Carga ótima:



$$\lambda \rightarrow \lambda^{\text{opt}}$$

$$R_i \rightarrow 1,05 * \underline{D_i}$$

$$1,05 * \underline{D_i} = \underline{D_i}$$
$$1 - \underline{D_i} * \lambda^{\text{opt}}$$

$$1,05 = \frac{1}{1 - \underline{D_i} * \lambda^{\text{opt}}}$$

D S T Q Q S S

17 / 10 / 19

$$1,05 - 1,05 * D_i + \lambda^{\text{OT}} = 1$$

$$\lambda^{\text{OT}} = \frac{0,05}{1,05 * D_i}$$

λ_c

Para λ_{SAT} : $U_{100\%}$

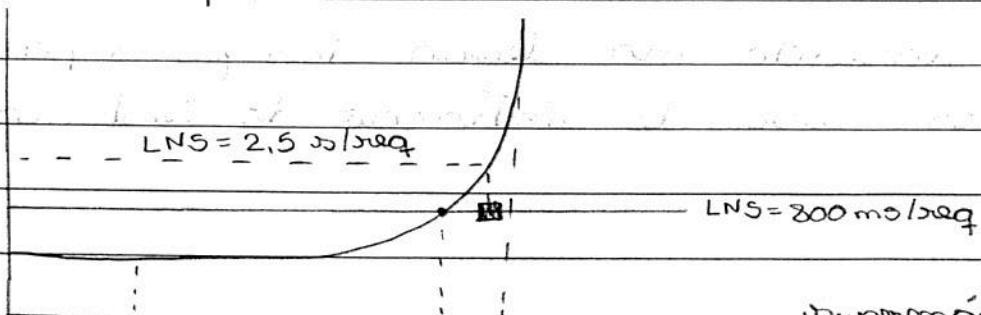
$$\therefore \lambda_c : U_{\lambda_c} = D_i * \left(\frac{LNS - D_i}{LNS + D_i} \right) = \frac{LNS - D_i}{LNS}$$

$$\text{Para } \lambda^{\text{OT}} : U_{\lambda^{\text{OT}}} = \frac{0,05}{1,05} = 0,047 \sim 4,7\%$$

Exemplo:

modo $D_i = 500 \text{ ms/req}$

$$\begin{array}{|c|c|} \hline \lambda & R_i \\ \hline 0 & D_i \\ \vdots & \vdots \\ \lambda_{\text{SAT}} & \end{array} \quad R_i = \frac{D_i}{1 - D_i \cdot \lambda_i}$$



$$\begin{aligned} \lambda_{\text{OT}} &= 0,095 \text{ req/s} & \lambda_{\text{SAT}} &= 2 \text{ req/s} & U_i &= D_i * \lambda_c \\ (5,7 \text{ req/min}) & & (120 \text{ req/min}) & & = 0,5 * 0,75 \text{ req/s} \\ \lambda_c &= 0,75 \text{ req/s} & (45 \text{ req/sec}) & & = 0,375 (37,5\%) \end{aligned}$$

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| D | S | T | Q | Q | S | S |
|---|---|---|---|---|---|---|

Para disponibilidade de 20%, qual seria o LNS permitível?

$$U_i = 80\% \quad D_i = 500 \text{ ms/req}$$

$$\lambda_c = \frac{0,80}{0,50} = 1,6 \text{ req/s} \quad (96 \text{ req/min})$$

$$R_i = \frac{D_i}{1 - J_i \cdot T_i} = \frac{0,5}{1 - 0,5 \cdot 1,6} = \frac{0,5}{0,2} = 2,5 \text{ req/s}$$

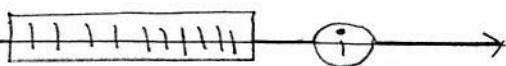
LNS

Modelagem de Sistemas Computacionais

A modelagem de sistemas computacionais baseada na teoria das filas foi proposta por D. Buzen em 1978. Esse modelo é fundamentado na fato de um sistema computacional, ou não possuir memória infinita, produzir fila de espera.

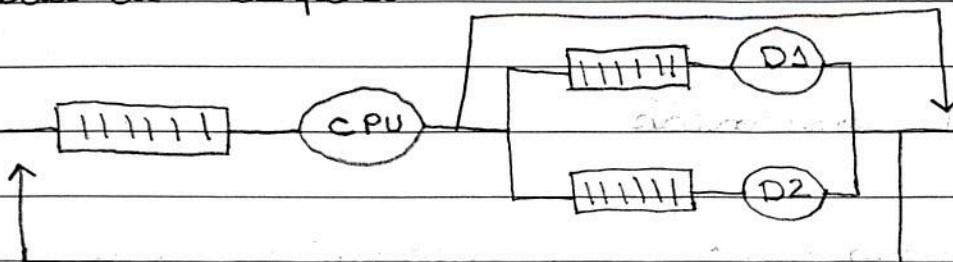
A modelagem baseada na teoria das filas pode modelar diversos níveis de abstração do sistema.

Exip. Isolado

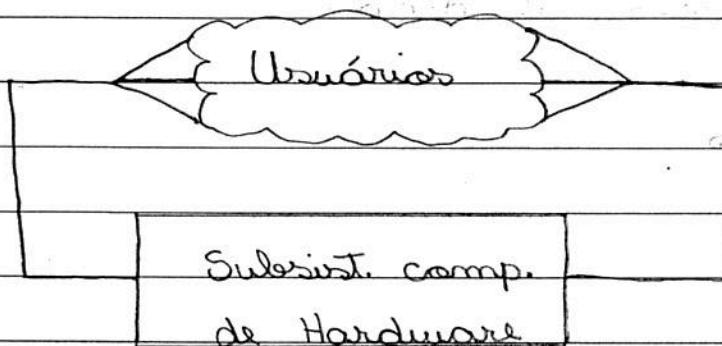


D S T Q Q S S

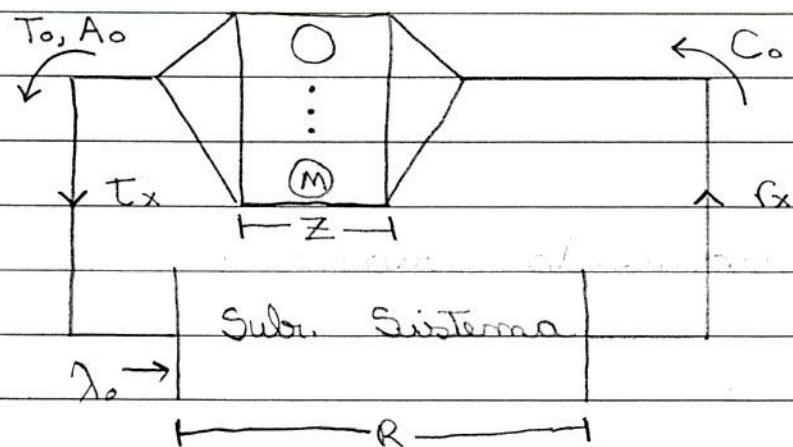
Roda de disposit.



Alto nível de Abstracção



Modelagem de sistemas interativos



D S T Q Q S S

• Variáveis Básicas :

T_0 : Tempo de observação

A_0 : Num. de requisições que chegam ao sistema de...

C_0 : Num. de requisições atendidas

M : Terminais ativos

• Variáveis Derivadas :

λ_0 : Carga de Trabalho Global [req/s]

$$\lambda_0 = A_0 / T_0$$

X_0 : Taxa de processamento [req/s]

$$X_0 = C_0 / T_0$$

Z : Tempo de pensar ($\sim 7s$)

T_x : Tempo de Transmissão

r_x : " " re-transmissão

D S T Q Q S S

$$\frac{\bar{Z}}{7\text{ s}} + \cancel{\frac{\bar{T}_x}{X_0}} + \frac{\bar{R}}{M} + \frac{\bar{r}_x}{X_0} = \frac{M}{X_0}$$

$$\bar{Z} + \bar{R} = \frac{M}{X_0}$$

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

Exemplo:

Um sistema foi observado durante 1 hr. Nesse período foram atendidas 7200 req. para $Z = 7\text{ s}$.

Calcular R use $M = 40$ Terminais

$$C_0 = 7200 \text{ req/s}$$

$$X_0 = \frac{7200}{3600} = 2 \text{ req/s}$$

$$T_0 = 3600 \text{ s}$$

$$3600$$

$$M = 40$$

$$Z = 7$$

$$R = \frac{40}{2} - 7 \therefore R = 13 \text{ s/req}$$

Melhorando desempenho

$$R' = \frac{M'}{X_0} - Z$$

1) Eliminando M :

Ex: para $M = 30$

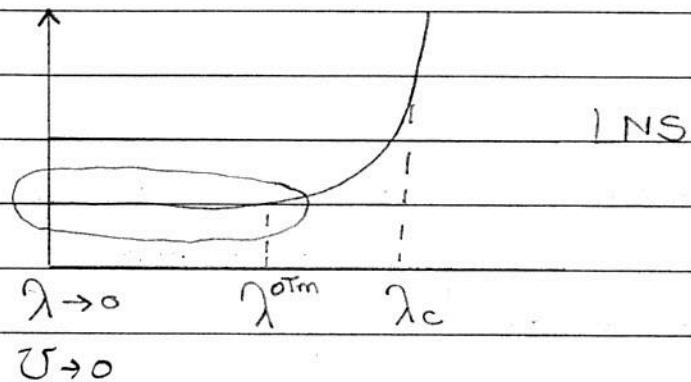
$$R = \frac{30}{2} - 7 \therefore 8 \text{ s/req}$$

D S T Q Q S S

2) Propondo $R = 3 \text{ vs } 1 \text{ req}$
Calcular M .

$$M = X_0 (R + Z)$$

$$M = 2(3+7) = 20 \quad \text{deslugar 20 terminais}$$



3) Mínimo de terminais:

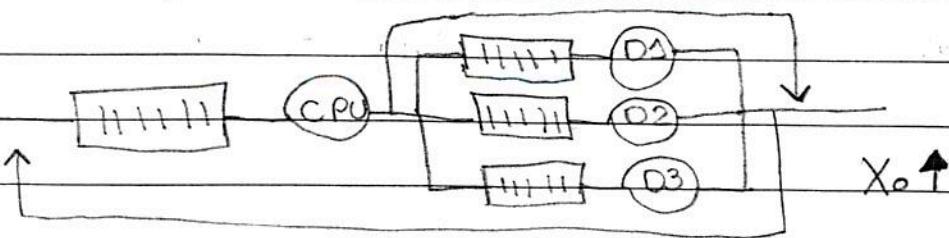
$$M_{\min} = X_0 Z$$

$$R \rightarrow 0$$

$$M_{\min} = 14 \text{ Terminais}$$

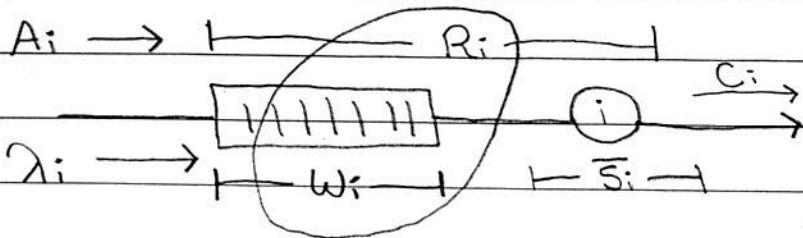
4) Aumentando a Taxa de processo:

$$X_0 = \frac{M}{Z+R} \quad X_0 = \frac{40}{7+3} = 4 \text{ req/s}$$



D S T Q Q S S

* Modelagem de dispositivos isolados



• Variáveis básicas:

T₀: Tempo de observação

A_i: Visitas que chegam ao dispositivo "i"

C_i: Visitas atendidas T₀ = 10 seg

B_i = 8 seg

B_i: Tempo de ocupação A_i = C_i = 10

• Variáveis derivadas:

Z_i: Carga de trabalho sobre o disp. "i"

$$Z_i = \frac{A_i}{T_0} \text{ ex: } Z_i = \frac{10}{10} = 1 \text{ req/seg.}$$

X_i: Taxa de processamento: capacidade de negão do sistema

$$X_i = \frac{C_i}{T_0} \text{ ex: } \frac{10}{10} = 1 \text{ req/seg}$$

D S T Q Q S S

U_i : Utilização do dispositivo:

$$U_i = B_i / T_0 \quad \text{ex: } U_i = \frac{3}{10} = 0,3$$

D_i^u : Disponibilidade:

$$D_i^u = 1 - U_i \quad \text{ex: } 0,20$$

\bar{s}_i : Tempo médio de resposta: não leva em consideração tempo

$$\bar{s}_i = B_i / C_i \quad \text{ex: } \frac{8}{10} = 0,8 \text{ vs } \cancel{10} \checkmark \text{ de espera}$$

R_i : Tempo médio de resposta:

$$R_i = \frac{\bar{s}_i}{1 - U_i} \quad \text{ex: } R_i = \frac{0,8}{1 - 0,8} = 4 \text{ seg/req}$$

W_i : Tempo médio de espera:

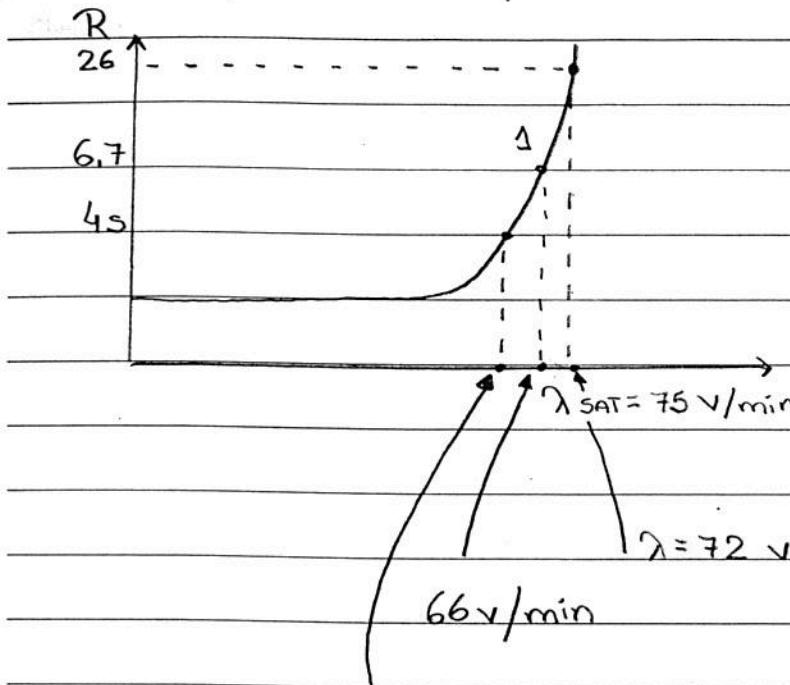
$$W_i = R_i - \bar{s}_i \quad \text{ex: } 4 - 0,8 = 3,2 \text{ seg/req}$$

D S T Q Q S S

/ / /

$$T_0 = 10 \text{ s}, B_i = 8 \text{ Vs}, A_i = C_i = 10 \text{ v}, U_i = 0,8$$

$$\lambda_i = 1 \text{ V/s}, X_i = 1 \text{ V/s}, \bar{s}_i = 0,8 \text{ s/v}, R_i = 4 \text{ s/v}, \bar{\omega}_i = 3,2 \text{ s/v}$$



$$R_i = \bar{s}_i$$

$$1 - U_i$$

$$\lambda_{SAT} = U_i = 1$$

$$U_i = \bar{s}_i \lambda_i$$

$$1 = \bar{s}_i \lambda_i$$

$$\lambda_{SAT} = \frac{1}{\bar{s}_i}$$

$$\lambda = 60 \text{ v/min}$$

1) Aumentando a carga em 10%

$$\lambda^{NOVO} = 1,1 * \lambda^{ANT} = 1,1 \text{ v/s}$$

$$\bar{s}_i = 0,8 \text{ s/v}$$

lei da Utilização:

$$U_i = \frac{B_i \times C_i}{T_0 \times C_i}$$

$$U_i = \bar{s}_i * X_i$$

Teorema da Utilização:

pela Lsp. de Eq. de Fluxo:

$$\frac{A_i}{T_0} \approx \frac{C_i}{T_0}$$

$$\downarrow \quad \downarrow$$

$$\lambda_i \approx X_i$$

$$U_i = \bar{s}_i \lambda_i$$

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| D | S | T | Q | Q | S | S |
|---|---|---|---|---|---|---|

$$U_i^{\text{novo}} = 0,3 + 1,1 = 0,88$$

$$R_i = \frac{\bar{s}_i}{1 - U_i} = \frac{0,8}{0,12} = 6,7 \text{ s/lv}$$

$$W_i = 6,7 - 0,8 = 5,9 \text{ s/lv}$$

2) Aumentando mais 10%:

$$\lambda^{\text{novo}} = 1,21 \text{ s/lv}$$

$$U_i = 0,97$$

$$R_i = \frac{0,8}{0,03} = 26,7 \text{ s/lv}$$

$$\bar{W}_i = 26,7 - 0,8 = 25,9 \text{ s/lv}$$

3) Aumentando mais 10%:

$$\lambda^{\text{novo}} = 1,32 \text{ s/lv}$$

$$U_i = 1,06 \rightarrow 0,99$$

$$R_i = \frac{\bar{s}_i}{1 - U_i} = \frac{0,8}{0,01} = 80 \text{ s/lv}$$

$$W_i = 80 - 0,8 = 79,2 \text{ s/lv}$$

$$R_i \approx W_i$$

D S T Q Q S S

4) Considere a carga futura de $\lambda = 1,32$ e um tempo máximo de resposta de 5 s/lv. Qual seria a taxa de uso dos dispositivos?

$$\begin{cases} \lambda = 1,32 \text{ vls} \\ R = 5 \text{ s/lv} \\ \bar{s}_i = ? \end{cases}$$
$$R_i = \frac{s_i}{1 - \tau_i} \therefore \frac{s_i}{1 - s_i \lambda_i}$$

$$s_i = \frac{R_i}{1 + R_i \lambda_i}$$

Então:

$$\bar{s}_i = \frac{s}{1 + s * \lambda} = 0,65 \text{ s/lv}$$

$$s^{\text{ant}} = 0,8 \text{ s/lv}$$

$$s_i = f(\text{Hard}, \text{Aplicação})$$

$$s^{\text{ant}}_i = f(H^1, A^1) \quad s^{\text{novo}}_i = f(H^2, A^2)$$

Fator: $\frac{\bar{s}_i^{\text{ant}}}{\bar{s}_i^{\text{novo}}} = \frac{0,8}{0,65} = 1,23$ (23% mais eficiente)

Se processador = 10^6 somas/lv $\rightarrow 1230.000$ somas/lv

Se disco 10 ms/lv $\rightarrow 7,7$ ms/lv

29 / 10 / 19

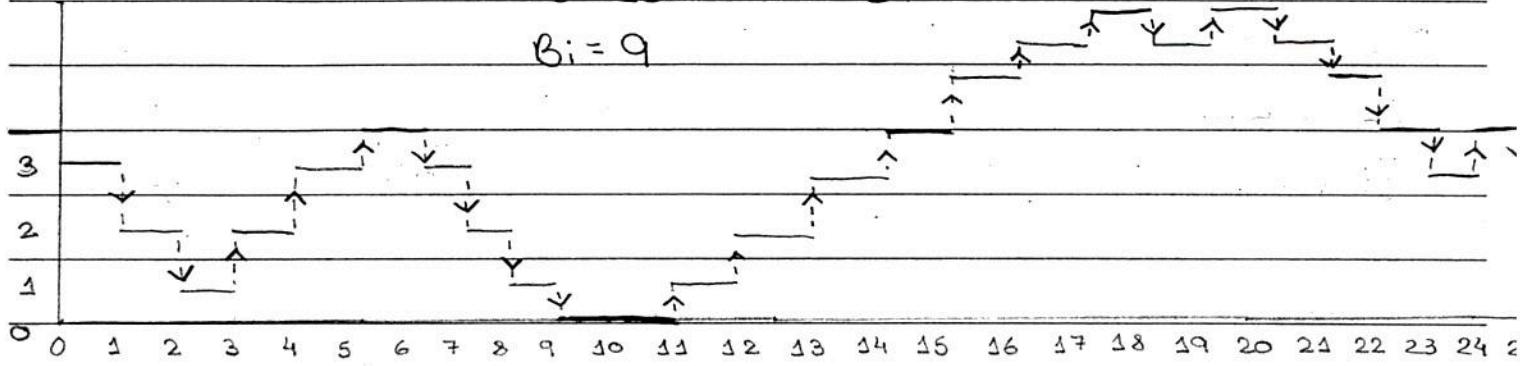
D S T Q Q S S

Exercício:

Analizar o sistema que apresentou o seguinte diagrama de seqüenciamento de eventos

$$T_0 = 10 \quad A_i = C_i = 9$$

$$B_i = 9$$



$$T_0 = 25 \text{ s}$$

$$\lambda_i = A_i / T_0 \therefore 0,48 \text{ v/s}$$

$$B_i = 23 \text{ s}$$

$$X_i = C_i / T_0 \therefore 0,52 \text{ v/s}$$

$$A_i = 12 \text{ v}$$

$$U_i = B_i / T_0 \therefore 0,92 \text{ (92\% de utilização)}$$

$$C_i = 13 \text{ v}$$

$$D^U = 1 - U_i \therefore 0,08(8\%)$$

$$\bar{S}_i = B_i / C_i \therefore 1,76 \text{ s/v}$$

$$\bar{R}_i = \frac{\bar{S}_i}{1 - U_i} \therefore 22 \text{ s/v}$$

$$1 - U_i$$

$$\bar{W}_i = \bar{R}_i - S_i = 20,24 \text{ s/v}$$

$$\lambda_{SAT} = \frac{1}{S_i} \therefore 0,56 \text{ (Carga que saturou o sistema)}$$

Quando $U \rightarrow 0$:

$$R_i = S_i$$

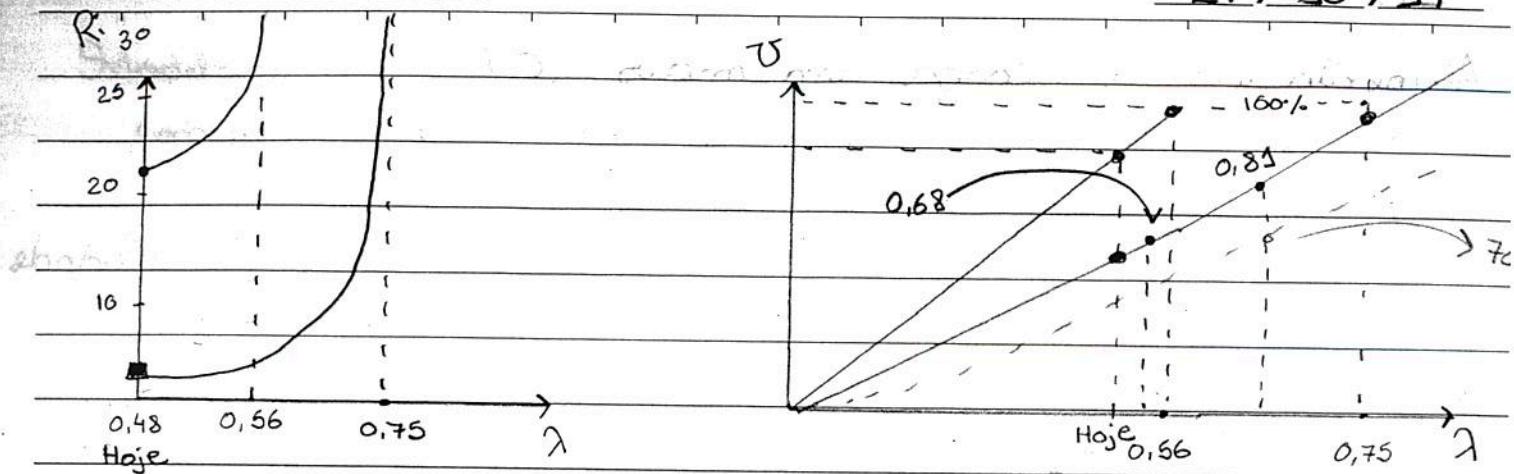
Teorema da Utilização:

$$R_i = \frac{S_i}{1 - S_i X_i}$$

$$1 - S_i X_i$$

D S T Q Q S S

29 / 10 / 19



1) Optimizando o código em 25%

$$S_i^{\text{novo}} = 0,75 * S_i^{\text{Antigo}} = 1,32 \text{ vs } 1$$

$$R_i = \frac{S_i^{\text{novo}}}{1 - S_i^{\text{novo}} * J} = 3,60 \text{ vs } 1$$

$$J_{\text{SAT}} = \frac{1}{1,32} \therefore 0,75$$

$$U_i^{\text{novo}} = 0,63$$

Carga:

2) Aumentando a carga um 10%: 100% → 110%

$$J_i^{\text{novo}} = 1,1 * 0,48 \therefore 0,52 \text{ vs } 1$$

$$U_i^{\text{novo}} = 1,32 * 0,52 = 0,68$$

$$\bar{R}_i = \frac{1,32}{1 - 0,68} = 4,2 \text{ vs } 1$$

29/10/19

D S T Q Q S S

Aumentando a carga em mais 20%.

$$\lambda_i^{\text{novo}} = 1,2 * 0,52 = 0,62$$

$$U_i = \bar{S}_i * \bar{\lambda} = 1,32 * 0,62 = 0,81 \rightarrow 19\% \text{ de disponibilidade}$$

$$R_i = \frac{1,32}{0,19} = 6,97$$

4) Para o cenário anterior, pt garantir disponibilidade de 30%, determinar o novo dispositivo

$$U_i = \bar{S}_i * \bar{\lambda}_i$$

$$F = \frac{1,32}{1,12} = 1,16$$

$$0,7 = \bar{S}_i^{\text{novo}} + 0,62$$

$$1,12$$

$$\bar{S}_i^{\text{novo}} = \frac{0,7}{0,62} = 1,12$$

16% mais rápido

5) Iuplicando o hardware:

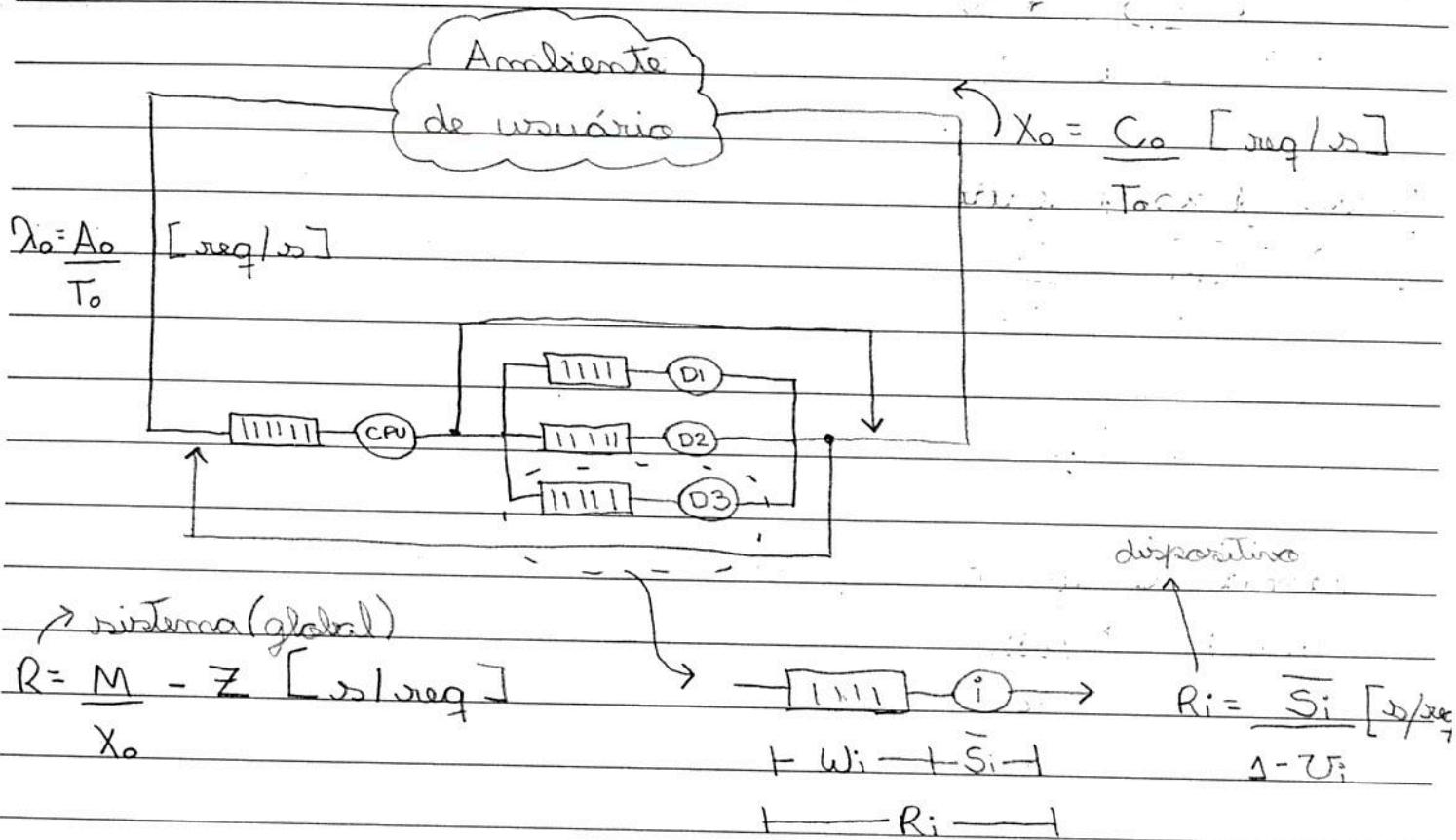
→ A U_i cai pela metade.

$$R_{1,2} = \frac{1,32}{1 - 0,41} \therefore 2,29$$

D S T Q Q S S

19 / 11 / 19

Modelagem Matemática de Sistemas Computacionais
consideraremos o seguinte sistema:



Tempo médio de resposta de uma requisição

$$R = f(\text{dispositivos internos})$$

Taxa de visitação fluxo forçado

$$V_i = C_i \rightarrow \text{quantas visitas saem do disp.}$$

$$C_o \rightarrow \text{quantas req. atendidas}$$

$$\text{Ex: } C_o = 10 \text{ req}$$

$$C_{cpu} = 20v \quad V_{cpu} = 2v/\text{req}$$

$$C_{D1} = 15v \quad C_{D3} = 5v \quad V_{D3} = 0.5v/\text{req}$$

$$C_{D2} = 10v \quad V_{D2} = 1v/\text{req}$$

19 / 11 / 19

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| D | S | T | Q | Q | S | S |
|---|---|---|---|---|---|---|

$$R = \sum_{i=1}^n V_i * R_i$$

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{\bar{s}_i}{1 - \bar{v}_i} * V_i$$

lei do fluxo forçado:

$$X_i = \frac{C_i}{T_0} \times \frac{C_o}{C_o}$$

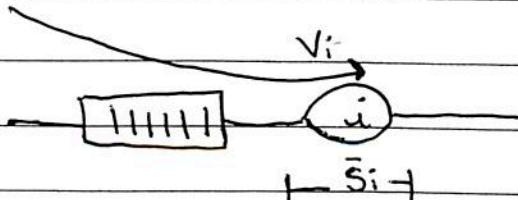
$$X_i = V_i X_o$$

Teorema de fluxo forçado:

$$\text{H.E.F} \rightarrow \frac{A_i}{T_0} \approx \frac{C_i}{T_0}$$
$$\downarrow \qquad \downarrow$$
$$\lambda_i \qquad X_i$$

$$\lambda_i = V_i \lambda_o$$

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{\bar{s}_i V_i}{1 - \bar{v}_i} = \sum_{i=1}^n \frac{B_i/C_i * C_i/C_o}{1 - B_i/T_0}$$



$$D_i = \bar{s}_i * V_i \rightarrow R = \frac{D_i}{1 - \bar{v}_i}$$

D S T Q Q S S

19 / 11 / 19

Como:

$$D_i = \bar{S}_i V_i$$

pela lei da utilização $U_i = \bar{S}_i X_i$

$$D_i = \underline{U_i} * V_i$$

$$X_i$$

$$D_i = \underline{U_i} \times \cancel{\frac{X_i}{C_o}}$$

$$\cancel{\frac{X_i}{T_0}} C_o$$

$$D_i = \frac{\underline{U_i T_0}}{C_o} = \frac{\underline{U_i}}{X_o}$$

Logo:

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{U_i / X_o}{1 - U_i}$$

Exercício:

1) Um sistema foi observado durante 1 hr. Durante esse período foram processadas 7200 req. Por monitoramento foi registrado

$$U_{cpu} = 80\% \quad U_{D1} = 60\% \quad U_{D2} = 90\%$$

Analizar o sistema

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

$$R = \frac{D_{cpu}}{1 - U_{cpu}} + \frac{D_{D1}}{1 - U_{D1}} + \frac{D_{D2}}{1 - U_{D2}}$$

19/11/19

D S T Q Q S S

$$X_0 = 2$$

| | Cpu | D ₁ | D ₂ | |
|-------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|--|
| D _i | $\frac{0,30}{2} = 0,40$ | $\frac{0,60}{2} = 0,30$ | $\frac{0,90}{2} = 0,45$ | |
| D _i 1-75: | $\frac{0,40}{1-0,80} = 2$ | $\frac{0,30}{1-0,60} = 0,75$ | $\frac{0,45}{1-0,90} = 4,5$ | |

$$R_T = 7,25 \text{ vs/req}$$

1º) Aumentando a carga + 5%:

→ D_i não sofre alteração.

$$R = \frac{0,40}{1-0,84} + \frac{0,30}{0,63-1} + \frac{0,45}{1-0,94}$$

$$= 2,5 + 0,81 + 7,5$$

$$R_1 = 10,81 \text{ vs/req}$$

2) Aumentando + 5% a carga:

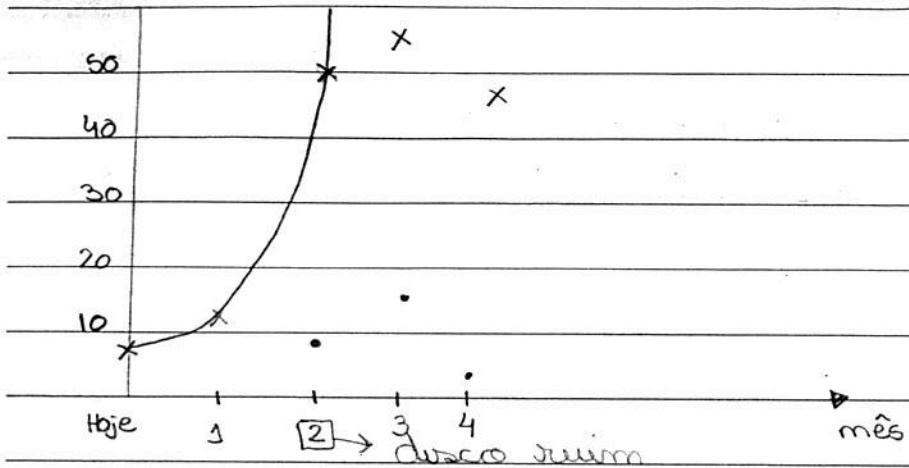
$$R = \frac{0,40}{1-0,88} + \frac{0,30}{1-0,66} + \frac{0,45}{1-0,99}$$

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

$$R_2 = 49 \text{ vs/req}$$

D S T Q Q S S

19 / 11 / 19



- Tracando o D2 por 10% mais eficiente

$$R_2^{\text{novo}} = 3,33 + 0,88 + \frac{0,9 * 0,45}{1 - 0,9 * 0,99} = 4$$

$$R_2^{\text{novo}} = 8,21 \text{ vs } 1,99$$

Aumentando + 10% a carga:

$$R_3 = \frac{0,40}{1 - 0,97} + \frac{0,30}{1 - 0,73} + \frac{0,40}{1 - 0,99}$$

$$R_3 = 13,33 + 1,1 + 40 \\ = 54$$

19/11/19

D S T Q Q S S

Aumentando storage p/ D2:

$$R_3^{\text{Novo}} = 13,33 + 1,1 + \frac{0,40}{\underbrace{1 - 0,50}_{0,50}} + \frac{0,40}{\underbrace{1 - 0,50}_{0,50}}$$

$$R_3^{\text{Novo}} = 16,03 \text{ s/lreq}$$

Aumentando + 10%:

$$R_4 = \frac{0,40}{1 - 0,99} + \frac{0,30}{1 - 0,81} + \frac{0,40}{1 - 0,55} + \frac{0,40}{1 - 0,55}$$

$$= 40 + 1,57 + 0,88 + 0,88$$

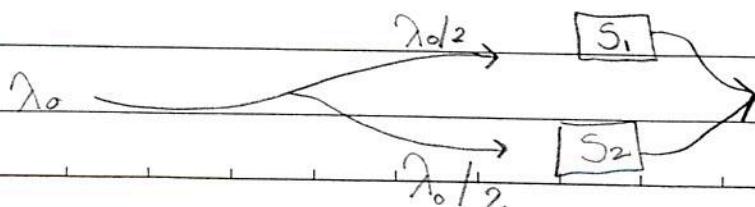
$$R_4 = 44 \text{ s/lreq}$$

Sol: Espelhar o servidor com a mesma configuração

Duplicando servidor:

$$R_4^{\text{Novo}} = \frac{0,40}{1 - 0,50} + \frac{0,30}{1 - 0,40} + \frac{0,40}{1 - 0,27} + \frac{0,40}{1 - 0,27}$$

$$= 0,8 + 0,5 + 0,54 + 0,54 \approx 2,38 \text{ s/lreq}$$



D S T Q Q S S

/ / /

Exercício

$$T_0 = 1 \text{ hora}$$

$$C_0 = 7200$$

$$U_{CPU} = 60^{-1} \cdot U_{D1} = 70^{-1} \cdot U_{D2} = 80^{-1} \cdot$$

o I_{SAT} que roatura o sistema é da CPU

