

## Modelagem de Aplicações em Redes Locais

Claudio Cesar de Sá  
DME/UECe

Marcos A. G. Brasileiro  
J. Antônio B. Moura  
GRC/UFPb

## Resumo

Este artigo apresenta um modelo utilizado na avaliação de desempenho de duas aplicações e Redes Locais (RLs). As aplicações são distintas, e disputam recursos nas RLs. Um estudo sobre a perturbação do tráfego oriundo de uma aplicação sobre a outra, é objetivo do trabalho.

## 1. Introdução

De acordo com [STAL 84], uma RL é uma rede de comunicação que propicia a interconexão de uma variedade de equipamentos em uma área geográfica limitada.

O número de aplicações em RLs já é considerável, e continua a crescer. Áreas como automação de escritórios, controle de processos, computação distribuída, processamento de voz e imagem, são alguns exemplos para o uso de RLs.

Algumas aplicações como submissão remota de tarefas, processamento de textos, correio eletrônico usam como serviço de suporte a Transferência de Arquivos (TAs). Aplicações como verificação de saldos bancários, interações com algum sistema operacional, sistema telecompras ... etc, tem como serviço de suporte o Processamento de Transações (PTs). Em alguns casos funcionam como suporte a alguma aplicação mais sofisticada, e em outros se apresentam de modo final ao usuário.

Sendo assim, é de importância especial em se estudar estas duas aplicações. Até então, muitos trabalhos foram feitos na área de avaliação e desempenho das mensagens através da sub-rede [BUX 81], e pouco sobre uma visão externa ao usuário.

Trabalhos percursoros na área estão em [MOUR 82, MUSS 85]. Em [MOUR 82] a aplicação investigada foi transferência de arquivos. Em [MUSS 85], foi a vez de operações interativas com um servidor remoto.

Este trabalho tem como objetivo investigar a integração de duas aplicações em um mesmo ambiente. Estas duas aplicações (TAs e PTs), geram dois tipos de tráfegos distintos na sub-rede, é uma situação mais real, e de interesse maior.

A técnica empregada para se investigar um modelo para aplicações em RLs, é a decomposição [COUR 77]. Esta técnica consiste em decompor um modelo complexo, monolítico, em sub-modelos mais simples. Gerando-se assim um modelo hierárquico em vários níveis. A especificação dos vários sub-modelos é baseada nas características funcionais da rede e aplicações.

A solução destes sub-modelos ocorre de modo "bottom-up", ou seja, de um nível mais baixo ao mais alto. As medidas obtidas no nível 1 (o mais baixo), são passadas ao nível 2, e assim sucessivamente, até o nível mais elevado. Este por sua vez, fornece medidas finais de desempenho do tipo: tempo médio de resposta de uma transferência completa de um arquivo, tempo médio de uma transação completa.

Na segunda seção, são apresentados o ambiente e as aplicações de interesse. A seguir, um modelo hierárquico para estas duas aplicações em RLs é mostrado. Logo após, apresenta-se a solução. Finalmente mostram-se os resultados obtidos.

## 2 - Descrição do Ambiente e Aplicações de Interesse

### 2.1 - Ambiente de Interesse

As aplicações TA e PT geralmente estão disponíveis aos usuários em algum servidor remoto. Para estas aplicações, o Servidor de Arquivo (SA) [SVOB 84, MACE 86], é um sistema apropriado. O SA é um sistema para serviços de arquivos em geral, capaz de atender de modo eficiente e compartilhado, informações comuns armazenadas em discos rígidos a usuários ligados à ele. Sua sofisticação de projeto, faz com que muitos sistemas (aplicações) possam estar residentes e disponíveis a uma comunidade de usuários. O ambiente a ser estudado é mostrado na figura 1.

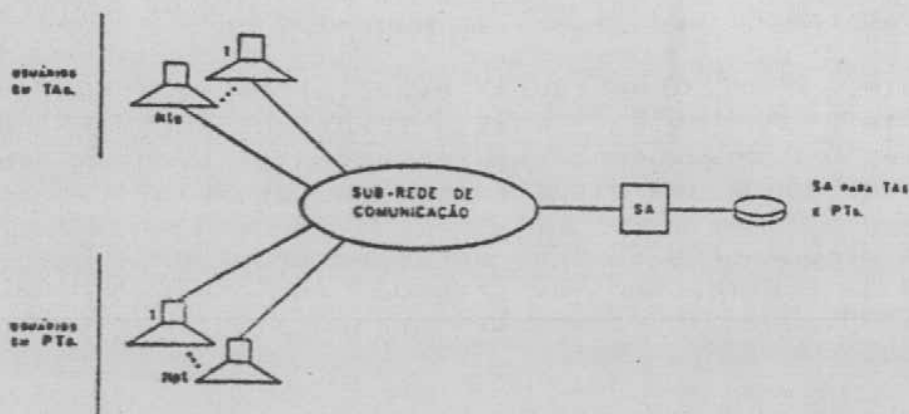


Fig. 1 - Ambiente de estudo, um SA para duas aplicações

Há um grupo de usuários (total Nta) que realizam TAs, e um outro grupo (total Npt) fazem PTs. Sendo assim, o número total de usuários é igual a:  $Nta + Npt$ .

Estes usuários utilizam-se de microcomputadores pessoais, terminais especiais, ...etc, para interagir com o SA via RL. São aplicações que geram dois tipos de tráfegos diferentes, mas compartilham da mesma sub-rede e SA. A seguir será feita uma caracterização destas duas aplicações.

## 2.2 - Transferência de Arquivos

Aplicações que envolvam grandes volumes de dados, de modo unidirecional entre uma fonte e um destino remoto, implicitamente tem embutido um serviço de TAs, cujo diagrama típico de operação é mostrado na figura 2.

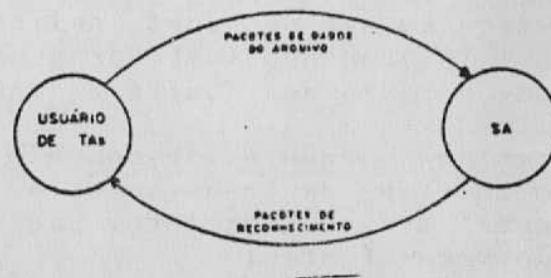


Fig. 2 - Funcionamento básico de uma TA

Nesta aplicação, os usuários se comunicam com o SA através de Circuitos Virtuais (CVs). As fases de inicialização e término de um CV, é feito de modo idêntico ao X.25 [GAMS 86]. Um controle de fluxo fim-a-fim, usando o mecanismo de janela deslizante, é feito sobre cada CV. Isto quer dizer que a fonte pode enviar até "W" (tamanho da janela) pacotes sem receber nenhum reconhecimento. Um pacote de reconhecimento (ou RR - Receive Ready), indica que os últimos W pacotes de dados chegaram ao destino sem problemas (erro), ou disponibilidade de receber mais pacotes de dados.

## 2.3 - Processamento de Transações

Aplicações que realizam simples perguntas e respostas (inquiry/response), com pacotes de poucas centenas de bits, de modo bidirecional se enquadram nesta aplicação. Um processamento de transação, se caracteriza por uma pergunta ao SA, um processamento, e uma resposta. É um sistema de consulta, onde há apenas um pacote para pergunta e outro para resposta.

Esta aplicação se preza por um curto tempo de resposta, e uma boa confiabilidade. Neste caso, um serviço datagrama [GAMS 86] atenderá as exigências para PTs, no tocante à conexão usuário e SA. O diagrama básico de operação é mostrado na figura 3.

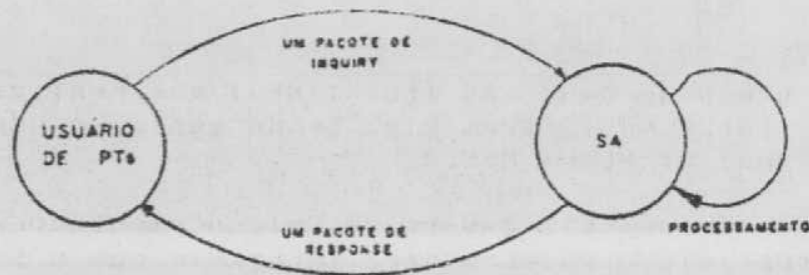


Fig. 3 - Funcionamento básico de um PT

### 3 - Um Modelo Hierárquico para Aplicações em RLs

Para construirmos um modelo, algumas suposições se fazem necessárias:

- Cada usuário ativo está em uma das duas aplicações, ou em processamento independente (PI) quando inativo/desconectado.
- Não há problemas de estouro de "buffers" na estação do usuário.
- Os atrasos nas fases de conexão e desconexão do CV, são desprezíveis em relação ao tempo de transferência de um arquivo completo. Para PTs, este atraso inexistente, pois no serviço datagrama estas fases são inexistentes.
- Não há erros de transmissão dos pacotes, e nem considerações para falhas do tipo: endereços de destinos e parâmetros inválidos, acessos não autorizados, falhas mecânicas no SA, etc.

O método de decomposição consiste em abstrair as partes funcionais mais relevantes do sistema, e construir sub-modelos mais elementares. Para o sistema em questão, uma representação conceitual é mostrada na figura 4. Este modelo consiste em 3 níveis para TA, e 2 níveis para PT.

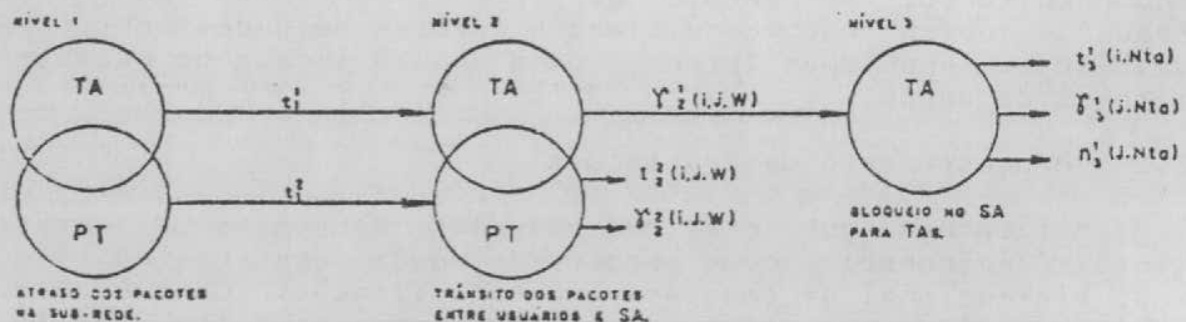


Fig. 4 - Representação conceitual do modelo hierárquico

É importante deixar claro, que estes níveis não se relacionam com os 7 níveis funcionais de protocolo do modelo da ISO [GAMS 86]. Tratando-se de modelagem, procura-se retratar os



aspectos mais importantes do sistema sob a visão do modelista, e dos objetivos a serem estudados. Neste modelo, medidas finais de interesse para TAs são obtidas no nível 3, e para PTs no nível 2. Nos níveis 1 e 2, tem-se a interseção dos dois círculos, isto quer dizer que a solução do nível será tratada de modo integrado para as duas aplicações.

As setas entre os círculos (níveis), indicam as interfaces e os parâmetros passados de um nível para o adjacente. Os índices dos parâmetros (as letras), representam o seu nível de origem, e o expoente define a aplicação. Por comodidade, TA será a aplicação 1 (um), e PT será 2 (dois). Cada nível deste modelo, e seus parâmetros serão detalhados a seguir.

### 3.1 - Nível 1 do Modelo

O nível 1 modela os atrasos dos pacotes das duas aplicações na sub-rede. O atraso considerado é apenas o tempo de transmissão do pacote. Os demais atrasos serão considerados desprezíveis.

Na realidade existem 4 tipos de pacotes trafegando na sub-rede. Para TAs, há pacotes de dados e RR. No caso de PTs há pacotes de pergunta e resposta. Os pacotes de RR são de tamanho bem menores que os pacotes de dados. Uma compensação é feita sobre os W pacotes de dados, adicionando-se o comprimento de um RR em cada W pacotes de dados transmitidos. Em PTs, como os pacotes são pequenos em uma transação, o pacote de pergunta e resposta são somados, e contabilizados de forma única [REIS 79].

Concluindo, as medidas fornecidas neste nível são:

- $t_d$  : Atraso médio de um pacote de dados na sub-rede, para TAs.
- $t_i$  : Atraso médio de um pacote de pergunta e resposta na sub-rede, para PTs.

### 3.2 - Nível 2 do Modelo

O nível 2 estuda o encaminhamento dos pacotes entre as estações de trabalho e SA. São três as principais entidades pelas quais os pacotes viajam da origem a seu destino: a estação de trabalho do usuário, a sub-rede, e SA, ver figura 5.

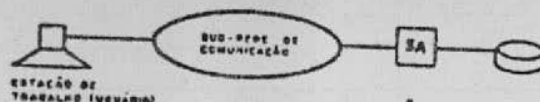


Fig. 5 - Representação das 3 entidades que os pacotes trafegam

Admitindo um atraso em cada uma destas 3 entidades, sugere-se como modelo um sistema fechado de filas, ver figura 6.



Admitindo-se que não exista tarefa pendente, isto é, um usuário realiza apenas uma TA ou um PT. Lembrar que são duas populações distintas de assinantes, e estes não mudam de aplicações [SA 87]. Tem-se que o número de pacotes em uma conexão lógica (abstraindo a idéia de CV) entre usuário e SA, é  $W$  para TAs. Ou seja, o número máximo de pacotes  $W$  é regulado pelo mecanismo de controle de fluxo de janela deslizante.

Aos usuários de PTs, a população (pacotes) desta conexão/cadeia é 1 (um). Ou seja, uma transação por vez é realizada. Deve-se ao fato que o atraso nestas entidades, referentes aos pacotes de pergunta e resposta, são contabilizados de modo único.

Como se deseja investigar a interferência de um tipo de tráfego sobre o outro (pacotes "longos" de TAs, versus "curtos" de PTs), será feita uma integração de " $i$ " usuários em TAs, versus " $j$ " usuários em PTs. Onde,  $j=0,1,2,3 \dots N_{pt}$  e  $i=1,2,3 \dots y$ . Onde " $y$ " é o número máximo de conexões simultaneas que o SA pode atender para TAs. Este limite é interessante existir para TAs, devido a:

- É uma aplicação que pode exigir muitos acessos a discos. Sendo assim, pode causar uma degradação no SA, causando um tempo de resposta intolerável aos usuários, devido seu esforço em atender a muitos acessos simultâneos.
- Pode existir uma limitação de "buffers" na interface do SA.
- O sistema operacional do SA pode limitar o número de processos internamente. Tratando-se de TA, grandes quantidades de dados podem estar sendo gerados ou absorvidos pelo SA.

Outra oportuna observação na figura 7, é que o fluxo de pacotes das duas aplicações, são no sentido usuário ao SA. Experimentos por simulação feitos em [MOUR 82], mostraram que não há diferença que alguns fluxos sejam em vários sentidos. Por comodidade, clareza e convenção adotou-se um sentido único.

Para o modelo neste nível, os tempos efetivos de serviços na sub-rede  $t_2^1$  e  $t_3^1$ , são valores obtidos do nível 1. De acordo com figura 4, medidas finais para PTs são obtidas, outras serão passadas ao nível 3, é o caso de TAs.

Em TA, a medida obtida é  $\gamma_2^1(i,j,W)$ , que é a vazão média de um CV, dado " $i$ " conexões em TAs com janela de tamanho igual a " $W$ ", e " $j$ " conexões em PTs. O valor de  $\gamma_2^1(i,j,W)$  é dado em arquivos por unidade de tempo, e é dado por:

$$\gamma_2^1 = \frac{1}{[f_2(i,j,W) + (np-1)g_2(i,j,W)]} \quad (1)$$

Onde  $f_2(i,j,W)$ , é o tempo médio de circulação do primeiro pacote do arquivo, dado  $i$ ,  $j$ , e  $W$ . E  $g_2(i,j,W)$ , é o tempo médio entre chegadas dos demais pacotes no servidor do SA, para um dado CV. Quanto a  $np$  ( $np \geq 1$ ), é o número médio de pacotes por arquivo.

Devido a simplicidade nas definições para PTs, onde há apenas um pacote circulando na cadeia, e que não há limitação no número de usuários acessando o SA, as medidas finais são obtidas já neste nível. As mais significativas são:  $t_2^1(i,j,W)$  e  $Y_2^1(i,j,W)$ , sendo o tempo médio de resposta de uma transação, e a vazão média da conexão de um usuário em PT respectivamente, dado  $i$ ,  $j$ , e  $W$ . Neste nível, são estas as medidas mais importantes destas duas aplicações.

### 3.3 - Nível 3 do Modelo

Este nível se relaciona com os usuários da aplicação 1, e SA. Como já mencionado, no caso de TA o SA vai impor um limite de "y" conexões simultâneas. Podendo existir um número "ilimitado" de usuários em PT.

Entre uma transferência (movimentação do arquivo) e outra, o usuário passa e permanece em PI por um tempo médio de  $1/\lambda$  segundos. Também chamado de tempo de pensamento ("think time").

Quando o número de conexões é  $i=y$ , começa existir um bloqueio (rejeição) na aceitação de um novo pedido para TA. Esta característica pode ser retratada por um sistema fechado de filas com bloqueio, de população finita, mostrado na figura 8.

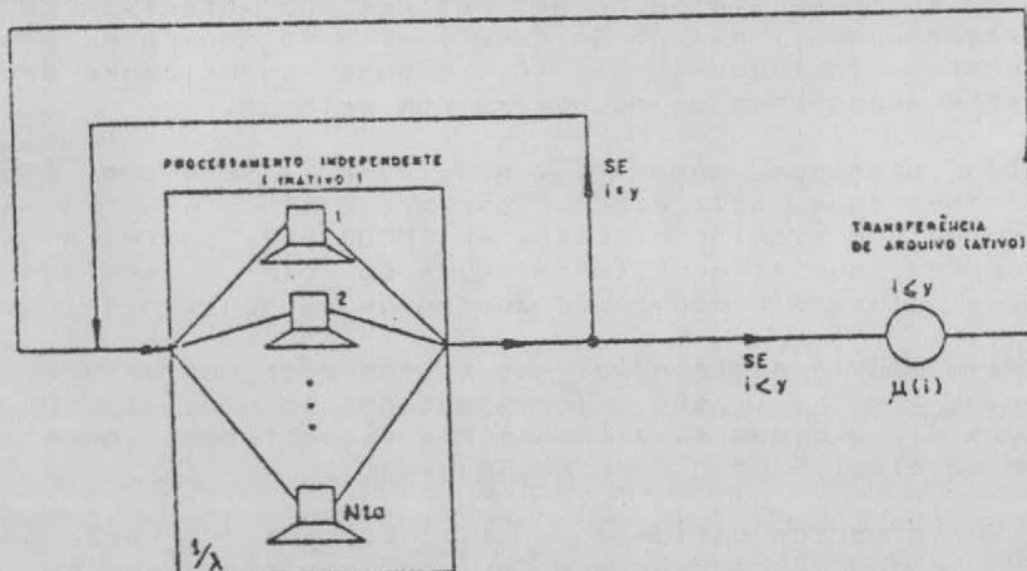


Fig. 8 - Modelo de fila para TAs

É um sistema de 2 estados, ou o usuário está em PI, ou está realizando uma transferência de arquivo. As medidas de interesse final são:  $t_3^1(j,Nta)$ , o tempo médio de resposta de uma transferência de arquivo completa, dado em segundos;  $Y_3^1(j,Nta)$ , taxa média de liberação de CVs no SA, dado em CVs ou



conexões por segundo;  $n_j^i(j, Nfa)$ , o número médio de transferências em andamento no SA, dado em CVs.

A taxa média de serviço no servidor (SA) é  $\mu(i)$ , dado por:

$$\mu(i) = i \cdot \gamma_2^1(i, j, W) \quad (2)$$

Como se observa, esta taxa é dependente do número "i" de transferências presentes. Na seção a seguir, as técnicas de resoluções destes modelos para cada nível.

#### 4 - Solução do Modelo Hierárquico

##### 4.1 - Nível 1

Os tempos médio de transmissão na sub-rede,  $t_1^d$  e  $t_1^r$  são dados por:

$$t_1^d = X_d + X_a \quad (3)$$

$$t_1^r = X_i + X_r \quad (4)$$

Para TAs,  $X_d$  e  $X_a$  são os tempos médio de transmissões de um pacote de dado e reconhecimento ("acknowledge") respectivamente. Caso  $W > 1$ , implica que  $X_a$  é uma parte proporcional distribuída entre os  $W$  pacotes de dados.

Em PTs,  $X_i$  e  $X_r$  são os tempos médio de um pacote de inquiry e response respectivamente. Sabe-se que para PTs, a soma destes dois pacotes definem um pacote e uma transação.

Como se observa, dois tipos de pacotes concorrem ao uso do servidor da sub-rede e SA. São duas classes de fregueses sem prioridades, atendidos de modo histórico, primeiro que chega é o primeiro a ser atendido ("First Come First Served" - FCFS).

Estes atrasos dos pacotes na sub-rede, seria  $t_1^d$  (TA) ou  $t_1^r$  (PT) mais o tempo de fila neste servidor, conforme a figura 7. Este problema será resolvido no nível 2.

##### 4.2 - Nível 2

O objetivo deste nível é resolver o problema de tráfego dos pacotes entre usuários e SA, problema exposto na figura 7. Um sistema de filas com múltiplas cadeias fechadas, com duas classes de fregueses.

Para que exista uma solução analiticamente viável, algumas premissas são necessárias [BASK 75]. Neste sistema, são as seguintes:

- Tempo médio de serviço nos servidores (estação do usuário, sub-rede, SA), possuem uma distribuição exponencial.
- A disciplina de atendimento de todos os servidores é o FCFS.
- A atividade dos servidores são independentes um dos outros.

Há algumas técnicas já desenvolvidas para resolver estes tipos de sistemas [SAUE 81]. Dentre elas a Análise do Valor Médio (AVM) [REIS 79, REIS 80], se apresenta como uma técnica atrativa em termos deste sistema. Devido o grande número de cadeias, servidores e fregueses, trabalha-se com o AVM aproximado, que utiliza uma técnica heurística nas iterações.

#### 4.2.1 - Solução para TAs

A medida de interesse neste nível é  $\delta_2^i(i, j, W)$ , que se relaciona com  $f_2(i, j, W)$  (tempo médio do primeiro pacote de dados a chegar em seu destino, e um reconhecimento de retorno), e  $g_2(i, j, W)$  (tempo médio entre-chegadas de pacotes em um dado servidor, na cadeia "c"), através da equação (1).

Definindo o conjunto de servidores da cadeia "c" por  $SRV(c) = \{usuário^i, sub-rede, SA\}$ , onde  $c=1, 2, 3 \dots i$ , e  $i=1, 2, 3 \dots y$ . Sendo  $ts(c)(i, j, W)$ , o atraso de um freguês na cadeia c num dos servidores  $s(c) \in SRV(c)$ , para qualquer cadeia c. Com isto o valor de  $f_2(i, j, W)$  é dado por:

$$f_2(i, j, W) = \sum_{s(c) \in SRV(c)} ts(c)(i, j, \vec{W}_c) \quad (5)$$

Onde  $\vec{W}_c = (W, W, \dots, W_{c=1}, \dots, W)$ , é o vetor população das "i" cadeias para TAs, e cada índice do vetor corresponde o número de pacotes presentes no CV. Exceto em  $W_c$ , que representa o primeiro pacote a ser transferido nesta conexão. Quanto a  $g_2(i, j, W)$ , é dado por:

$$g_2(i, j, W) = \frac{\sum_{s(c) \in SRV(c)} ts(c)(i, j, \vec{W})}{W} \quad (6)$$

Onde  $\vec{W} = (W, W, \dots, W)$ , é o vetor população das "i" cadeias em TAs, todas com o mesmo W, uma vez que todos os CVs para esta aplicação são idênticos.

## 4.2.1 - Solução para PTs

Nesta aplicação há apenas um pacote circulando no caminho lógico entre usuário e SA. O tempo de viagem de ida e volta do pacote ao SA, define o tempo médio de resposta de uma transação,  $t_2^2(i, j, W)$ . Esta é uma medida final para PTs, dado por:

$$t_2^2(i, j, W) = \sum_{s(c) \in SRV(c)} t_s(c)(i, j, \vec{W}) \quad (7)$$

Onde  $c=1, 2, 3 \dots j$ , e  $j=1, 2, 3 \dots Npt$ , dado  $i$  cadeias em TAs, com seu respectivo  $W$ . O valor de  $\gamma_2^2(i, j, W)$  é facilmente obtido pela Lei de Little:

$$\gamma_2^2(i, j, W) = \frac{W}{t_2^2(i, j, W)} \quad (8a)$$

como  $W=1$  tem-se:

$$\gamma_2^2(i, j, W) = \frac{1}{t_2^2(i, j, W)} \quad (8b)$$

## 4.3 - Nível 3

De acordo com a figura 8, um usuário de TA encontra-se no estado PI por um tempo médio igual a  $1/\lambda$ , ou no estado de TA. Neste estado, um usuário permanece um tempo médio igual a  $1/\gamma_2^2(i, j, W)$ ; com uma distribuição exponencial, uma vez que todos os servidores possuem esta distribuição.

Sendo assim, a frequência de pedidos de conexão ao SA é  $\lambda$ , e a taxa de retorno ao estado PI é  $\mu(i)$ , uma vez que existem "i" CVs independentes. Há duas situações a considerar:

- Quando  $i < y$ , um novo pedido será aceito ( $Nta < y$ ).
- Quando  $i = y$ , um novo pedido será rejeitado, sendo que o usuário retorna a PI ( $Nta = y$ ).

Com base nestas hipóteses e na figura 8, uma análise através de cadeias de Markov [KLEI 75, SAUE 81] é viável. Construindo os diagramas de estados para este sistema, obtem-se a figura 8.

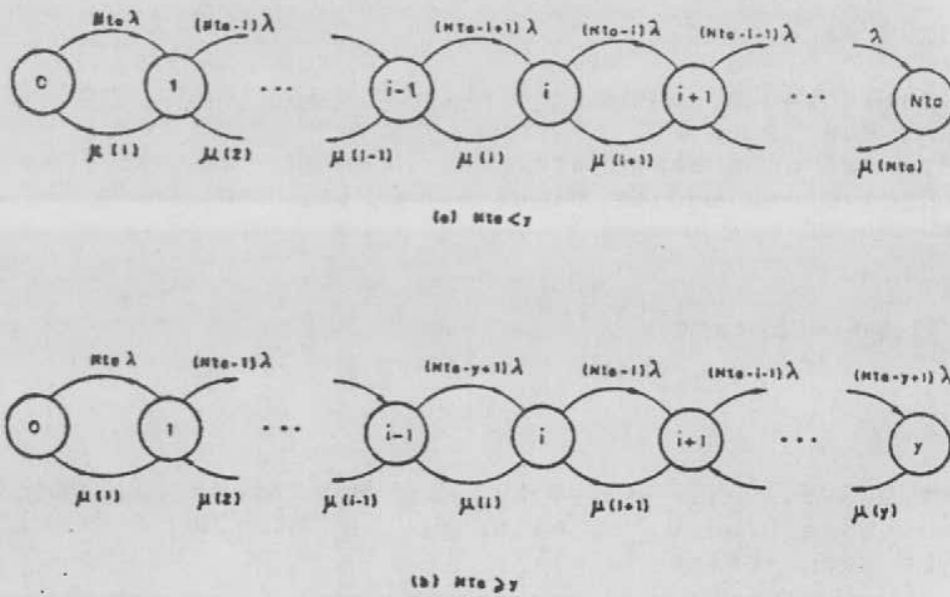


Fig. 9 -- Diagrama de Transição de estados do modelo de filas da figura 8.

Igualando-se os fluxos de entrada e saída, montando as equações de balanço globais para estes diagramas, obtém-se:

$$P(i) = P(0) \binom{Nta}{i} \cdot \lambda^i \cdot \prod_{\ell=1}^i \frac{1}{\gamma_2^{\ell}(\ell, j, W)} \quad (9)$$

para  $i=0, 1, 2, 3 \dots \min(y, Nta)$ . Onde  $p(i)$  é a probabilidade de existir  $i$  transferências de arquivo presentes no SA. Calculando-se a constante de normalização  $p(0)$ , é obtida por:

$$P(0)^{-1} = \left[ \sum_{i=0}^{\min(y, Nta)} \binom{Nta}{i} \cdot \lambda^i \cdot \prod_{\ell=1}^i \frac{1}{\gamma_2^{\ell}(\ell, j, W)} \right]^{-1} \quad (10)$$

Utilizando-se a Lei de Little obtém-se:

$$n_3^1(j, Nta) = \sum_{i=1}^{\min(y, Nta)} i \cdot P(i) \quad (11)$$



$$\gamma_3^1(j, Nta) = \frac{\min(y, Nta)}{\sum_{i=1}^{\infty} \mu(i) \cdot p(i)} \quad (12)$$

e

$$t_3^1(j, Nta) = \frac{n_3^1(j, Nta)}{\gamma_3^1(j, Nta)} \quad (13)$$

onde  $\mu(i)$  é dado por (2). Estas são as expressões mais relevantes nesta aplicação.

## 5 - Resultados

Fazendo a escolha dos parâmetros dos modelos, uma idéia é que estes valores estejam em consenso prático e teórico das muitas propostas [SPEC 82, MOUR 82, MUSS 85, MITC 82, EISE 85, TANE 85, LAZO 86].

No nível 1, temos que a velocidade da sub-rede (C) é igual a 1 Mbps. Um pacote para TA é igual a 1 Kbyte, e para PT igual a 1024 bits. Portanto:  $t_1^1 = 8,192$  ms e  $t_1^2 = 1,024$  ms.

No nível 2, tem-se dois tipos de pacotes interagindo com o SA. Com isto, há tratamento distintos,  $T_{sa_1}^1 = 50$  ms e  $T_{sa_2}^1 = 30$  ms. Na estação do usuário (considerando atrasos de interfaces, protocolos de alto nível, transceptor ...etc), tem-se:  $T_{usuário_1}^1 = 200$  ms e  $T_{usuário_2}^1 = 400$  ms, lembrando que em PTs há um pacote que vai ao SA e outro que retorna, devido a isto há um atraso dobrado. O critério de convergência adotado para o AVM aproximado foi de  $10^{-5}$ . Finalizando o nível 3, relativo a TA temos:  $np = 40$ ,  $1/\lambda = 5$  s,  $W = 1$  e  $4$ , e  $y = 10$ .

Os resultados de interesse estão no nível 2 e 3 do modelo hierárquico, ver a figura 4. As curvas apresentadas caracterizam os melhores e piores resultados. As figuras de desempenho escolhidas, são as mais significativas (tempo de resposta e vazão). Entretanto, outras medidas poderiam ser facilmente obtidas.

Relativo ao nível 2 para PT, na figura 10 tem-se curvas de  $t_2^1(i, j, W)$ . Observa-se que quanto maior o número de usuários em TAs (i), piores são os resultados. Mas na verdade é W que faz o sistema degradar. Isto acontece quando o número de pacotes trafegados na sub-rede e SA aumenta consideravelmente. Resultados para vazão, são obtidos diretamente pela expressão (8b).

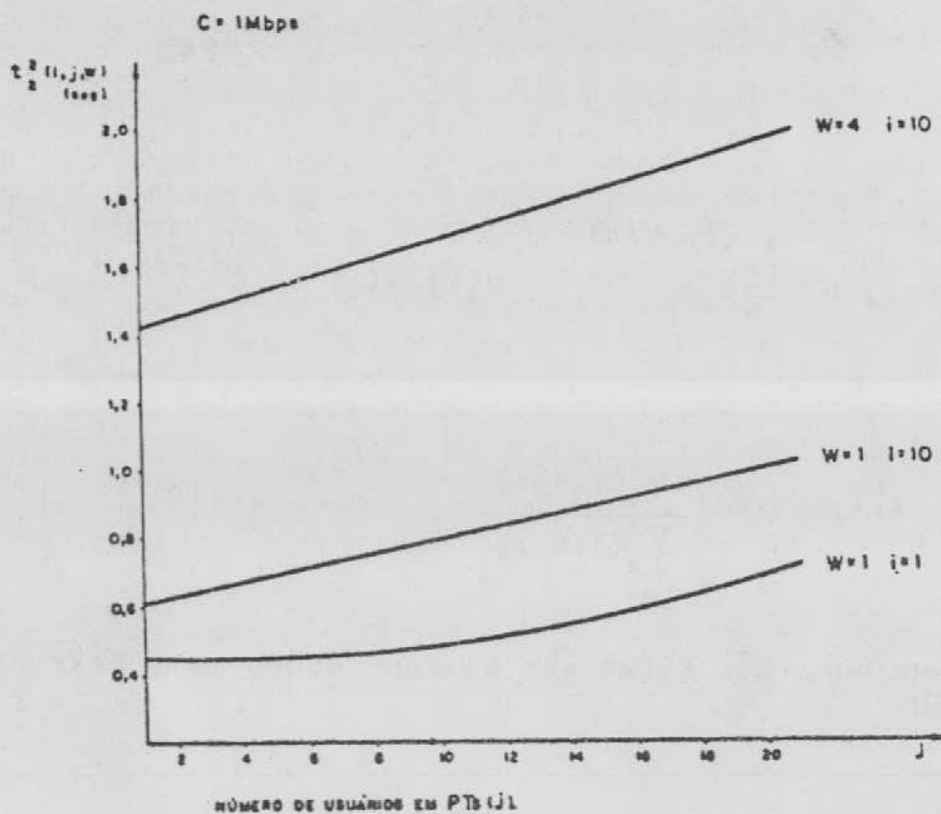


Fig. 10 - Tempo médio de resposta para PTs

Ainda no nível 2, a figura 11 mostra a vazão de um CV para TAs. Melhores resultados são para  $W=4$  e  $j=0$ . Ou seja, mais pacotes existentes entre um usuário de TA e o SA, e nenhum usuário em PT ( $j$ ) para perturbar este desempenho na sub-rede ou SA. Uma vez que estes dois servidores são compartilhados em igualdade com os dois tipos de pacotes.

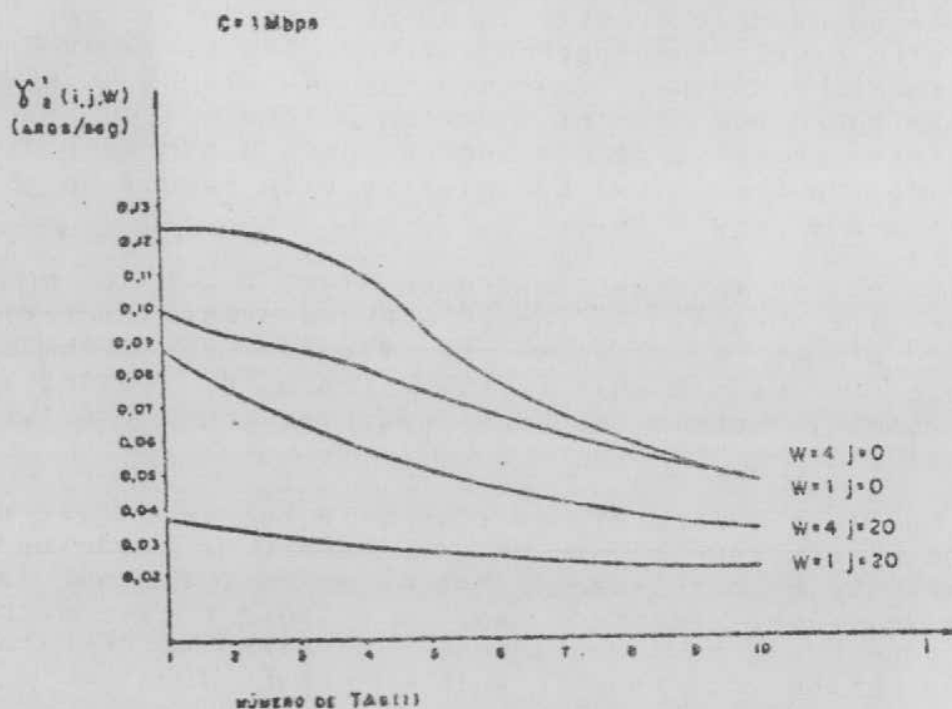


Fig. 11 - Vazão média de um CV em TAs

A figura 12 é relativo ao nível 3. Esta figura mostra o tempo médio de resposta para TAs. A interferência da aplicação 2 sobre 1 é bastante relevante quando  $W=1$ . A diferença é visível quando  $j=0$  e  $j=20$ , para  $W=1$ . Existe uma estabilização de  $t_2^1(j, Nta)$  a partir de  $Nta = 10$ . Isto deve-se ao limite máximo de conexões no SA para TAs. Esta limitação é responsável pelo bom nível de atendimento aos usuários quando  $Nta > y$ .

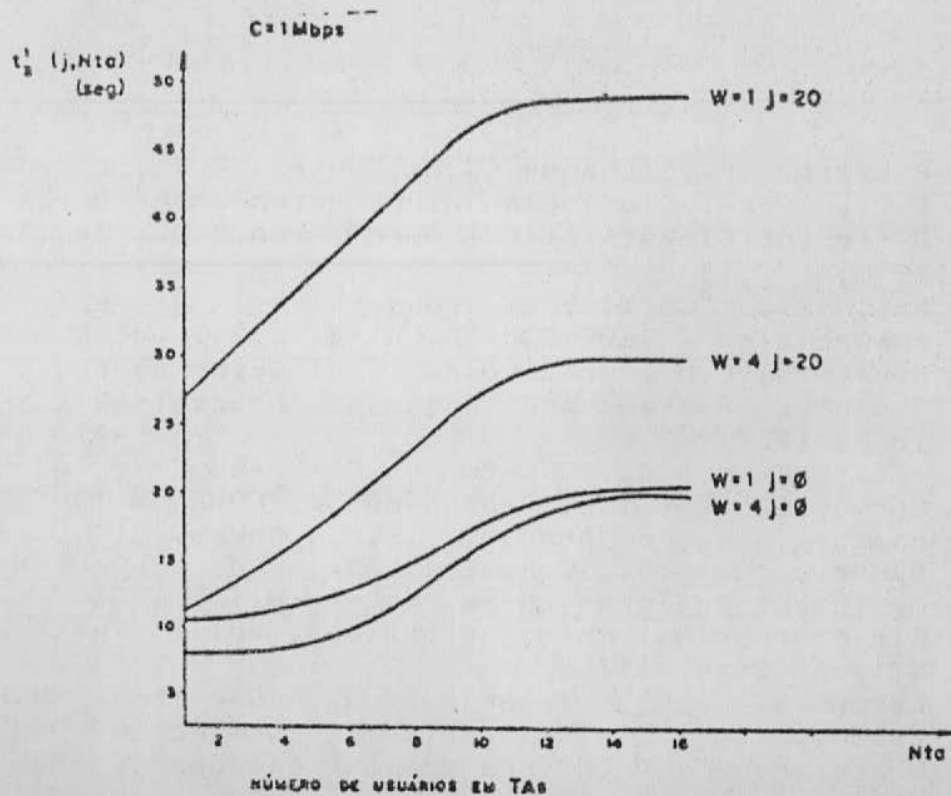


Fig. 12 - Tempo médio de resposta para TAs

## 6 - Conclusão

A viabilidade de um projeto com SAs em RLs, atendendo duas aplicações heterogêneas, foi validado pelo desempenho satisfatório dos resultados apresentados.

Observa-se que  $W$  determina os níveis de desempenho das duas aplicações. Aumentando o valor de  $W$ , melhora o tempo de resposta para TAs, porém, piora para PTs. Fica aqui registrado a perturbação da aplicação 1 sobre a 2, lembrando que um pacote de PT equivale apenas a 12,5% de um pacote para TA.

Resultados para  $C = 10$  Mbps foram obtidos [SA 87], havendo uma melhoria dos valores finais de apenas 1% em média. Concluindo que a sub-rede não apresenta sintomas na contenção dos pacotes [LAZO 86]. O uso de microcódigo para os protocolos [SPEC 82], memória "cache" no SA [TANE 85] e prioridades no seu atendimento [SAUE 81], fornece melhores resultados.

Em PTs, análise foi feita num pior caso, pois não havia um atraso entre as transações ("think time"). Considerando este

atraso (é o que ocorre numa situação real), o número de usuários poderia ser ainda maior. Isto pode ser comprovado nas curvas da figura 10, pela sua suavidade de crescimento em função do número de usuários em PTs.

## 7 - Referências

- [BASK 75] - Baskett, F., Chandy, K.M., Muntz, R.R., e Palacios, F.G., "Open, Closed and Mixed Networks of Queues with Different Classes of Customer", JACM 22, n.2, abril 1975.
- [BUX 81] - Bux, W., "Local-area subnetworks: A performance comparision", IEEE COM-29, n.10, v.29, outubro 1981.
- [COUR 77] - Courtois, P.J., Decomposability: Queueing and Computer Systems Applications, Academic Press, New York, 1977.
- [EISE 85] - Eisenhard, B., "Networks Disk and File Servers", Corvus Systems Inc, Proceedings of COMPCOM 1985.
- [GAMS 86] - Giozza, W.F., de Araújo, J.F.M., Moura, J.A.B. e Sauvé, J. P., Redes Locais de Computadores: Aplicações e Tecnologias, McGraw-Hill, 1986.
- [KLEI 75] - Kleinrock, L., Queueing Systems, vol 1: Theory, John Wiley & Sons, 1975.
- [LAZO 86] - Lazowska, E.D., Zahorjan, J., Cheriton, D.R. e Zwaenepoel, W., "File Access Performance of Diskless Workstation", ACM Transactions on Computer Systems, n.3, v.4, agosto 1986.
- [MACE 86] - Macedo, R.J.A., "Servidores de Arquivo: Uma Introdução", Anais da 1a. Semana de Informática da UFBA, março 1986.
- [MYTC 82] - Mitchell, J.G. e Dion, J., "A Comparison of Two Network-Based File Servers", CACM, n.4, v.25, abril 1982.
- [MOUR 82] - Moura, J.A.B., Hierarchical Modelling of Local Area Networks under File Transfer, Tese de Ph.D, Depart. de Eng. Elétrica, Univ. of Waterloo, Canadá, 1982.
- [MUSS 85] - Mussi, J.M.F., A Model for a Network-Based File Server in Interactive Operation, tese de M.A.Sc., Depart. de Eng. Elétrica, Univ. of Waterloo, Ontario, Canadá, 1985.
- [REIS 79] - Reiser, M., "A Queueing Network Analysis of Computer Communication Networks with Window Flow Control", IEEE COM-27, n.8, v.27, agosto 1979.
- [REIS 80] - Reiser, M., e Lavemberg, S., "Mean Value Analysis of Closed Multichain Queueing Networks", JACM 27, pp 313-322, 1980.
- [SA 87] - Sá, C.C., Modelagem de Aplicações em Redes Locais, dissertação de mestrado a ser apresentada, Depart. de Eng. Elétrica, UFPb, Campina Grande - Pb, 1987.
- [SAUE 81] - Sauer, C.H. e Chandy, K.M., Computer Systems Performance Modeling, Prentice-Hall, New-Jersey, 1981.



- [SPEC 82] - Spector, A.Z., "Performing Remote Operations Efficiently on a Local Computer Network", CACM, n.4, v.25, abril 1982.
- [STAL 84] - Stallings, W., Local Networks: An Introduction, New York, Mac-Millan, 1984.
- [SVOB 84] - Svobedova, L., "File Servers for Network-Based Distributed Systems, Computing Surveys, n.4, v.16, dezembro 1984.
- [TANE 85] - Tanenbaum, A.S. e Renesse, R.V., "Distributed Operating Systems", Computing Surveys, n.4, v.17, dezembro 1985.