

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO  
DE REDES DE DADOS LOCAIS

J. Antão B. Moura e Jacques P. Sauvé

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
GRUPO DE REDES DE COMPUTADORES  
(DEE-DSC)  
CAMPINA GRANDE-PB. - 58.100

RESUMO: Sub-redes em anel e em barramento para Redes de Dados Locais são estudadas e comparadas usando Atraso Médio de Mensagens e Vazão como medidas de desempenho. Simulação Digital é usada na investigação. O estudo considera tráfego homogêneo e não-homogêneo.

PALAVRAS-CHAVES: Redes de Dados Locais; Sub-Redes de Comunicação. Topologia em Anel; Topologia em Barramento; Protocolo de Acesso ao Meio de Transmissão; Avaliação de Desempenho; Simulação.

Março/1983

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO  
DE SUB-REDES DE DADOS LOCAIS

J. Antão B. Moura e Jacques P. Sauvê  
GRC/UFPb

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, observou-se o desenvolvimento de um número de Redes de Dados Locais (RDLs) [FARB73, METC76, BIBA79]. A motivação primordial para tal desenvolvimento foi o compartilhamento de recursos: hardware, software e informação. As aplicações de RDLs incluem automação de escritórios, controle de processos e processamento distribuído. A organização básica de uma RDL pode ser vista na Figura 1. Tal organização consiste de uma coleção de usuários que se ligam à sub-rede de comunicação via interfaces. A sub-rede de comunicação consiste das interfaces e de um meio de transmissão e transfere mensagens entre interfaces. O meio de transmissão pode ser um cabo coaxial, canal de rádio, fibra ótica, etc. No caso de um meio de transmissão usando cabo coaxial ou fibra ótica, a topologia é frequentemente estruturada em anel [FARB73] ou em barramento [METC76, BIBA79].

A escolha do protocolo de acesso afeta consideravelmente o desempenho da sub-rede de comunicação de uma RDL [LAM79, MOUR79, BUX81]. A avaliação de desempenho de protocolos de acesso ao meio de transmissão é portanto de interesse. No passado, a avaliação e comparação de desempenho de protocolos de acesso eram feitas à medida que se especificavam tais protocolos. Isto resultava frequentemente em estudos com suposições "ad hoc", o que dificultava uma comparação unificada de vários protocolos [TROP81]. Além do mais, ge

ralmente assumia-se que o tráfego gerado por cada interface tinha características estatísticas idênticas, i.e., os estudos supõem que o tráfego na sub-rede de comunicação era "homogêneo" [LAM79, MARK80, BUX81, TROP81]. O tráfego "não-homogêneo" é de interesse porque numa RDL com terminais e computador(es), o tráfego é comumente polarizado pelo(s) computador(es).

Recentemente, Bux [BUX81] considerou uma comparação unificada de 4 alternativas para a sub-rede de uma RDL. Sua investigação resumiu-se na obtenção das relações "tempo de resposta vs vazão" de cada uma das alternativas usando modelos analíticos. O tráfego na sub-rede foi ainda assumido ser homogêneo.

Este artigo contribui para a área de avaliação de desempenho de RDLs. Apresenta-se uma avaliação unificada e objetiva de 5 alternativas para a sub-rede de comunicação de uma RDL: um barramento com acesso aleatório (CSMA-CD\*); um barramento com acesso aleatório (CSMA-CD) e com prioridade para o tráfego de reconhecimento [TOKO77]; um anel com ficha [NEWH69]; um anel com quadros [YU76]; e um anel com inserção de registro [LIU77]. No estudo desenvolvido, o desempenho destas 5 alternativas é avaliado para tráfego homogêneo e não-homogêneo.

---

\* CSMA-CD: Carrier - Sense Multiple Access  
With Collision Detection

O desempenho observado sob tráfego não-homogêneo é sen  
sívelmente diferente daquele sob tráfego homogêneo. Isto indica  
que a consideração de tráfego não-homogêneo além de ser mais rea  
lista é também importante para uma comparação mais adequada das  
sub-redes de RDLs.

## 2. SUB-REDES DE INTERESSE

Nesta secção, apresenta-se a descrição das 5 alternativas  
para a sub-rede de comunicação de uma RDL que são de interesse neste  
estudo. O meio de transmissão das 2 primeiras alternativas é estrutu  
rado numa topologia em barramento como esboçado na Figura 2. As  
outras 3 sub-redes tem topologia em anel (Figura 3). O fluxo de in  
formação no anel é assumido ser unidirecional. O tráfego na sub-rede  
é devido a pacotes de dados e pacotes de reconhecimento. Assume-se  
que para cada pacote de dados enviado e recebido corretamente, um pa  
cote de reconhecimento é preparado e enviado de volta ao remetente do  
pacote de dados.

### 2.1. BARRAMENTO COM CSMA-CD

No protocolo CSMA-CD [METC76], cada interface monitora o  
meio de transmissão e transmite apenas quando o meio está desocupado.  
As interfaces monitoram as próprias transmissões e cessam de transmi  
tir no instante em que detectam a presença de outras transmissões no  
meio. Neste caso, diz-se que ocorreu uma colisão. Afim de se resolve  
rem colisões, as tentativas de retransmissão são marcadas para o fu  
turo de acordo com uma função de distribuição de atraso chamada de

"função de retirada".

No estudo, serão consideradas duas funções de retirada: uma que dobra a média do atraso com cada colisão (Retirada Exponencial Binária) e outra que incrementa linearmente a média do atraso a cada colisão (Retirada Incremental Linear) [MOUR79].

## 2.2. BARRAMENTO COM CSMA-CD E COM PRIORIDADE PARA TRÁFEGO DE RECONHECIMENTO.

A sub-rede descrita em 2.1 trata os tráfegos de dados e de reconhecimento igualmente, i.e., o protocolo de acesso ao barramento é o mesmo indiferentemente do tipo de pacote sendo transmitido. O tráfego de reconhecimento contribui para a intensificação de colisões. Afim de se evitar esta intensificação, o protocolo CSMA-CD com prioridade para reconhecimento (CSMA-CD/PR) [TOKO77] força as interfaces esperarem  $2\tau$  segundos (a partir do instante em que o barramento é detectado desocupado) antes de iniciarem suas transmissões de pacotes de dados (segundo o protocolo CSMA-CD da secção 2.1). O parâmetro  $\tau$  é o tempo de propagação na extensão total do barramento. As interfaces com pacotes de reconhecimento transmitem no instante em que o barramento for detectado desocupado (de acordo com o protocolo CSMA-CD da secção 2.1).

## 2.3. SUB-REDE EM ANEL COM FICHA

O protocolo de acesso ao anel é o mecanismo de controle a base de ficha de Newhall e Farmer [NEWH69]. Neste protocolo, uma ficha de controle (representada por uma sequência especial de bits) é passada sequencialmente ao redor do anel. Qualquer interface, ao receber a ficha, pode removê-la do anel, transmitir um paco

te e então passar a ficha para a próxima interface.

#### 2.4. SUB-REDE EM ANEL COM QUADROS

O protocolo de acesso é o mecanismo de controle de Yu e Majithia [YU76]. Com este mecanismo, o anel é estruturado como um anel contínuo de quadros móveis de tipos alternantes: dados e reconhecimento. Pacotes de dados e reconhecimento são transmitidos em quadros de dados e reconhecimento respectivamente. Cada interface tem um nível de prioridade para uso dos quadros de dados. O "Supervisor do Anel\*", se requerido, pode mudar o nível de prioridade de uma interface. Uma interface pode transmitir um pacote somente se o quadro que lhe chega corresponde ao tipo de pacote a ser transmitido e o quadro está desocupado ou endereçado a ela e se a interface tem nível de prioridade superior ou igual ao indicado no quadro (se o quadro for de dados).

#### 2.5. SUB-REDE EM ANEL COM INSERÇÃO DE REGISTRO

O mecanismo de controle de acesso ao anel é o descrito em [LIU77]. Cada interface operando com este protocolo dispõe de dois registros (um Registro de Saída e um Registro de Atraso) e de uma chave 'S' para comutação entre esses dois registros (Figura 4). Enquanto a interface não quer transmitir, a chave 'S' coloca o Registro de Atraso em série com o anel (posição RA), i.e., os pacotes que chegam à interface do anel são recolocados imediatamente no segmento seguinte do anel para a próxima interface. Uma vez cheio o Registro

---

\* Um usuário da rede que se encarrega de supervisionar a operação da sub-rede de comunicação.

de Saída, a interface espera o fim da transmissão via Registro de Atraso (se for o caso de uma transmissão estar em progresso) e então comuta a chave para a posição RS, inserindo assim o Registro de Saída no anel. Caso cheguem novas transmissões à interface, elas são armazenadas no Registro de Atraso onde aguardam o esvaziamento do Registro de Saída. Neste instante, a chave é comutada de volta à posição RA.

### 3. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

As medidas utilizadas na avaliação de desempenho das sub-redes são Atraso Médio de Mensagens e Vazão,  $E[T]$  e  $V$ , respectivamente. As definições destas medidas são como seguem:

- $E[T]$  : é a medida dos tempos de permanência das mensagens na sub-rede.
- $V$  : é a taxa agregada máxima de tráfego que a sub-rede suporta com um atraso médio de mensagens finito.

Observa-se que o tempo de permanência de uma mensagem na sub-rede é igual ao intervalo de tempo entre a chegada da mensagem à interface remetente até a completa e perfeita recepção da mensagem pela interface destinatária.

Modelos para as sub-redes de interesse construídos através da teoria das filas são complexos e de difícil solução. Esta dificuldade deve-se principalmente aos seguintes fatores. Primeiro, a caracterização do comportamento das interfaces com relação a transmissões, tanto nas sub-redes em anel quanto nas sub-redes em barramento, tem que considerar a dependência probabilística entre novas chegadas de mensagens

às interfaces e o comprimento do intervalo entre duas transmissões consecutivas de cada interface (tempo efetivo de serviço). Segundo, o detalhamento dos modelos para sub-redes em barramento com protocolos CSMA-CD inclui a incorporação dos efeitos de colisões passadas (memória) e a reação dinâmica da Função de Retirada. A dependência estatística no primeiro fator é de relevância na avaliação do desempenho das sub-redes com tráfego não-homogêneo, pois neste caso, a análise tem que discriminar os tempos efetivos de serviço ao contrário do caso de tráfego homogêneo onde todas as interfaces tem tempos efetivos de serviço com as mesmas características estatísticas. A inclusão de memória nos modelos das sub-redes em barramento com protocolo CSMA-CD faz-se necessária pois o desempenho de tais sub-redes varia com a Função de Retirada [MOUR81].

Os modelos de simulação foram desenvolvidos e implementados nas linguagens C e GPSS360. Nos modelos, fazem-se as seguintes suposições:

1. O processo de chegada de mensagens para a interface número  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 16$ ) é Poisson com taxa  $\lambda_i$
2. O comprimento das mensagens (em bits) tem distribuição geométrica com média  $1/\mu$
3. As mensagens são segmentadas em pacotes
4. A cada pacote é adicionado um cabeçalho contendo endereços das interfaces remetentes e destinatária, tipo de pacote, etc.
5. O meio de transmissão é livre de ruído
6. Para cada pacote de dados transmitido, um reconhecimento é preparado e enviado à interface remetente; não há re

conhecimento para pacotes de reconhecimentos e estes não são incluídos nos de dados.

7. Para o estudo de tráfego homogêneo, as interfaces do par remetente-destinatário são escolhidas uniformemente entre as 16 interfaces.

Para o caso de tráfego não-homogêneo, a interface número 1 é escolhida com probabilidade  $\frac{1}{2}$  para ser remetente; a escolha das interfaces destinatárias é feita uniformemente entre as 15 interfaces restantes, as quais enviam todo o seu tráfego para a interface número 1.

8. Uma interface pode, em qualquer instante de tempo, estar transmitindo ou recebendo, mas não ambos simultaneamente. A mudança de um modo para outro é instantânea.
9. No caso de colisões nas sub-redes em barramento, o atraso de retransmissão é distribuído exponencialmente com média ' $m$ ' ditada pela Função de Retirada da seguinte forma: para um pacote que sofreu ' $c$ ' colisões, a Retirada Exponencial Binária (REB) atribui

$$m = 2^{c-1} (2\tau)$$

e com a Retirada Linear Incremental (RLI) [MOUR81],

$$m = \tau(3c - 1)$$

10. Transmissões em colisão são abortadas após  $2\tau$  segundos depois do início da primeira transmissão envolvida na colisão.

11. O atraso de propagação é idêntico para todos os pares remetente/destinatário e igual a  $\tau$  segundos.

Os valores dos parâmetros usados na execução das simulações são dados na Tabela 1. Algumas observações são ainda necessárias. Primeiro, a capacidade dos Registros de Saída e de Atraso da sub-rede em Anel com Inserção de Registro corresponde ao comprimento do cabeçalho mais o tamanho de mensagens, ou seja, 8100 bits. Segundo, o comprimento de um quadro de dados na sub-rede em Anel com Quadros é 750 bits (H + D) e o comprimento de um quadro de reconhecimento, 100 bits. Finalmente, adotam-se 8 bits para o tamanho de ficha. Os resultados a serem apresentados tem intervalos de confiança (nível 90%) de  $\pm 10\%$ .

### 3.1. SUB-REDE EM BARRAMENTO

A figura 5 apresenta a curva  $E[T]$  vs  $V$  (note que  $V = \sum_k \lambda_k$ ) para as redes em barramento com os protocolos CSMA-CD e CSMA-CD/PR quando o tráfego é homogêneo. A Função de Retirada utilizada é a REB. Observa-se que até  $V = 0.3 C$ , as duas sub-redes apresentam essencialmente as mesmas características. Isto acontece porque a intensidade de tráfego é baixa, causando poucas colisões. À medida que o tráfego aumenta, aumenta também o número de colisões e as diferenças em desempenho entre as duas sub-redes se tornam perceptíveis. A sub-rede com o protocolo CSMA-CD sofre maior atraso que a sub-rede que dá prioridade de transmissão aos pacotes de reconhecimento. As vazões máximas observadas da Figura 5 são (com relação à capacidade do barramento) 43.5% e 42.2% para sub-redes CSMA-CD e CSMA-CD/PR respectivamente.

respectivamente.

O desempenho sob tráfego não homogêneo é mostrado na Figura 6, ainda para o caso da Função de Retirada REB. Consideram-se os casos de  $\rho = 50\%$  e  $\rho = 97\%$ , i.e., a interface número 1 gera 50% e 97% do tráfego para a sub-rede respectivamente. Observe se que à medida que  $\rho$  cresce, há uma melhora no desempenho. Isto ocorre porque as colisões agora diminuem, já que diminui o número de interfaces a gerar tráfego. A tabela 2 resume os valores da vazão das sub-redes em barramento operando com REB quando  $\rho = 6.25\%$ , 50% e 97%. Note-se que como se considera o caso de 16 interfaces,  $\rho = 6.25\%$  corresponde a tráfego homogêneo. Como se despreende da Tabela 2 e da Figura 6, a sub-rede CSMA-CD/PR perde a vantagem de melhor desempenho sobre a sub-rede CSMA-CD (vide também a Figura 5). Isto ocorre porque, à medida que  $\rho$  aumenta, diminuem as colisões, e, portanto, há menos necessidade de dar prioridade ao tráfego de reconhecimento - esta prioridade, pelo contrário, é agora uma causa de desperdício na utilização da capacidade do barramento pelos pacotes de dados.

As curvas  $E[T]$  vs  $V$  para o caso da Função Retirada RLI são apresentadas na Figura 7 quando  $\rho = 6.25\%$  e  $\rho = 97\%$ . O desempenho de ambas as redes sob tráfego homogêneo é sensivelmente superior àquele propiciado com a Função de Retirada REB (vide Figura 5). A vazão da sub-rede CSMA-CD aumentou de 42.2% para 63% e da sub-rede CSMA-CD/PR, o aumento foi de 43,5% para 75%. Os desempenhos quando  $\rho = 97\%$  são inalterados (compare com os da Figura 6): com  $\rho = 97\%$ , ocorrem poucas colisões diminuindo assim os efeitos da Função de Retirada no desempenho de ambas as sub-redes. A Função de Retirada RLI, entretanto, diminui os efeitos das característiti

cas do tráfego no desempenho das sub-redes (mais transparência às variações nas características do tráfego). Da figura 7, vê-se que a rede CSMA-CD/PR com RLI é menos sensível a variações em  $\delta$ .

### 3.2. SUB-REDES EM ANEL

As curvas  $E[T]$  vs  $V$  para as três sub-redes em anel são apresentadas na Figura 8 (tráfego homogêneo). As vazões obtidas são  $0.833C$ ,  $0.930C$  e  $1.67C$  para as redes com Ficha, Quadros e Inserção de Registro, respectivamente. O Anel com Inserção de Registro permite a utilização simultânea de diferentes trechos do anel (cada trecho com uma capacidade  $C$ ), alcançando assim uma vazão agregada maior que  $C$ . O Anel com Quadros também permite transmissões simultâneas mas alguns quadros podem ser sub-utilizados devido à variação no tamanho dos pacotes. Isto faz com que tenha uma vazão menor que aquela do Anel com Inserção de Registro. Já o Anel com Ficha limita o número de transmissões, em qualquer instante, a no máximo uma. O atraso médio de mensagens para os Anéis com Ficha e com Inserção de Registros são aproximadamente iguais e menores que aquele do Anel com Quadros.  $E[T]$  do Anel com Quadros é maior por causa do efeito de segmentação das mensagens em pacotes e por causa da espera por um quadro vazio. O Anel com Inserção de Registro apresenta as melhores características  $E[T]$  vs  $V$  sob tráfego homogêneo.

As curvas  $E[T]$  vs  $V$  quando  $\delta=50\%$  e  $97\%$  são apresentadas na Figura 9. Da observação desta figura, conclue-se que a vazão do Anel com Ficha aumenta ligeiramente quando  $\delta$  cresce enquanto que ocorre o contrário para as outras duas sub-redes. Isto é por

que o paralelismo (transmissões simultâneas) dos Anéis com Quadros e Inserção de Registro gradualmente desaparece à medida que  $\rho$  se aproxima de 100% (quando  $\rho = 100\%$ , apenas a interface número 1 transmite mensagens). A vazão do Anel com Ficha aumenta com  $\rho$  porque diminui a interferência com tráfego de reconhecimento no segmento do anel saindo da interface número 1 (entre as interfaces 1 e 2, no sentido do fluxo de dados). O Anel com Quadros tem a menor vazão quando  $\rho \rightarrow 100\%$  porque a interface número 1 não pode utilizar os quadros de reconhecimento. O comportamento relativo de  $E[T]$  dos três anéis ainda é o mesmo observado sob tráfego homogêneo.

#### 4. CONCLUSÕES

O desempenho de 5 alternativas para a sub-rede de comunicação de uma RDL foi avaliado através de simulação digital. As simulações produziram as curvas características de Tempo de Resposta Médio vs Vazão ( $E[T]$  vs  $V$ ) quando o tráfego na sub-rede era homogêneo e quando uma das interfaces polarizava a geração e recepção de mensagens (tráfego não-homogêneo). Observou-se que o desempenho das sub-redes variava com o tipo de tráfego. As redes em barramento e o Anel com Ficha apresentavam melhor desempenho para tráfego não-homogêneo. Isto devia-se à diminuição de interferência entre as interfaces à medida que o tráfego se torna mais polarizado. Por outro lado, o desempenho dos Anéis com Quadros e com Inserção de Registro era melhor com tráfego homogêneo, devido à capacidade de transmissão simultânea. Este paralelismo se desvanecia à medida que apenas uma interface passa a gerar o tráfego.

Em geral, o Anel com Inserção de Registro apresentou melhor desempenho. Esta sub-rede, porém, é muito susceptível às variações no tráfego da sub-rede, i.e., não há transparência ao tipo de tráfego. As redes em barramento com CSMA-CD/PR e o Anel com Ficha são

relativamente transparentes. A propósito, estas duas sub-redes apresentam essencialmente o mesmo desempenho (comparem-se as Figuras 7,8 e 9). O Anel com Ficha entretanto, tem um mecanismo de acesso centralizado enquanto que o das redes em barramento é distribuído. Isto pode constituir-se em vantagem para a sub-rede em barramento sob a ótica de confiabilidade. Neste aspecto, também sofre a rede de Inserção de Registro, pois as interfaces intervêm diretamente na operação do anel através do Registro de Atraso. Por sua vez, o Anel com Quadros apresenta o problema de sincronização das interfaces. Enfim, a seleção de uma determinada sub-rede discutida neste artigo, deve levar em consideração não apenas o nível de desempenho oferecido, mas também a complexidade do hardware em cada interface necessária para implementar o protocolo de acesso, e a implicação que este hardware tenha na confiabilidade de operação da RDL.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte do CNPq a esta pesquisa.

#### REFERÊNCIAS

- BIBA79           Biba, K.J. e Yeh, J.W, "Fordnet: A Front-End Approach to Local Computer Networks", Anais do Local Area Computer Network Symposium, Boston, May 1979, pp. 199-215.
- BUX81            Bux, W., "Local Area Subnetworks: A Performance Comparison", Local Networks for Computer Communication, Ed. A. West e P. Janson, North-Holland, 1981, IFIP Series.
- FARB73           Farber, D.J. et al, "The Distributed Computer System", Anais do Congresso COMPCON 1973, fevereiro 1981, pp. 31-34.

- LAM79 Lam, S.S., "Multiple Access Protocols", TR-86, Dept. of Computer Science, University of Texas at Austin, janeiro 1979.
- LIU77 Liu, M.T., e Reames, C.C., "A Loop Network for Simultaneous Transmission of Variable Length Messages", Distributed Processing, IEEE EH0127-1, setembro 1977, pp.3.31-3.36.
- MARK80 Mark, J.W., "Distributed Scheduling Conflict-Free Multiple Access for Local Area Communications Networks", IEEE Transactions on Communications, Vol. COM-28, No.12, dezembro/80
- METC76 Metcalfe, R.M e Boggs, D.R., "Ethernet: Distributed Packet Switching for Local Computer Networks", CACM Vol.19, No.7, julho 1976, pp.395-404.
- MOUR79 Moura, J.A.B., Field, J.A. e Wong, J.W., "Evaluation of Collision Control Algorithms in Ethernets", Anais do 6º Data Communication Symposium, Pacific Grove, California, dezembro 1979, pp.82-86.
- MOUR81 Moura, J.A.B. e Field, J.A., "Collision-Control Algorithms in Carrier-Sense Multiple Access (Collision Detection) Networks", IPC Press, Computer Communications, fevereiro 1981, pp.10-18.
- NEWH69 Newhall, E.E. e Farmer, W.D., "An Experimental Distributed Switching System to Handle Bursty Computer Traffic", Anais do Symposium on Optimization in Data Communications, outubro 1969, pp.1-32.
- TOBA75 Tobagi, F.A. e Kleinrock, L., "Packet Switching in Radio Channels: Part I - Carrier - Sense Multiple Access Modes and Their Throughput and Delay Characteristics", IEEE Transactions on Communications, Vol. COM-23, No.12, dezembro/75.

- TOKO77 Tokoro, M. C Tamaru, K., "Acknowledging Ethernet", Anais do Congresso COMPCON 1977, pp. 320-325.
- TROP81 Tropper, C., "Local Computer Network Technologies", Academic Press, New York, 1981.
- YU76 Yu, W., "Design and Simulation of an Adaptive Loop-Type Computer Communication Network", Tese de M.A.Sc., Dept. of Electrical Engineering, University of Waterloo, 1976.
- MAJI74 Majithia, J.C. e Bhar, R., "Optimum Packet Size in a Packet - Switched Data Network", Electronic Letters, Vol.10, No.10, maio/1974, pp. 191-193.

PARÂMETRO	VALOR(ES)
- Capacidade do Anel/Barramento (C)	3 Mbit/s
- Comprimento do Cabeçalho (H)	100 bits
- Comprimento de Pacote de Reconhecimento (R)	100 bits
- Comprimento Médio de Mensagens ( $1/\mu$ )	1000 bits
- Comprimento Máximo de Mensagens	8000 bits
- Comprimento Mínimo de Mensagens	1 bit
- Comprimento de Pacotes de Dados (Porção do Dados) (D)	650 bits (Anel) *
	4000 bits (Barramento)**
- Atraso de Propagação do Meio de Transmissão ( $\tau$ )	5 $\mu$ s

TABELA 1

VALORES DO PARÂMETROS USADOS NAS SIMULAÇÕES

\* Calculado através da fórmula [MAJ174]:  $D = \sqrt{2(H + A)/\mu}$

\*\* Adotado para evitar degradação de desempenho [MOUR79]

SUB-REDE	$\delta$	VAZÃO (%C)
CSMA-CD	6.25%	42.2
	50.0 %	58.0
	97.0 %	78.0
CSMA-CD/PR	6.25%	43.5
	50.0 %	56.0
	97.0 %	76.0

TABELA 2

VAZÃO(%C) VS  $\delta$  DAS SUB-REDES EM BARRAMENTO COM REB

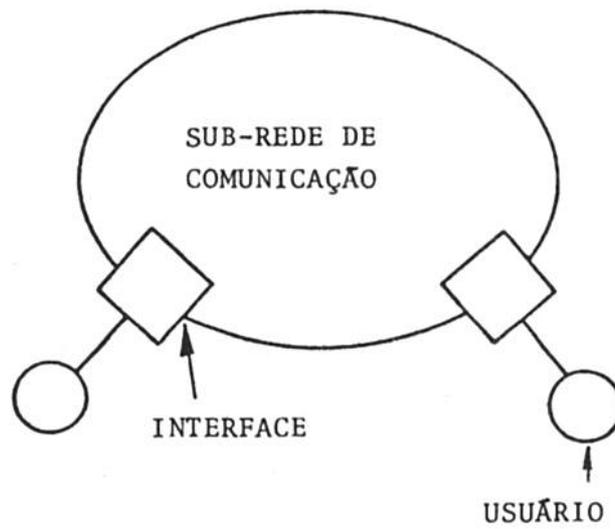


FIGURA 1: ORGANIZAÇÃO DA SUB-REDE DE UMA RDL

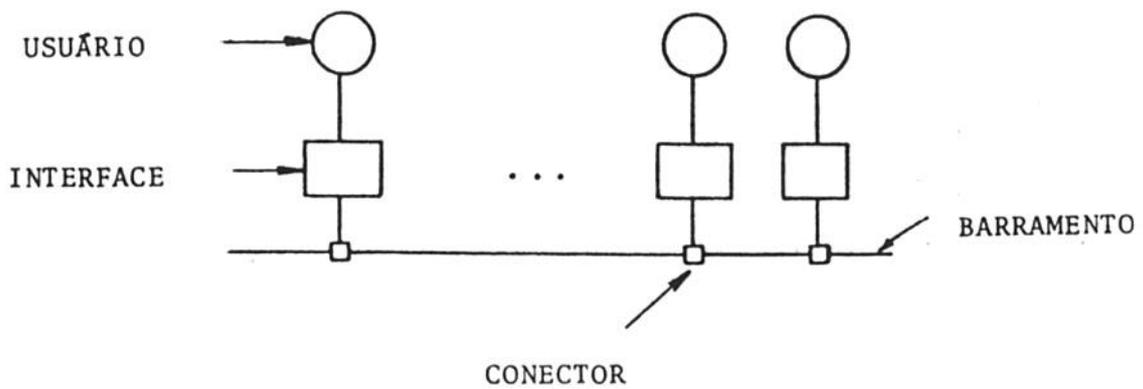


FIGURA 2: BARRAMENTO

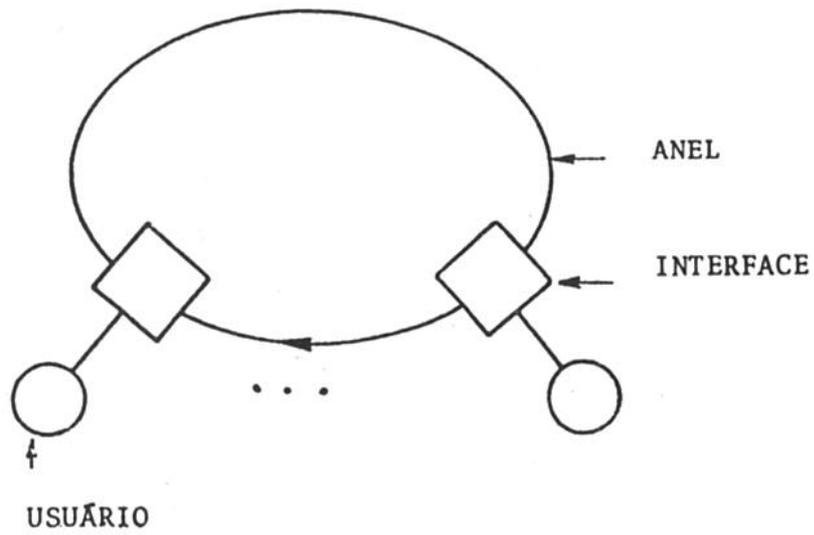


FIGURA 3: ANEL

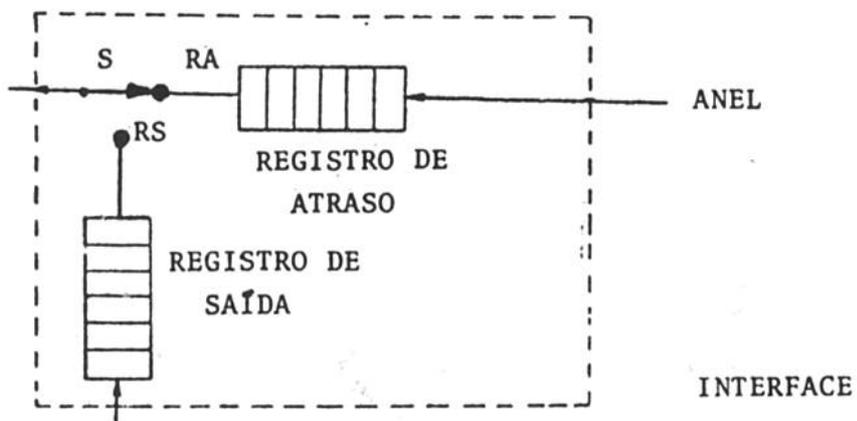


FIGURA 4: INSERÇÃO DE REGISTRO

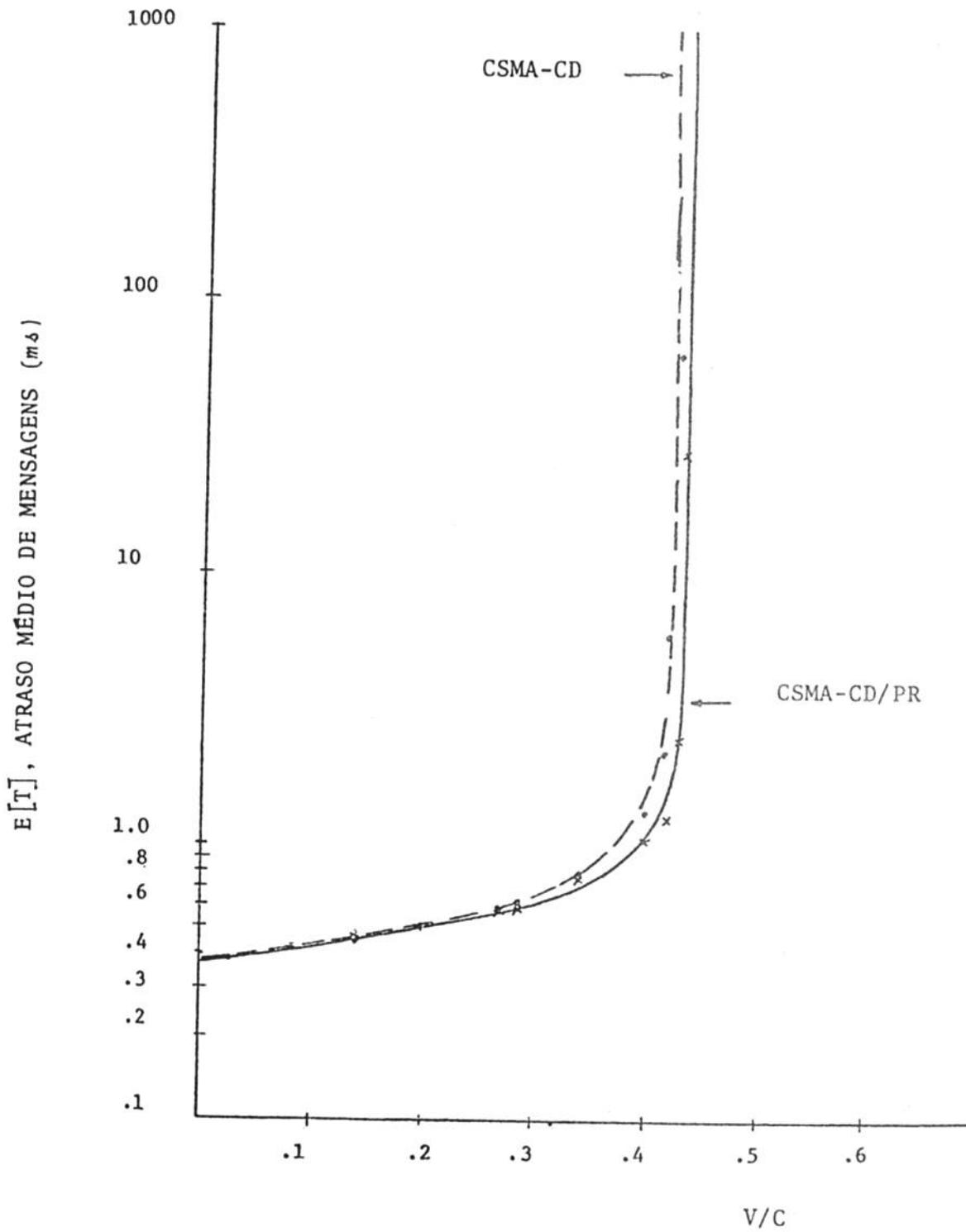


FIGURA 5: DESEMPENHO DAS SUB-REDES EM BARRAMENTO  
COM REB E SOB TRÁFEGO HOMOGÊNIO

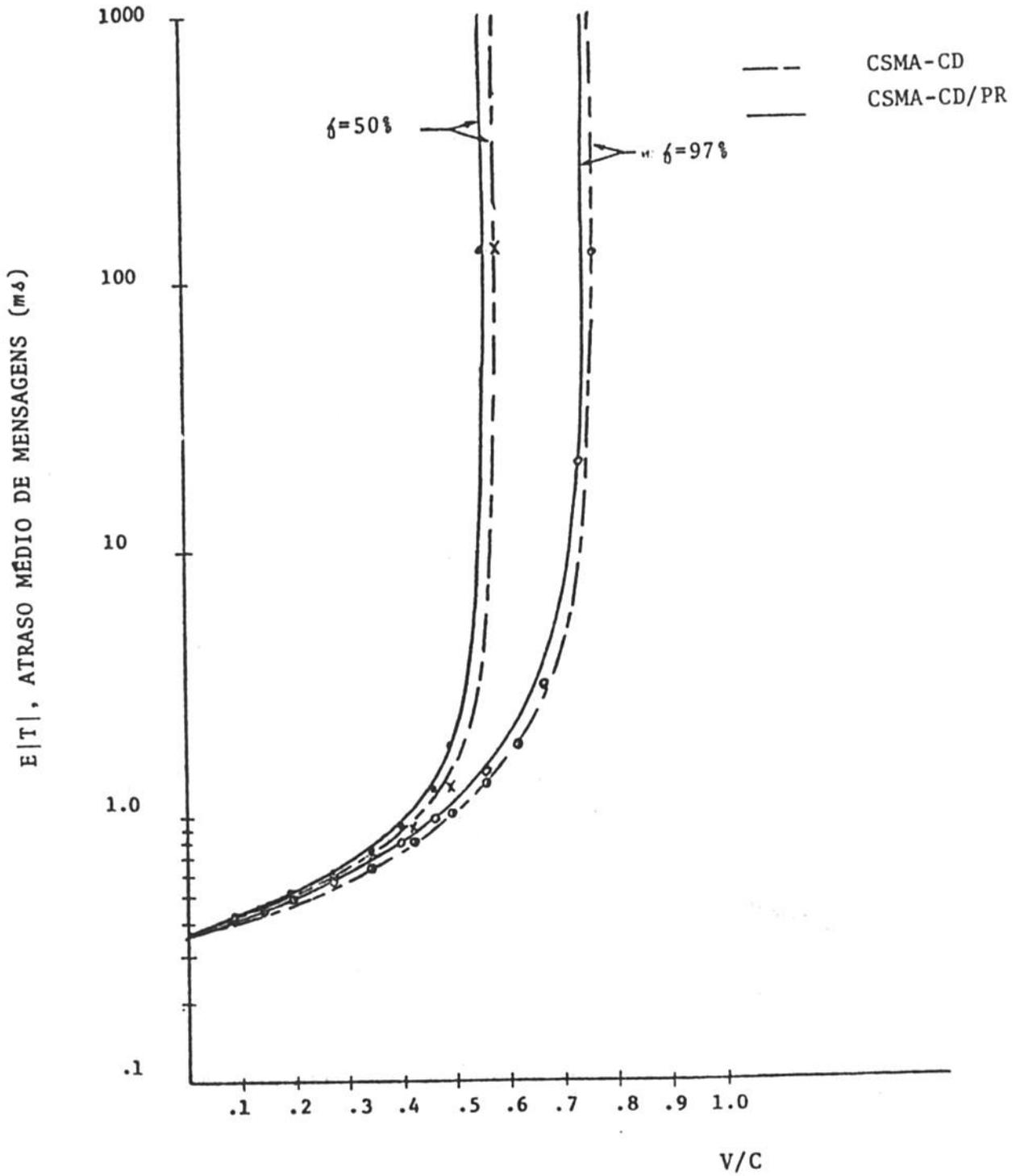


FIGURA. 6: DESEMPENHO DAS SUB-REDES EM BARRAMENTO COM. REB SOB TRÁFEGO NÃO-HOMOGÊNIO

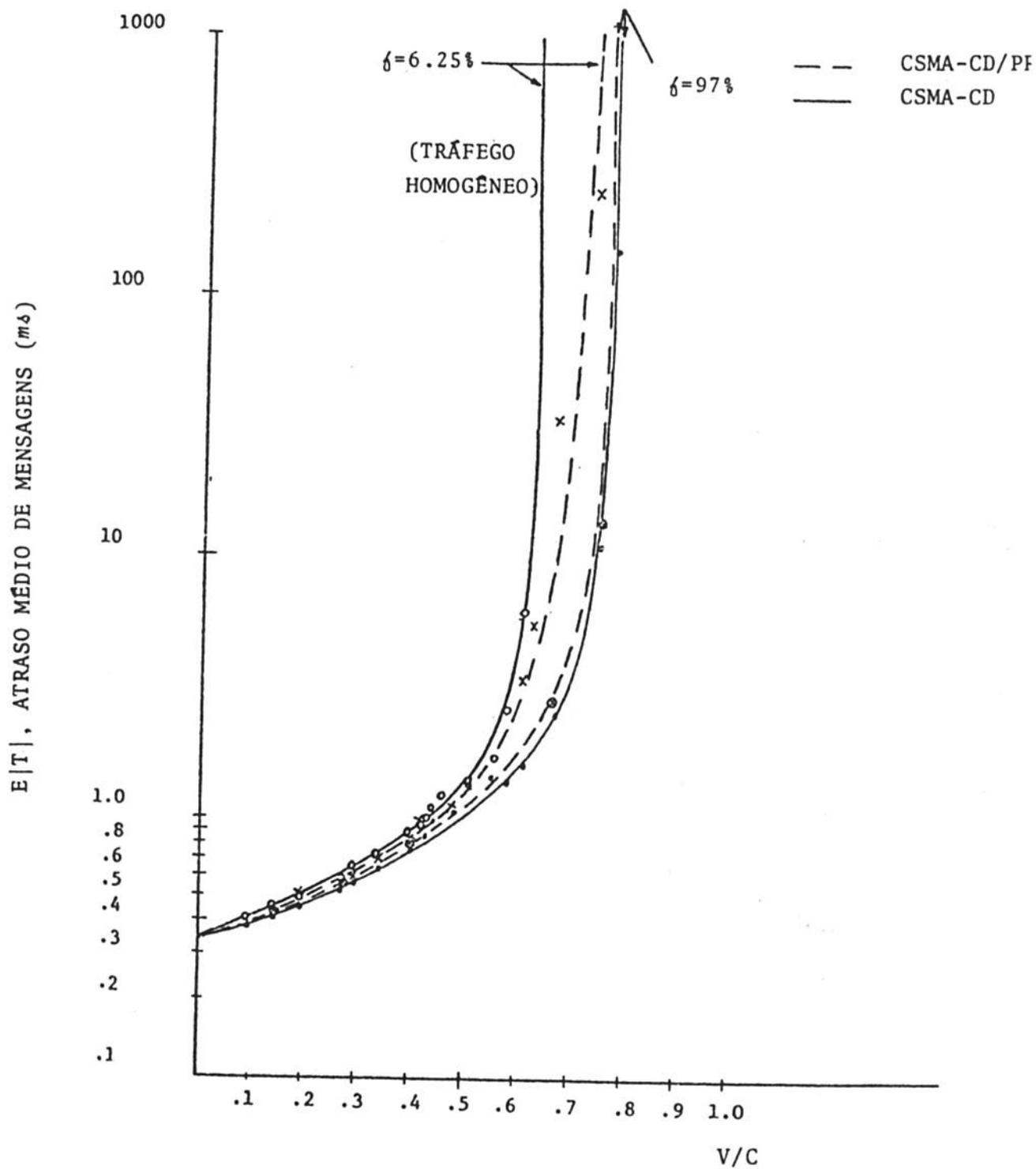


FIGURA 7: DESEMPENHO DAS SUB-REDES EM BARRAMENTO COM RLI SOB TRÁFEGO HOMOGÊNEO E NÃO-HOMOGÊNEO

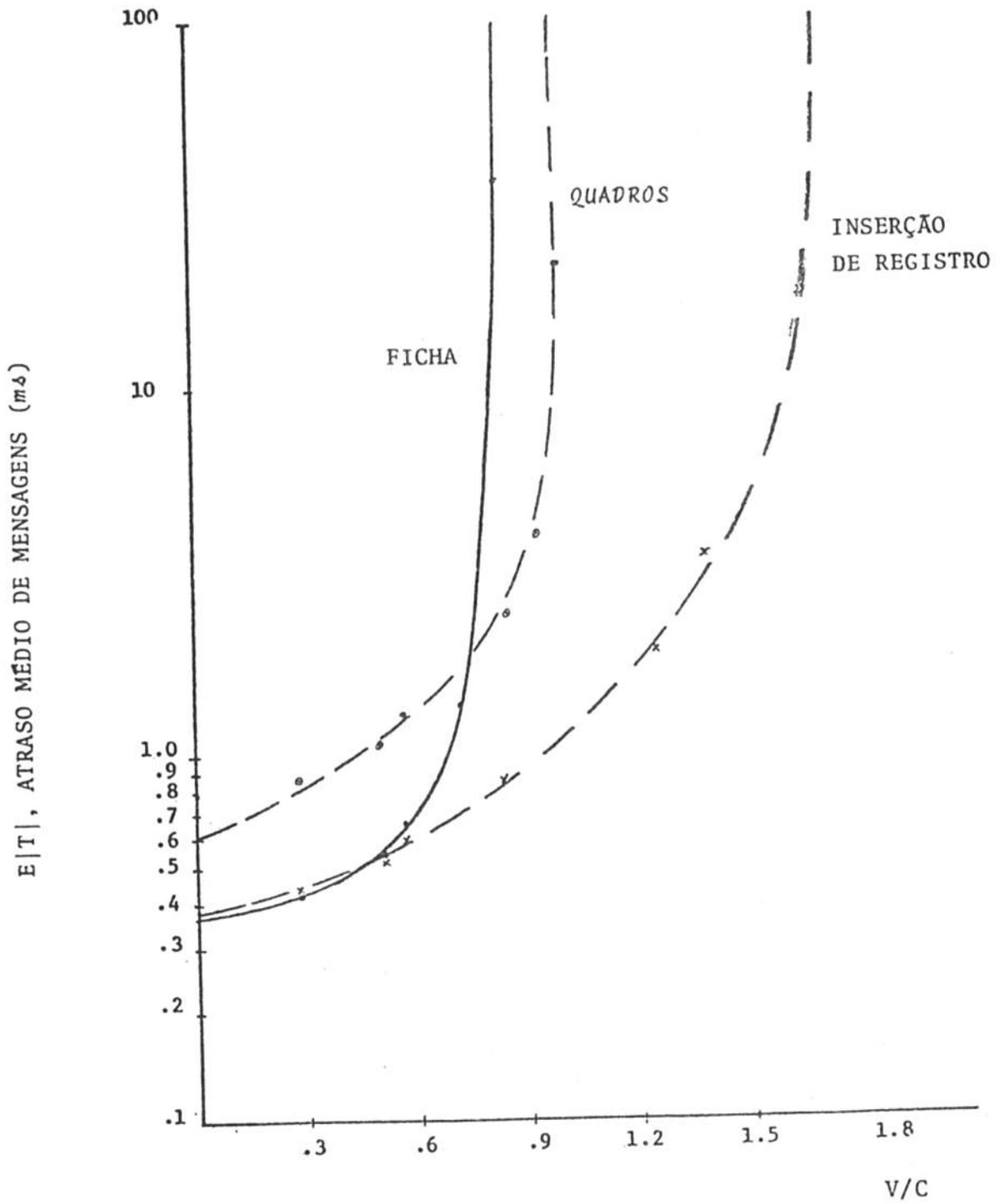


FIGURA 8: DESEMPENHO DAS SUB-REDES EM ANEL SOB TRÁFEGO HOMOGÊNEO

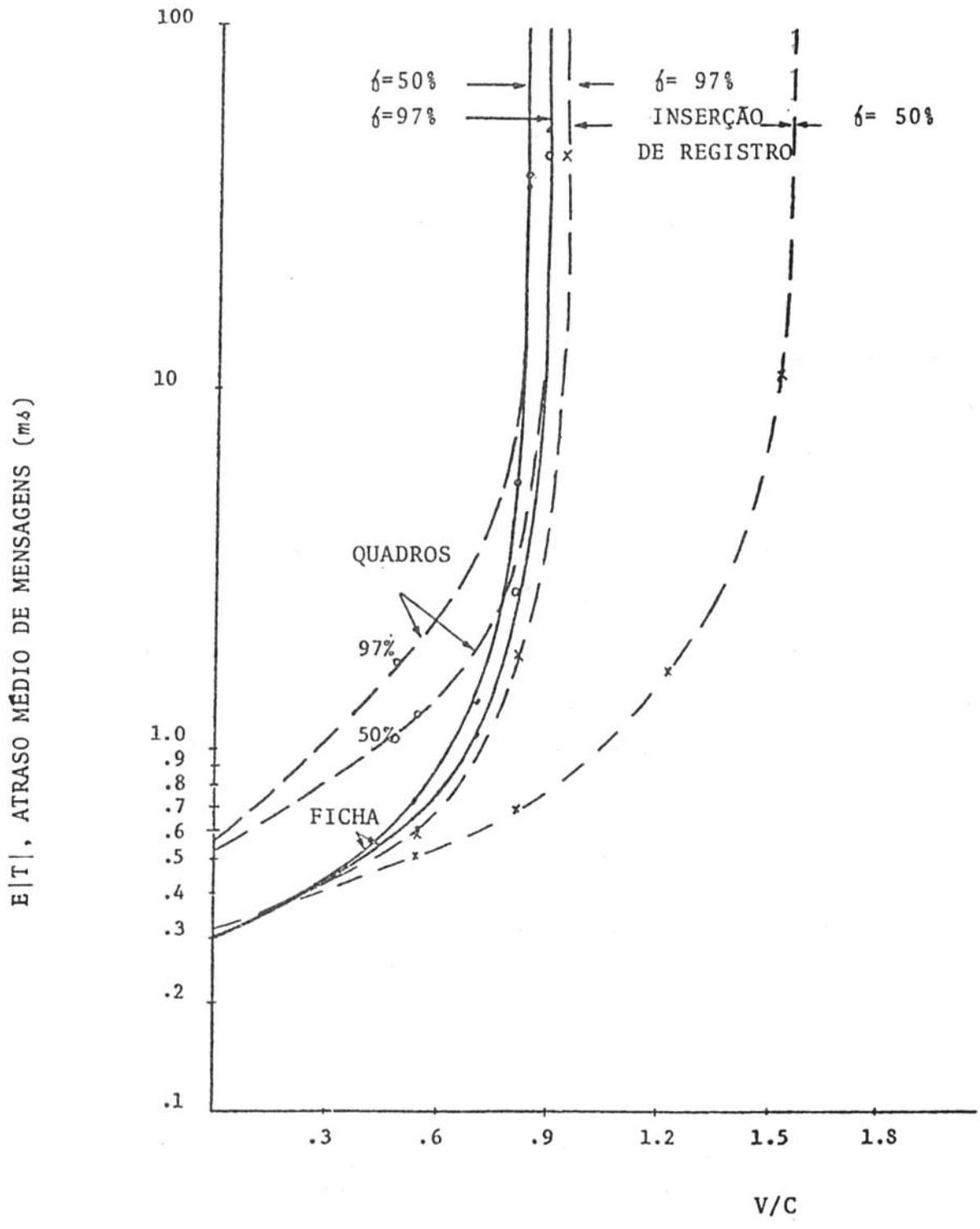


FIGURA 9: DESEMPENHO DAS SUB-REDES EM ANEL SOB TRÁFEGO NÃO-HOMOGÊNEO