

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO**

MARCELO MAIA SOBRAL

**Caracterização de Tráfego em Redes de Gerência
TMN**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

Prof. Dr. Paulo José de Freitas Filho

Florianópolis, fevereiro de 2000.

Caracterização de Tráfego em Redes de Gerência TMN

Marcelo Maia Sobral

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação, Área de Concentração Sistemas de Computação, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.



Prof. Dr. Fernando Alvaro Ostuni Gauthier

Coordenador do Curso de Pós Graduação em Ciência da Computação

Banca Examinadora:

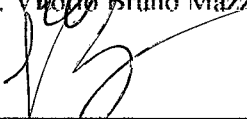


Prof. Dr. Paulo José de Freitas Filho


Orientador



Prof. Dr. Vitor Bruno Mazzola



Prof. Dr. João Bosco Motta Alves



Prof. Dr. Rosvelter João Coelho da Costa

Este trabalho é dedicado à minha esposa Dayna e filho Luís,
cujo amor e companhia muito me incentivaram.

Aos meus pais, que com carinho, trabalho e paciência me permitiram seguir meu
caminho.

Ao meu já ido avô, Mário, grande contador de histórias
e despertador de curiosidades.

Obrigado Prof. Paulo Freitas, Prof. João Bosco da Motta Alves, Verinha e Valdete
pela dedicação e apoio.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	VI
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	VIII
RESUMO	X
ABSTRACT	XI
1 INTRODUÇÃO	1
2 ESTADO DA ARTE.....	4
2.1 O MODELO TMN	4
2.1.1 <i>Arquitetura funcional TMN</i>	6
2.1.2 <i>Pontos de Referência TMN</i>	8
2.1.3 <i>Interfaces Padronizadas</i>	10
2.1.4 <i>Função de Comunicação de Dados</i>	10
2.1.5 <i>Resumo dos componentes TMN</i>	11
2.1.6 <i>Conclusão</i>	12
2.2 ANÁLISE DE TRÁFEGO	13
2.2.1 <i>Modelo exponencial ou Poisson</i>	13
2.2.2 <i>Modelo Trem de Pacotes (ON/OFF)</i>	15
2.2.3 <i>Modelo Auto-Similar</i>	17
2.2.4 <i>Tipos de tráfego envolvidos em TMN</i>	20
2.2.5 <i>Conclusão</i>	21
2.3 SIMULAÇÃO	23
2.3.1 <i>Características de simulação</i>	23
2.3.2 <i>Técnicas de simulação</i>	25
2.3.2.1 <i>Programação com Linguagens de Propósito geral</i>	25
2.3.2.2 <i>Linguagens de Simulação</i>	26
2.3.2.3 <i>Simuladores de alto-nível</i>	26
2.3.3 <i>Conclusão</i>	27
3 CARACTERIZAÇÃO DO TRÁFEGO EM TMN.....	28
3.1 INTRODUÇÃO.....	28
3.2 QUALIFICAÇÃO DAS CATEGORIAS DE TRANSAÇÕES	28
3.2.1 <i>Operações de gerência</i>	29
3.2.2 <i>Transferências de arquivos</i>	36
3.2.3 <i>Transferências contínuas</i>	42
3.2.4 <i>Comunicações genéricas</i>	44
4 APLICAÇÕES DE MODELOS DE TRÁFEGO EM SIMULAÇÃO E	
AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE REDES DE GERÊNCIA	48
4.1 INTRODUÇÃO.....	48
4.2 O AMBIENTE.....	48

4.2.1	<i>OS – Operations System</i>	50
4.2.2	<i>NE – Network Element</i>	50
4.2.3	<i>MIB – Management Information Base</i>	50
4.2.4	<i>DCN – Data Communication Network</i>	51
4.2.5	<i>DCNA – DCN Access</i>	51
4.3	GERADORES DE TRÁFEGO	51
4.3.1	<i>Gerador ON/OFF</i>	52
4.3.2	<i>Gerador de tráfego auto-similar</i>	53
5	CONCLUSÃO	55
5.1	TRABALHOS FUTUROS	56
6	BIBLIOGRAFIA	57

LISTA DE TABELAS

TABELA 2-1 BLOCOS FUNCIONAIS TMN	7
TABELA 2-2 COMPONENTES FUNCIONAIS TMN	8
TABELA 2-3 PONTOS DE REFERÊNCIA TMN	9
TABELA 2-4 RELACIONAMENTO ENTRE INTERFACES PADRONIZADAS E BLOCOS FUNCIONAIS	10
TABELA 2-5 BLOCOS FUNCIONAIS E SEUS COMPONENTES	12
TABELA 2-6 CATEGORIAS DE TRÁFEGO EM TMN	21
TABELA 2-7 INTERFACES PADRONIZADAS E CATEGORIAS DE TRÁFEGO	21
TABELA 3-1 CENÁRIOS PARA EXPERIMENTO DE SIMULAÇÃO DO CMIP	31

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2-1 RELACIONAMENTO ENTRE REDE DE GERÊNCIA TMN E REDE DE COMUNICAÇÃO DE DADOS	5
FIGURA 2-2 BLOCOS FUNCIONAIS TMN	6
FIGURA 2-3 CLASSES DE PONTOS DE REFERÊNCIA TMN	9
FIGURA 2-4 FUNÇÃO DE COMUNICAÇÃO DE DADOS E FUNÇÃO DE COMUNICAÇÃO DE MENSAGENS	11
FIGURA 3-1 MODELO DE SIMULAÇÃO DO PROTOCOLO CMIP	30
FIGURA 3-2 DECAIMENTO DA VARIÂNCIA PARA CENÁRIO 1	31
FIGURA 3-3 DECAIMENTO DA VARIÂNCIA PARA CENÁRIO 2	32
FIGURA 3-4 DECAIMENTO DA VARIÂNCIA PARA CENÁRIO 3	32
FIGURA 3-5 DECAIMENTO DA VARIÂNCIA PARA CENÁRIO 4	33
FIGURA 3-6 FUNÇÃO DE AUTO-CORRELAÇÃO PARA CENÁRIO 1	34
FIGURA 3-7 FUNÇÃO DE AUTO-CORRELAÇÃO PARA CENÁRIO 2	34
FIGURA 3-8 FUNÇÃO DE AUTO-CORRELAÇÃO PARA CENÁRIO 3	35
FIGURA 3-9 FUNÇÃO DE AUTO-CORRELAÇÃO PARA CENÁRIO 4	35
FIGURA 3-10 DECAIMENTO DA VARIÂNCIA PARA TRANSFERÊNCIAS DE ARQUIVOS	38
FIGURA 3-11 HISTOGRAMA PARA TRANSFERÊNCIAS DE ARQUIVOS	39
FIGURA 3-12 GRÁFICO DA AUTO-CORRELAÇÃO PARA TRANSFERÊNCIAS DE ARQUIVOS	40
FIGURA 3-13 GRÁFICO LOG-LOG PARA O DECAIMENTO DA VARIÂNCIA PARA OS INTERVALOS OFF	41
FIGURA 3-14 GRÁFICO MONO-LOG PARA O HISTOGRAMA DOS TEMPOS ENTRE CHEGADAS PARA TRANSFERÊNCIAS CONTÍNUAS	43
FIGURA 3-15 GRÁFICO DA FUNÇÃO DE AUTO-CORRELAÇÃO PARA TRANSFERÊNCIAS CONTÍNUAS	44
FIGURA 3-16 GRÁFICO LOG-LOG PARA O DECAIMENTO DA VARIÂNCIA PARA COMUNICAÇÕES GENÉRICAS	45
FIGURA 3-17 GRÁFICO DA FUNÇÃO DE AUTO-CORRELAÇÃO COM ÍNDICE DE AGREGAÇÃO 50	46
FIGURA 3-18 GRÁFICO DA FUNÇÃO DE AUTO-CORRELAÇÃO COM ÍNDICE DE AGREGAÇÃO 500	47
FIGURA 4-1 MODELO DE GERADOR DE TRÁFEGO ON/OFF	52
FIGURA 4-2 MODELO DE GERADOR DE TRÁFEGO AUTO-SIMILAR BASEADO EM MAPA CAÓTICO	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A/M	- Agent/Manager
ATM	- Asynchronous Transfer Mode
CCITT	- Consultative Committee for International Telegraph and Telephone
CMIP	- Common Management Information Protocol
DCF	- Data Communication Function
DCN	- Data Communication Network
DCNA	- Data Communication Network Access
FORTRAN	- Formula Translation
FBM	- Fractionary Brownian Movement
FTP	- File Transfer Protocol
HMA	- Human Machine Adaptation
HTTP	- Hyper Text Transfer Protocol
ICF	- Information Conversion Function
ISDN	- Integrated Services Digital Network
ISO	- International Standard Organization
ITU	- International Telecommunication Union
LAN	- Local Area Network
MAF	- Management Application Function
MAIG	- Maximum Allowed Inter-car Gap
Mbps	- Mega bits por segundo
MCF	- Message Communication Function
MF	- Mediation Function
MIB	- Management Information Base

MIT	- Masachussets Institute for Technology
MTU	- Maximum Transmission Unit
NE	- Network Element
NEF	- Network Element Function
OS	- Operating System
OSF	- Operating System Function
OSI	- Open Systems Interconnect
PC	- Personal Computer
PDU	- Protocol Data Unit
PF	- Presentation Function
QA	- Q Adaptor
QAF	- Q Adaptor Function
SS7	- Signaling System #7
TMN	- Telecommunications Management Network
UFSC	- Universidade Federal de Santa Catarina
VBR	- Variable Bit Rate
WS	- Workstation
WSF	- Workstation Function

RESUMO

Este trabalho focaliza o tráfego gerado por uma rede de gerência TMN, propondo modelos que o caracterizem e que possam ser usados para sua avaliação de desempenho. Partindo da identificação dos tipos de transações que ocorrem em cada interface padronizada TMN, procuram-se determinar categorias de tráfego, de forma que o tráfego total por cada interface seja uma subconjunto destas categorias. Posteriormente estuda-se cada categoria para determinar um modelo de tráfego mais adequado, tal como ON/OFF, auto-similar ou clássico. Vários experimentos foram realizados com coletas de tráfego em redes de comunicação de dados, a partir de geradores de tráfego representantes de cada categoria, acompanhados de correspondente análise estatística em função dos modelos de tráfego estudados. Por fim, alguns modelos de simulação para cada geração de tráfego para cada categoria são sugeridos.

ABSTRACT

This work focuses on traffic generated by a TMN management network, proposing models for its characterization and performance evaluation. Starting at identification of transaction classes on each standard TMN interface, we try to determine traffic categories, such as total traffic be a subset of these categories. Afterwards, we study each category to determine a more appropriate traffic model, such as ON/OFF, self-similar or a classic one. Many experiences were done with traffic samples in data communication networks, using adequate traffic generators for each category, followed of respective statistical analysis based on these traffic models. Finally, we suggest some simulation models for the traffic generators of each category.

1 INTRODUÇÃO

As redes de telecomunicações, formadas por centrais telefônicas, multiplexadores, modems e outros equipamentos de transmissão, são um desafio para o seu gerenciamento. O grande número de tecnologias envolvidas, e a variedade de serviços oferecidos, compõem um ambiente heterogêneo. Procurando estabelecer normas para auxiliar a gerência integrada dos componentes das redes de telecomunicações, o ITU (*International Telecommunication Union*) criou o padrão TMN (*Telecommunication Management Network*).

O modelo TMN prevê uma rede dedicada ao gerenciamento de uma rede de telecomunicações. Em sua composição, envolve modelagem da informação, das operações de gerenciamento e dos mecanismos de comunicação. Vários conjuntos funcionais implementam inúmeras funções componentes do modelo.

Para que tudo funcione de forma mais racional possível, incluindo os custos, a rede TMN deve estar bem dimensionada. No entanto, não há uma metodologia que auxilie neste dimensionamento. Assim sendo, o propósito deste trabalho é preencher esta lacuna, definindo métodos e ferramentas que permitam aos projetistas a especificação de uma rede de gerenciamento ótima com um custo proporcionalmente baixo.

A arquitetura TMN surgiu pretendendo-se genérica, aberta e com recursos suficientes para se adequar ao gerenciamento de redes de telecomunicações heterogêneas. Por sua abrangência, até hoje ainda não foi implementada em sua totalidade em um projeto de gerência. Os próprios equipamentos de telecomunicações muito raramente apresentam interfaces padronizadas TMN. Apesar disto, a tendência de uso da TMN vem se firmando, uma vez que cada vez mais se faz necessário um padrão para gerenciamento de plantas de telecomunicações, compostas por equipamentos de fabricantes diversos, com inúmeros serviços, tecnologias, topologias e demandas.

O projeto de uma rede de gerência envolve o dimensionamento dos seus canais com relação à largura de banda. A informação a ser trafegada por um rede deste tipo, de importância vital por se tratar de operações de gerência sobre os objetos gerenciados e coleta de dados sensíveis, como registros de atividades, alarmes e bilhetagem, não pode encontrar obstáculos sob a forma de gargalos. Também não é desejável o

superdimensionamento dos canais para evitar estes problemas, uma vez que o projeto teria seu custo incrementado – e isto pode significar a escolha, pelo cliente, de um projeto de outro desenvolvedor, ou a perda de uma licitação.

Um bom dimensionamento de uma rede de gerência só pode ser alcançado se for conhecida a carga a que está submetida a rede. Em última análise, deve-se saber qual a demanda por largura de banda causada pela aplicação de gerência. E isto envolve a análise do tráfego de gerência de acordo com modelos teóricos adequados.

Dentro do contexto apresentado, pretende-se qualificar o tráfego de gerência em TMN. Com isto, pode-se orientar o enfoque de projetos de avaliação de desempenho de tais redes, indicando-se que informações procurar para determinar a carga representada pelo tráfego. Como a avaliação de desempenho por simulação é uma ferramenta poderosa, de relativa facilidade de aplicação e precisão, intenta-se que a qualificação do tráfego aqui proposta esteja diretamente voltada para este caso.

O cumprimento dos objetivos do trabalho envolve quatro itens: a compreensão do modelo TMN, modelos teóricos de tráfego de redes, caracterização do tráfego inerente à TMN e sugestões de avaliação de desempenho de redes usando simulação.

Cabe ressaltar que a preocupação principal do projeto é a caracterização do tráfego deste tipo de rede, e sua aplicação na avaliação de desempenho da TMN. Portanto, não se focam diretamente a capacidade de processamento dos componentes da rede - embora esta possa ser um requisito de desempenho estabelecido pelas características de tráfego obtidas pelo estudo.

O presente trabalho é assim constituído:

- o capítulo 2 discorre sobre o estado do arte, descrevendo o modelo TMN e suas características que influenciam a o tráfego em rede, modelos de tráfego em redes de comunicação de dados, e simulação como ferramenta de estudo de sistemas.
- O capítulo 3 apresenta uma proposta para categorizar o tráfego em TMN.
- O capítulo 4 apresenta as experiências realizadas com tráfego similar ao de redes de gerência TMN, junto às respectivas análises estatísticas.

- O capítulo 5 apresenta uma conclusão, fazendo uma comparação entre os resultados obtidos com os experimentos do capítulo 4 e as previsões citadas no capítulo 3, considerando as limitações dos experimentos realizados.

2 ESTADO DA ARTE

2.1 O MODELO TMN

As redes de telecomunicações necessitam de um suporte de gerenciamento que permita a troca e o processamento de informações de gerenciamento para seu planejamento, provisionamento, instalação, manutenção, operação e administração. O CCITT (*Consultative Committee for International Telegraph and Telephone*), pertencente ao ITU, estabeleceu um conjunto de recomendações conhecidas como série M.3000, mais comumente denominadas TMN (*Telecommunications Management Network*). Estas recomendações definem um modelo genérico de rede de gerenciamento de telecomunicações, o que engloba desde a estrutura de comunicação até os serviços de gerenciamento [1].

Todos os tipos de redes de telecomunicações e elementos de rede, tais como redes analógicas e digitais, redes públicas e privadas, sistemas de comutação e transmissão, software de telecomunicação e recursos lógicos da rede (como circuitos, caminhos ou serviços de telecomunicações suportados por estes serviços) são passíveis de serem gerenciados por uma TMN [2].

Uma TMN pode variar em complexidade de uma simples conexão entre um OS (*Operating System*) e uma parte de um equipamento de telecomunicação, até uma rede complexa interconectando muitos diferentes tipos de OSs e equipamentos de telecomunicação. Uma TMN pode prover funções de gerenciamento e oferecer comunicação entre os OSs e entre os OSs e várias partes da rede de telecomunicação – que, quando, gerenciadas, são chamadas de NFs (*Network Elements*) [3].

A figura abaixo demonstra a relação entre a TMN e a rede de telecomunicação gerenciada. Observa-se que a TMN é conceitualmente uma rede distinta que possui vários diferentes pontos de conexão com a rede de telecomunicação para enviar e receber informação de e para esta, e para controlar suas operações. Uma TMN pode usar partes da rede de telecomunicação para prover suas necessidades de comunicação [3].

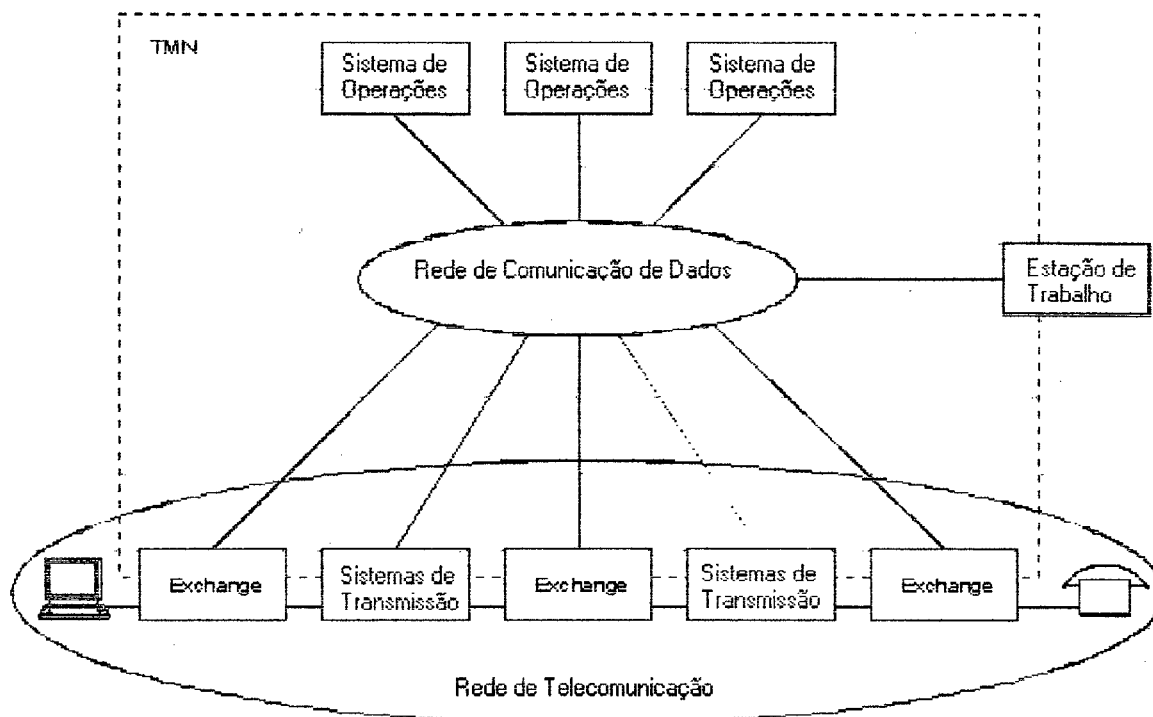


Figura 2-1 Relacionamento entre rede de gerência TMN e rede de comunicação de dados

O modelo TMN se baseou profundamente no modelo de gerenciamento *OSI* (*Open Systems Interconnection*), definido nas normas X.700 do CCITT. Assim sendo, herdou o paradigma gerente/agente, a representação orientada a objetos da informação de gerenciamento, e o protocolo de gerenciamento CMIP (*Common Management Information Protocol*). As áreas funcionais de gerenciamento também são as mesmas:

- Gerenciamento de Desempenho
- Gerenciamento de Configuração
- Gerenciamento de Falhas
- Gerenciamento de Contabilização
- Gerenciamento de Segurança

2.1.1 Arquitetura funcional TMN

A arquitetura funcional TMN é baseada num número de blocos funcionais TMN. Cada bloco funcional proporciona ao modelo funções genéricas que permitem a uma TMN realizar as funções de gerenciamento TMN. Uma Função de Comunicação de Dados (DCF – Data Communication Function) é usada para a transferência de informação entre estes blocos funcionais. Pares de blocos funcionais que trocam informação são separados por pontos de referência [3].

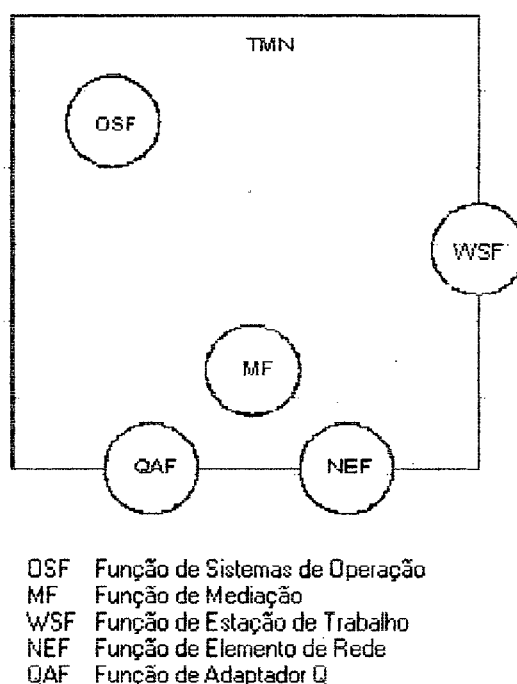


Figura 2-2 Blocos funcionais TMN

Os blocos funcionais transacionam entre si. Portanto há um perfil de tráfego associado a cada par de componentes que se comunicam. O conceito de interfaces padronizadas TMN visa representar os conjuntos de protocolos e tipos de mensagens possíveis de serem trocadas entre os pares.

BLOCO FUNCIONAL	DESCRIÇÃO
Sistemas de Operação (OSF)	Onde roda a aplicação de gerência propriamente dita, implicando o processamento de informações com o intuito de monitorar, coordenar e controlar as funções de telecomunicações, incluindo a própria gerência em si [3].
Elemento de Rede (NEF)	Elemento a ser controlado, provendo as funções de telecomunicações e de suporte requeridas pela rede de telecomunicações gerenciada, que não são parte da TMN [1].
Adaptador Q (QAF)	Conecta à TMN entidades similares que não suportam interfaces padronizadas TMN [1], quer dizer, faz a conversão de protocolos.
Mediação (MF)	Conversão da representação da informação entre o OSF e o NEF. Diferencia-se do adaptador Q pela forma como os atributos e funcionalidades do NEF são convertidos para que a TMN possa entendê-los [3].
Estação de Trabalho (WSF)	Provimento da interface com o operador, para que este possa interagir com a aplicação de gerência. A interface em si com o usuário não faz parte do escopo da TMN [3].

Tabela 2-1 Blocos funcionais TMN

Certos componentes funcionais foram identificados como os blocos elementares da arquitetura TMN. Os blocos funcionais são constituídos de combinações destes componentes funcionais.

COMPONENTE FUNCIONAL	DESCRIÇÃO
Aplicação de Gerenciamento (MAF)	Implementa os serviços de gerenciamento, podendo assumir os papéis de gerente ou agente [1].
Base de Informação de Gerenciamento (MIB)	Repositório conceitual das informações de gerenciamento, representando os objetos gerenciados [1].
Função de Conversão de Informação (ICF)	Utilizada em sistemas intermediários para traduzir o modelo de informação de uma interface para o de outra interface. Esta tradução pode ser no nível de sintaxe ou no de semântica [1].
Função de Apresentação (PF)	Responsabiliza-se pela apresentação das informações da aplicação de gerenciamento para um formato compreensível para o ser humano, e vice-versa [1].
Função de Adaptação Homem-Máquina (HMA)	Converte o modelo de informação da MAF para o modelo apresentado pela TMN à PF, e vice-versa. Isto envolve o mascaramento de dados e a reorganização de informações [1].
Função de Comunicação de Mensagens (MCF)	Está associada a todos os blocos funcionais que possuem uma interface física. Seu propósito é transmitir as mensagens de gerenciamento através dos protocolos suportados nas interfaces físicas [1].

Tabela 2-2 Componentes funcionais TMN

2.1.2 Pontos de Referência TMN

Pontos de referência TMN definem limites de serviço entre dois blocos funcionais, com o propósito de identificar a informação que trafega entre blocos.

As seguintes classes de pontos de referências são definidas:

PONTO DE REFERÊNCIA	BLOCOS FUNCIONAIS
Q	Entre OSF, QAF, MF e NEF.
F	Entre WSF e qualquer outro bloco funcional.
X	Entre OSFs de duas TMNs ou entre o OSF de uma TMN e a funcionalidade equivalente a OSF de outra rdcd.
G	Entre WSF e usuários.
M	Entre QAF e entidades não gerenciáveis via TMN.

Tabela 2-3 Pontos de referência TMN

A figura abaixo ilustra a disposição dos pontos de referência entre os blocos funcionais.

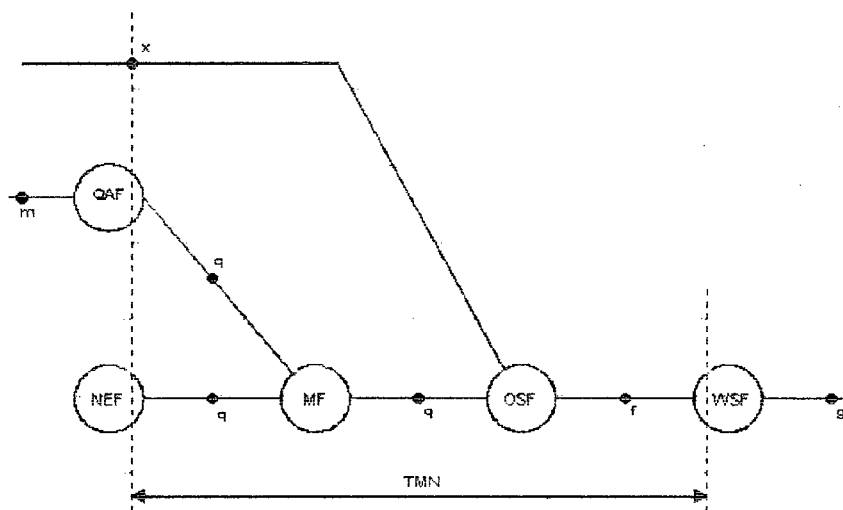


Figura 2-3 Classes de pontos de referência TMN

2.1.3 Interfaces Padronizadas

As interfaces padronizadas definem o conjunto de protocolos e de mensagens transportadas pelas respectivas unidades de dados de protocolo [1].

Cada bloco funcional possui um conjunto de objetos a serem gerenciados, com necessidades específicas de comunicação e operações de gerência. Desta forma, o que distingue as interfaces é o escopo da atividade de gerenciamento que a interface deve suportar [1]

A tabela abaixo ilustra as interfaces em relação aos blocos funcionais.

Bloco funcional	OSF	NEF	MF	QAF	WSF
OSF		q3	q3	q3	f
NEF			qx	q3	
MF				qx	f
QAF					
WSF					

Tabela 2-4 Relacionamento entre interfaces padronizadas e blocos funcionais

2.1.4 Função de Comunicação de Dados

Esta função é usada pelos blocos funcionais para trocarem informação, tendo como papel principal prover mecanismos para transportar a informação. A DCF (*Data Communications Function*) pode prover roteamento, chaveamento e funções para *internetworking*, e disponibiliza as camadas 1 a 3 do modelo de referência OSI ou equivalente.

Quando DCFs se localizam entre sistemas, as Funções de Comunicação de Mensagem (MCF – Message Communication Functions) estão associadas a cada ponto de ligação às DCFs, conforme ilustrado abaixo [3].

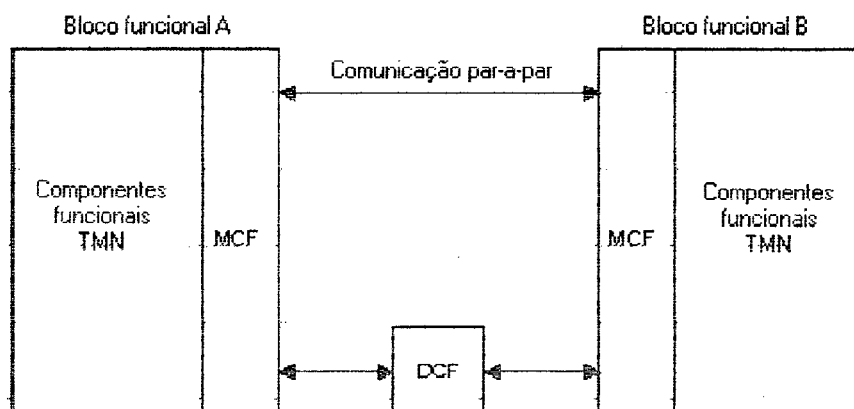


Figura 2-4 Função de Comunicação de Dados e Função de Comunicação de Mensagens

2.1.5 Resumo dos componentes TMN

A tabela a seguir sumariza a relação entre os blocos funcionais, seus componentes funcionais constituintes e funções de comunicação [3]:

Bloco Funcional	Componentes Funcionais	Funções de Comunicação
OSF	MIB(o), OSF-MAF (A/M), HMA (o)	MCFx, MCFq3, MCFf
OSF Subordinado	MIB, OSF-MAF (A/M), ICF, HMA (o)	MCFx, MCFq3, MCFf
WSF	PF	MCFf
NEFq3	MIB, NEF-MAF (A)	MCFq3
NEFqx	MIB, NEF-MAF (A) (o)	MCFqx
MF	MIB (o), MF-MAF (A/M) (o), ICF, HMA (o)	MCFq3, MCFqx, MCFf
QAFq3	MIB (o), QAF-MAF (A/M) (o), ICF	MCFq3, MCFm
QAFqx	MIB (o), QAF-MAF (A/M) (o), ICF	MCFqx, MCFm

Tabela 2-5 Blocos funcionais e seus componentes

2.1.6 Conclusão

O modelo TMN, baseado no modelo de gerenciamento OSI, ao se propor como um modelo genérico para gerenciamento de redes de telecomunicações, define componentes e funcionalidades para representar os equipamentos, redes e serviços, para deles receber informações e controlá-los. A troca de informações de gerenciamento é feita através de uma rede de comunicação de dados (DCN), cujo perfil de tráfego é interessante de ser conhecido. E, mais ainda, o papel, mesmo que aproximado, dos componentes funcionais TMN na composição deste perfil. Uma das razões para tal é o bom dimensionamento da DCN, de forma que a TMN não possua limitação de recursos de comunicação para o desempenho de suas tarefas.

2.2 ANÁLISE DE TRÁFEGO

O problema de estimar as necessidades de desempenho de uma rede implica necessariamente o conhecimento das características do tráfego. Este tipo de análise não tem como primeiro objetivo determinar as causas da existência de determinado perfil de tráfego, mas sim descobrir qual seria este perfil para vários tipos de arquiteturas, topologias, protocolos e aplicações de rede.

Modelos de tráfego costumam ser usados para sua melhor compreensão. Com eles pretende-se representar estatisticamente o tráfego a partir de alguns parâmetros. A sua confrontação com a realidade das medições dita sua adequação ou não a um caso em particular. O objetivo é, além de descrever o tráfego, incrementar a previsibilidade sobre o comportamento deste.

A escolha de um modelo se baseia em medições de tráfego real, e na realização de testes com relação a alguns parâmetros estatísticos. Também se leva em conta o enfoque dado, que pode ser em fluxos originados ou terminados em um nó, ou no tráfego como um todo (sem identificação da origem ou destino).

As análises costumam serem feitas sobre as PDUs do protocolo da camada física, porque, para fins de desempenho, deles dependem todos os protocolos das camadas superiores. Obviamente as aplicações geradoras de tráfego terão influência direta sobre o perfil deste, porém não se podem tirar conclusões satisfatórias (ou sequer válidas) olhando-se apenas as PDUs de um protocolo de camada superior, já que este está sujeito às variações do acesso ao meio. Em resumo, uma PDU da camada física não tem sua velocidade de transmissão influenciada pela máquina de protocolo de uma camada superior, mas o contrário não é verdade.

2.2.1 Modelo exponencial ou Poisson

Originado de análises de redes de telefonia, o modelo exponencial estipula que os tempos de chegada dos pacotes sejam Poisson e independentes, e os tamanhos das

mensagens estejam exponencialmente distribuídos. Quer dizer, aplicando este modelo a uma rede de computadores, prediz-se que os pacotes não estejam correlacionados.

A hipótese de independência de eventos no modelo Poisson parte de uma constatação do mundo real: eventos que dependem da vontade de uma pessoa, como no caso de chamadas telefônicas, não podem estar correlacionados. Isto significa que não existe nenhuma influência entre os provocadores dos eventos. Aproveitando o exemplo, os tempos entre chamadas telefônicas, e a suas durações, foram modelados com grande sucesso usando Poisson.

Uma forma de descobrir se um processo de chegada é exponencialmente distribuído utiliza um histograma logarítmico. Como a probabilidade é uma função exponencial, o logaritmo das probabilidades seria uma função linear, e o histograma mostraria uma reta decrescente. Outra condição a ser satisfeita é a função de correlação deste processo ser nula.

Os primeiros estudos sobre tráfego de dados indicavam que as fontes de tráfego em redes de comunicação eram, por natureza, comumente por rajadas. Quer dizer, sequências relativamente curtas são seguidas por longos períodos de ociosidade. Durante os anos 70 e 80, estes estudos sugeriram as seguintes pressuposições sobre fontes de dados:

1. Os tempos entre chegadas de mensagens geradas por uma fonte de dados externa são exponencialmente distribuídos (cada fonte funciona como um processo Poisson). Assim seja $G(i)$, $i=1,2,\dots,N$ uma variável aleatória representando os tempos entre chegadas de mensagens geradas pela i -ésima fonte.
2. O comprimento de mensagens geradas por uma fonte externa são exponencialmente distribuídos. Seja $H(i)$, $i=1,2,\dots,N$ uma variável aleatória representando o comprimento de mensagens geradas pela i -ésima fonte.
3. Processos descritos pelas variáveis aleatórias $G(i)$ e $H(i)$ são estacionários e independentes.

Como consequência destas suposições, o tráfego agregado, numa rede com muitas fontes de tráfego, se tornaria cada vez mais suave com o aumento no número destas fontes. Parâmetros estatísticos, como média e variância, poderiam ser obtidos através de métodos derivados de teoria das filas. Finalmente, a suposição 3 não é realista, porque uma mensagem vinda de uma fonte não pode ocorrer antes de que a mensagem anterior tenha sido totalmente enviada (há uma dependência entre o tempo entre chegadas e o comprimento das mensagens) [5]

Alguns serviços de rede dependem da iniciativa de usuários para serem usados, ou seus acessos estão sujeitos a eventos aleatórios. Neste caso, o modelo Poisson parece ser adequado para descrever os processos de chegadas de unidades de dados do protocolo gerados neste tipo de transação. No entanto, deve-se levar em consideração que, uma vez iniciada uma transação, há correlação entre as unidades de dados que a compõem. Como exemplo, o acesso a um terminal remoto gera fluxos de informação no sentido servidor-terminal que dependem de comandos enviados previamente em sentido contrário. Outro exemplo importante é a transferência de arquivos, que comumente são maiores que as MTUs (*Maximum Transmission Unit – Máxima Unidade de Transmissão*) do protocolo da camada física, o que implica suas fragmentações em várias unidades de dados, sendo estas enviadas em sequência e, portanto, relacionadas entre si.

Vários estudos sobre processos de chegadas formados pelos pacotes em redes de computadores apontam a não aplicabilidade do modelo Poisson para descrevê-los [15][4] Porém, alguns destes estudos indicam também casos em que os processos formados pelos tamanhos dos pacotes podem ser descritos por distribuições exponenciais, havendo correlações de muito curta distância [11].

2.2.2 Modelo Trem de Pacotes (ON/OFF)

O modelo Trem de Pacotes, proposto em 1986 por Raj Jain e Shawn Routhier, assume que os pacotes viajam juntos. Ele parte de uma análise baseada em fonte ou destino, em que grupos de pacotes indo para, ou vindo de, um mesmo nodo formam um *trem*. Um par fonte-destino é chamado de *trilha*. O tempo entre chegadas destes pacotes

é menor que um valor máximo, denominado *Intervalo Máximo Permitido Entre Carros* (*MAIG – Maximum Allowed Inter-car Gap*). O tempo entre trens é o tempo entre o último pacote de um trem, e o primeiro de outro [4].

Em contraste com a pressuposição de que não há dependência entre os pacotes, expressa pelo modelo exponencial, o modelo trem de pacotes aponta haver entre estes uma dependência de curta distância. Trens de pacotes fluem em ambas direções. Sequências de pacotes viajando em uma direção podem estar relacionadas com sequências indo na direção contrária. Protocolos tipo pedido-resposta (ex: HTTP, FTP) são os causadores.

É importante frisar que o modelo de trem de pacotes se aplica somente em análises de pacotes originados de, ou indo para, um mesmo nodo. E, ao contrário de processos tipo Poisson, trens não são aditivos – a soma de um número de trens não é um trem [5].

Análises por modelo exponencial tratam os pacotes como caixas-pretas, sem fazer distinção pela origem ou destino dos pacotes. O modelo de trem de pacotes procura aproveitar esta informação. Pacotes em trilhas diferentes são independentes, mas pacotes na mesma trilha podem estar relacionados [4].

A análise de tráfego usando este modelo trata de dividi-lo em processos de chegadas entre pares de nodos, ou em um nodo. Para cada processo, identificam-se trens supondo um determinado MAIG – que, por exemplo, pode ser escolhido baseando-se nos tempos entre chegadas abaixo dos 90 percentis. Considerando-se apenas os pacotes dentro dos trens, calculam-se os parâmetros estatísticos (média, coeficiente de variação, e função de autocorrelação, que mostra a relação entre um elemento de uma série temporal com outro elemento anterior da mesma série) [4].

Este modelo surgiu através de experiências com grandes amostragens em um conjunto de LANs no MIT (Massachusetts Institute of Technology) [RS86]. Os resultados dos experimentos que levaram ao modelo podem ser creditados às características dos serviços usados em redes de computadores modernas. Estes geralmente geram mensagens maiores que as MTUs do protocolo da camada física, e são orientados para a arquitetura cliente-servidor.

2.2.3 Modelo Auto-Similar

Em 1993, Ashok Erramilli e W. Willinger propuseram um novo modelo baseado em análises de tráfego de redes Ethernet. Neste modelo, revelava-se a natureza auto-similar do tráfego, em que os processos estocásticos formados pelos intervalos entre chegadas de pacotes possuem memória longa (*long-memory processes*), e um grau de fractalidade. Hoje em dia se identificou auto-similaridade em outros tipos de comunicação além de Ethernet, como ATM, ISDN, Token Ring e SS7.

O modelo auto-similar pretende revelar o comportamento do tráfego ao nível de pacote. Ele não se importa com a origem ou destino dos pacotes, mas com a simples existência destes ao longo do tempo, em um dado pedaço de uma rede. A taxa de utilização da rede, qualificada além de um simples razão entre número de pacotes e tempo, como uma descrição da ocupação do espaço através de uma dimensão fractal, torna-se uma das primeiras informações retornadas por este modelo, assim como a quantificação da correlação entre os pacotes como um todo.

Estudos recentes têm demonstrado que, em escalas de tempo de interesse, o tráfego exibe muitas das propriedades que definem um processo fractal, como:

- *Auto-similaridade*: Leland e Wilson [8] foram os primeiros a notarem a aparente auto-similaridade do tráfego Ethernet, o que foi rigorosamente estabelecido por Leland e outros em 1993 [9]. Auto-similaridade refere-se a estruturas tipo “rajadas dentro de rajadas” observadas em uma ampla faixa de escalas de tempo (10 ms a horas).
- *Densidades de tempos entre chegadas “heavy tailed”*: Os tempos entre chegadas no tráfego real contrastam com os modelos teóricos, que predizem um decaimento exponencial, exibindo um decaimento muito mais lento. Na prática, isto significa que os tempos entre chegadas podem ocorrer em várias escalas de tempo, ao contrário pelo predito pelos modelos teóricos, que impõem uma faixa de escalas de tempo limitada. As distribuições tipo “heavy tailed”, com decaimento ditado por uma lei de potência, indicam que

há uma probabilidade não desprezível de ocorrência de valores muito além da média.

- *Momentos infinitos*: Uma consequência do decaimento em lei de potência do tempo entre chegadas é a não existência de alguns momentos (como média e variância) acima de determinada ordem.
- *Variâncias com decaimento lento*: Em processos de tráfego convencionais, a variância da média aritmética de uma amostragem de tráfego decai inversamente com o tamanho da amostra, o que não ocorre em amostragens de tráfego Ethernet, ISDN e VBR, como constatado por Erramili e Willinger [EW93]
- *Dependência de longa distância*: As correlações entre pacotes podem existir em várias escalas de tempo, ao contrário do que ocorre em tráfego convencional, em que decaem exponencialmente.
- *Dimensões fractais*: Tráfego real apresenta dimensões fractais, em contraste com tráfego convencional, que possui dimensão unitária.
- *Ruído 1/f*: Uma manifestação no domínio da frequência da dependência de longa distância. O espectro de potência dos processos de tráfego real diverge em baixas frequências, ao contrário do que modelos teóricos amplamente usados predizem (plano em baixas frequências).

Outro ponto interessante é a observação de que a natureza dos congestionamentos causados por tráfego real difere drasticamente daquela predita por modelos convencionais.

Estudos recentes têm indicado que o modelo trem de pacotes, quando aplicado a redes com vários nodos, podem gerar um tráfego resultante que converge para o modelo auto-similar [5]. Este fato foi demonstrado teoricamente em [16].

Vários métodos existem para a identificação, análise e geração de tráfego auto-similar: mapas caóticos, movimentos brownianos fracionários (FBM) e modelos de processos de renovação de taxa zero [10].

Um método simples para identificar tráfego auto-similar é explicado em [5].

Seja X um processo estocástico formado pelos números de ocorrências de pacotes por unidade de tempo, $X = (X_t : t = 0, 1, 2, \dots)$, com média $\mu = E[X_t]$, variância $\nu = E[(X_t - \mu)^2]$, função de auto-covariância $\gamma_k = \text{cov}(X_t, X_{t+k}) = E[(X_t - \mu)(X_{t+k} - \mu)]$, $k = 0, 1, 2, \dots$, e denote-se $\nu = \gamma_0$. A função de autocorrelação à distância k se chama ρ_k , e, por definição, $\rho_k = \gamma_k / \gamma_0$.

Seja o processo $X^{(m)} = (X_j^{(m)} : j = 1, 2, 3, \dots)$, para cada $m = 1, 2, 3, \dots$, um novo processo estocástico obtido tirando-se a média de blocos não-sobrepostos de tamanho m do processo X . Para este novo processo, há a variância ν_m , a auto-covariância $\gamma_k^{(m)}$ e auto-correlação $\rho_k^{(m)}$. Chama-se este procedimento de *agregação*, e por conseguinte o tráfego descrito pelo novo processo se denomina *tráfego agregado*. Como consequência:

$$\nu_m = \nu/m + 2/m^2 \sum_{s=1}^{m-1} \sum_{k=1}^s \gamma_k \quad (1)$$

Este processo estocástico é dito possuidor de dependência de longa distância se $\sum_k \gamma_k \rightarrow \infty$, o que implica:

$$m\nu_m \rightarrow \infty \quad \text{para } m \text{ grande} \quad (2)$$

Para este tipo de processo, tem-se como consequência:

$$\begin{aligned} \rho_k^{(m)} &\rightarrow \rho_k & \text{para todo } m, k \geq 0 & \quad (3) \\ \nu_m &= \nu m^{-\beta} \end{aligned}$$

O que significa que os processos X e $X^{(m)}$ possuem estrutura de correlação idêntica.

Da última equação tira-se o coeficiente de Hurst:

$$H = 1 - \beta/2 \quad (4)$$

Tal coeficiente é usado para caracterizar o processo estocástico da seguinte forma:

- Para $1/2 < H < 1$, o processo possui dependência de longa distância.
- Para $H \leq 1/2$, o processo possui dependência de curta distância ou independência.

Para a obtenção do parâmetro H a partir de dados experimentais, usa-se mais comumente gráfico log-log de $\nu_m \times m$, calculando-se a melhor reta que passe pelos pontos e usando-se seu coeficiente angular ($-\beta$) para calcular H .

2.2.4 Tipos de tráfego envolvidos em TMN

Entre os blocos funcionais podem ocorrer basicamente cinco tipos de transações:

CATEGORIA	DESCRIÇÃO
1. Operações de gerência	pequenas mensagens com raras sequências
2. Transferências de arquivos	mensagens extensas, com grandes sequências
3. Transferências contínuas	pequenas e grandes mensagens, com possíveis correlações, separadas por curtos períodos de tempo
4. Granularizadas (não gerência)	pequenas e grandes mensagens, com possíveis correlações

Tabela 2-6 Categorias de tráfego em TMN

Cada uma das interfaces padronizadas TMN comporta um subconjunto destes cinco tipos básicos. Aproveitando-se a numeração acima, listam-se na tabela a seguir os tipos por interface:

Interface	Tipos de transação
q3	1, 2, 3
qx	1, 2, 3
f	4
m	1, 2, 3
x	1, 2, 3, 4

Tabela 2-7 Interfaces padronizadas e categorias de tráfego

2.2.5 Conclusão

A modelagem do tráfego permite o conhecimento estatístico deste. Usando-se das ferramentas analíticas descritas neste capítulo, podem-se obter distribuições

representativas dos processos estocásticos formados pelos tempos entre chegadas dos pacotes. Estas distribuições, se possível obtê-las, são as informações mais valiosas na caracterização da carga a que se submete uma rede de gerência. Usando-as para alimentarem modelos de simulação, torna-se factível a realização de experimentos, e, com os resultados destes, a avaliação de desempenho da rede em estudo.

2.3 SIMULAÇÃO

Simulação se refere a uma ampla coleção de métodos e aplicações para imitar o comportamento de sistemas reais, geralmente em um computador com software apropriado. A aplicação prática imediata da simulação é permitir a criação de modelos que contenham as características essenciais desejadas de um sistema a ser estudado, e realizar experimentos a fim de melhor entender ou avaliar tal sistema [12].

Entre as ferramentas usadas para a realização de experimentos com sistemas em geral (sejam computacionais, científicos, manufatura ou outros), pode-se dizer que a simulação está em um ponto médio. Isto leva em conta o custo dos experimentos e a precisão dos resultados. Modelagens analíticas oferecem baixo custo, mas precisão (ou mesmo validade) insatisfatórias na maioria dos casos, dadas as simplificações necessárias para construção do modelo analítico. Experimentos com sistemas reais oferecem bons resultados, porém a um alto custo, dado que se deve construir, ou reservar para uso exclusivo, o sistema a ser experimentado. A simulação permite a criação de modelos que capturem os detalhes desejados para análise, a experimentação em escalas de tempo lógicas, e a relativamente fácil criação de cenários hipotéticos para os experimentos.

No entanto, para alguns autores, modelos de simulação costumam falhar (não produzem resultados satisfatórios). Segundo eles, isto é causado tanto porque os desenvolvedores dos modelos são bons programadores, mas sem uma boa formação em estatística, ou o contrário [13]. Isto não impede que se considere a simulação uma escolha vantajosa, pois já muitos estudos e metodologias têm sido desenvolvidos a fim de auxiliar a modelagem e experimentação.

2.3.1 Características de simulação

Podem-se classificar os modelos de simulação em relação a alguns aspectos [12][13]:

- **Evolução no tempo:** Para alguns modelos, ditos *estáticos*, o tempo não tem um papel importante. No entanto, para a maioria dos sistemas de interesse, o tempo é uma variável chave, e seus modelos são chamados de *dinâmicos*.
- **Tempo contínuo ou discreto:** Quando o estado do sistema está definido para todos os instantes de tempo, diz-se ser um modelo com *tempo contínuo*. Se o estado do sistema estiver definido apenas em determinados instantes, tem-se um modelo com *tempo discreto*.
- **Eventos discretos ou contínuos:** Dependendo se as variáveis de estado forem contínuas ou discretas, o modelo será classificado como de *eventos contínuos* ou *discretos*. Isto não tem relação com a continuidade em relação ao tempo, explicada no item imediatamente anterior.
- **Linearidade:** Se a saída for uma função linear da entrada, o modelo é dito *linear*. Do contrário, é classificado como *não-linear*.
- **Aberto ou fechado:** Se as entidades são geradas por fontes externas e independentes do modelo, este é dito *aberto*. Senão é *fechado*.
- **Estabilidade:** Se o comportamento dinâmico do modelo tende a entrar em regime estacionário, à medida que evolui no tempo, tem-se um modelo *estável*. Um modelo cujo comportamento está continuamente em mutação se chama *instável*.
- **Previsibilidade:** Modelos que são alimentados com dados aleatórios denominam-se *estocásticos*, e experimentos repetidos com estes modelos não retornam exatamente os mesmos resultados. Modelos *determinísticos* não são alimentados por dados aleatórios, e seus experimentos retornam sempre os mesmos resultados. Os modelos de simulação em geral possuem componentes estocásticos e determinísticos.

2.3.2 Técnicas de simulação

A criação de modelos de simulação, e a realização de experimentos, pode ser realizada através de algumas técnicas. A evolução dos conhecimentos sobre simulação tende a tornar algumas técnicas ultrapassadas, ou pouco populares. As três aqui apresentadas estão em ordem cronológica de surgimento, sendo as mais recentes comumente as escolhidas.

2.3.2.1 Programação com Linguagens de Propósito geral

Com o desenvolvimento de linguagens de programação como *FORTRAN*, na década de 50, iniciou-se a criação de modelos para a simulação de sistemas razoavelmente complicados. Por exemplo, a simulação das transições entre estados energéticos de moléculas.

Os modelos desenvolvidos desta forma eram muito trabalhosos. Praticamente todo o simulador – que é a parte responsável por oferecer e gerenciar recursos e funcionalidades necessários para a simulação – precisava ser implementada. Isto dispndia uma grande dose de trabalho e depuração, e tornava o desenvolvimento do modelo demorado. Em compensação, havia grande flexibilidade na confecção dos modelos [12].

Com o tempo, recursos básicos de simulação, como relógio de simulação e escalonador de eventos, passaram a estar disponíveis em pacotes ou bibliotecas específicos para determinadas linguagens de propósito geral. Alguns exemplos são *Hase++*, para C++, e *SimJava*, para a linguagem *Java* (este bem recente).

2.3.2.2 Linguagens de Simulação

Para preencher o vácuo causado pela ausência de um ambiente exclusivo para o desenvolvimento de modelos de simulação, foram criadas linguagens de simulação como *GPSS*, *SIMSCRIPT*, *SLAM* e *SIMAN*. Estas se tornaram muito populares, e continuam em uso. Ainda na atualidade algumas novas linguagens de simulação têm sido desenvolvidas, como *Parsec*, do *UCLA Parallel Computing Laboratory*, e *ModSim*, da *CACI Products Company*.

Linguagens de simulação dispõem de facilidades para suprir necessidades comuns a todos os modelos de simulação. Entre elas, avanço do tempo (relógio de simulação), escalonamento de eventos, manipulação de entidades, geração de números aleatórios, coleta de dados estatísticos e geração de relatórios. Com isto, os desenvolvedores podem gastar mais tempo em questões específicas do sistema a ser modelado [13]. O desenvolvedor ainda está sujeito às idiossincrasias destas linguagens, como detalhes sintáticos, funcionalidades oferecidas e métodos para usá-las eficazmente [12].

2.3.2.3 Simuladores de alto-nível

Simuladores de alto-nível são ferramentas que oferecem um ambiente para o desenvolvimento e execução de modelos de simulação. Através de programação visual, o desenvolvedor monta o modelo através de componentes do simulador. A grande facilidade relativa de desenvolvimento com este tipo de ferramenta é contraposta a geralmente baixa flexibilidade na construção dos modelos [12].

Um destes simuladores, evoluído da linguagem de simulação *SIMAN*, criada pela *Systems Modeling*, é o *Arena*. *Arena* apresenta a primeira vista uma interface para programação visual, com vários blocos disponíveis para a confecção de modelos. Sua funcionalidade não se limita a este aspecto, pois permite-se que se desça o nível de abstração, chegando-se possibilidade de escrever partes do modelo em *SIMAN* ou

mesmo numa linguagem de programação de propósito geral (por enquanto, apenas *Visual Basic*).

Outro simulador muito popular, e dedicado à área de computadores, chama-se *Comnet*. Desenvolvido pela *CACI Products Company*, oferece um ambiente gráfico e variados componentes predefinidos, usando o paradigma de orientação a objetos.

Finalmente, alguns outros simuladores acadêmicos podem ser encontrados via Internet. Como exemplo, tem-se o *REAL*, da Cornell University, originalmente desenvolvido para o estudo do comportamento dinâmico de esquemas de controle de fluxo e congestionamentos em redes comutadas por pacotes. *REAL* simula uma rede a partir de um cenário, que descreve a topologia, protocolos, carga e parâmetros de controle, produzindo estatísticas relativas a número de pacotes enviados, perdidos e retransmitidos, e tempo de espera em filas. Sua construção é modular, e, sendo um software de código aberto, pode ser estendido com novos módulos.

2.3.3 Conclusão

Simular algum sistema, como já dito anteriormente, ajuda a compreender seu comportamento. Isto é essencial para seu dimensionamento e aperfeiçoamento. Um modelo adequado, que represente as características importantes de um sistema em estudo, em desenvolvimento ou avaliação, pode auxiliar e muito nesta tarefa de procura de uma configuração ótima para uma determinada situação.

3 CARACTERIZAÇÃO DO TRÁFEGO EM TMN

3.1 Introdução

Conforme explanado no capítulo 2, o necessário conhecimento da utilização dos recursos de comunicação em redes de computadores implica a modelagem do tráfego. Um profundo panorama das comunicações em redes pode ser obtido dos processos estocásticos formados pelos tempos de chegadas e tamanhos das unidades de dados de protocolo que fluem entre os nodos. Assim sendo, o estudo da carga a que a gerência TMN submete sua rede envolve inicialmente a definição de modelos para o tráfego.

A caracterização do tráfego neste trabalho objetiva seu uso em avaliação de desempenho através de simulação. Desta forma, poder-se-ão compor modelos de simulação de redes de gerência, testando-se seus comportamentos frente a variados cenários. Para enriquecer as possibilidades de cenários, seria ideal a capacidade de combinar diferentes tipos de fontes de tráfego. A cada fonte, definida por uma das categorias de transações explicadas no capítulo 2, estaria associado um conjunto de possíveis modelos de tráfego

3.2 Qualificação das categorias de transações

As categorias de transações devem ser qualificadas de forma a orientar a escolha do modelo de tráfego mais apropriado. Algumas perguntas podem ser feitas a respeito das características das transações:

- Quem são os eventos iniciadores das transações ? O que rege tais eventos ?
- Há rajadas durante as transações ? Caso sim, qual a dependência em relação à escala de tempo ?

- Qual a correlação entre as unidades de dados de protocolo ? E o respectivo decaimento de sua variância ?
- Qual a demanda por comunicação em cada sentido das transações ?
- As transações se compõem de mais de uma conexão ? Caso sim, aplicam-se também a estas as perguntas acima.

Estas perguntas podem ser respondidas, ou terem respostas estimadas, a partir da análise qualitativa dos protocolos e aplicações envolvidas. Algumas ferramentas matemáticas auxiliam o estudo dos processos de chegadas, como histogramas, gráficos de auto-correlação, gráficos da variância em função do índice de agregação e coeficiente de Hurst.

3.2.1 Operações de gerência

As operações de gerência, realizadas através do protocolo CMIP, são caracterizadas por curtas mensagens. A predominância costumeiramente se dá no sentido do elemento de rede para o sistema de operação, através de notificações de eventos, pois atualmente o gerenciamento ainda tem se focado essencialmente em obter informações dos equipamentos, não sendo comum o efetivo uso do paradigma de gerência TMN para seu controle. Assim, operações de obtenção ou mudança de atributos, que podem ser desencadeadas por operadores ou eventos, são menos freqüentes. Enfim, o perfil de utilização das operações de gerência dependerá da aplicação.

Apesar das dificuldades de acesso a sistemas onde seja utilizado CMIP, pode-se fazer um prévio estudo sobre o possível comportamento do tráfego associado a este protocolo. Como CMIP possui operações confirmadas, não-confirmadas, e ainda a capacidade de operações sobre múltiplos objetos (com conseqüentemente múltiplas respostas), torna-se factível a criação de um pequeno modelo de simulação voltado para o registro de trocas de PDUs. Desta forma, não interessa o contexto da aplicação de gerência, mas sim os cenários compostos por velocidade e topologia da rede, e

frequências das operações e suas variações. Este modelo, implementado no simulador de alto-nível Arena, da Systems Modeling, está representado na figura abaixo.

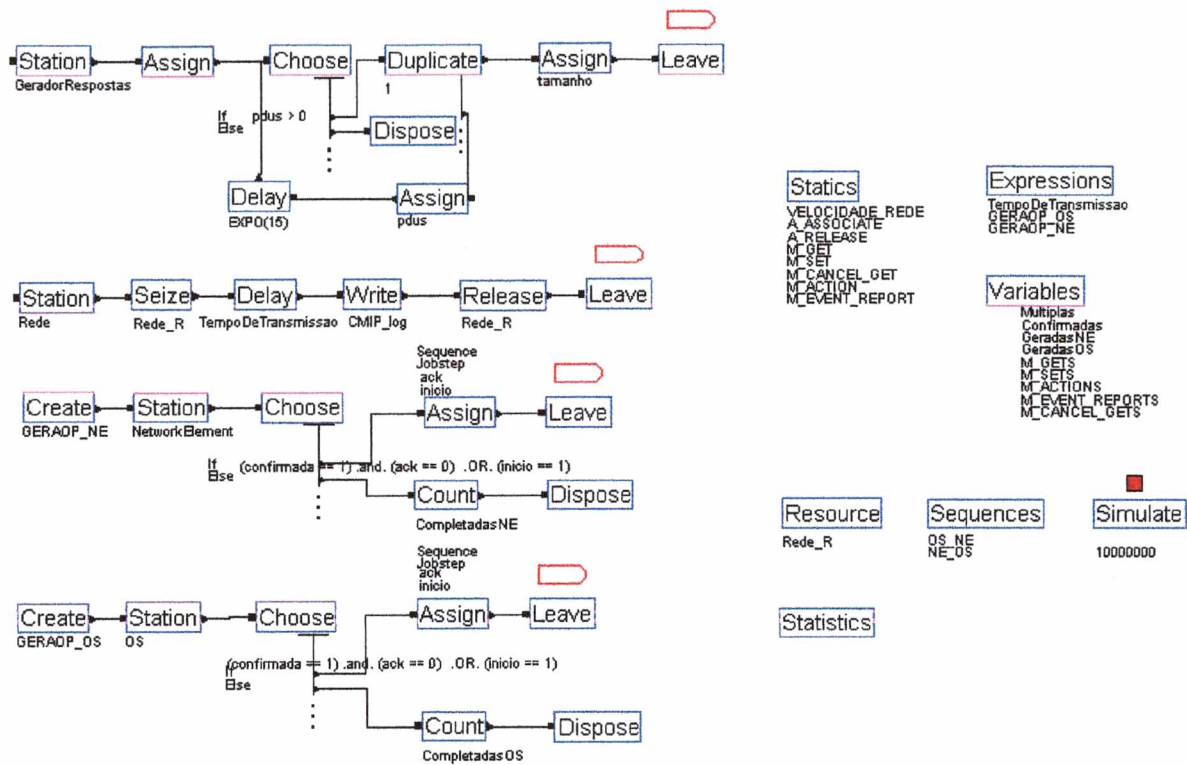


Figura 3-1 Modelo de simulação do protocolo CMIP

No modelo há um OS e um NE, ambos com suas distribuições de operações a emitir. A rede é um recurso de capacidade unitária, cujo tempo de alocação é dado pela razão entre o tamanho da PDU e sua velocidade. As rotas que seguem as entidades, que representam as PDUs, são estabelecidas por sequências. Um gerador de respostas cuida de enviar respostas simples ou múltiplas, como for apropriado. Tanto OS quanto NE enviam confirmações de operações, quando solicitado. Os parâmetros usados para confeccionar os cenários podem ser definidos através de expressões e valores estáticos (blocos *Expressions* e *Statics*).

Quatro cenários foram criados:

Velocidade (bps)	Operações OS	Operações NE	Confirmações
19200	EXPO(5)	EXPO(2)	50 %
9600	EXPO(5)	EXPO(2)	50 %
9600	EXPO(5)	EXPO(1)	50 %
9600	EXPO(5)	EXPO(1)	100 %

Tabela 3-1 Cenários para experimento de simulação do CMIP

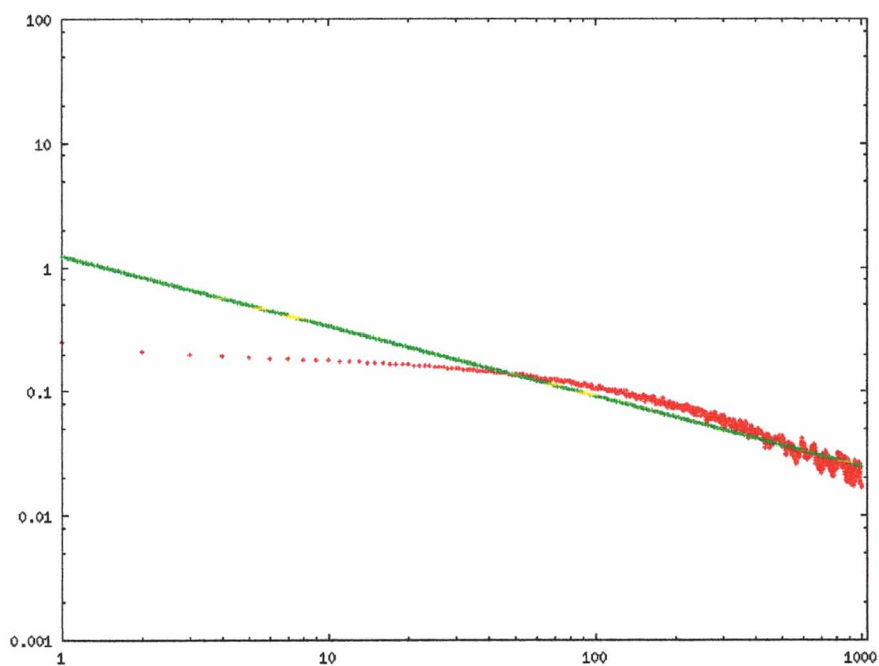


Figura 3-2 Decaimento da variância para cenário 1

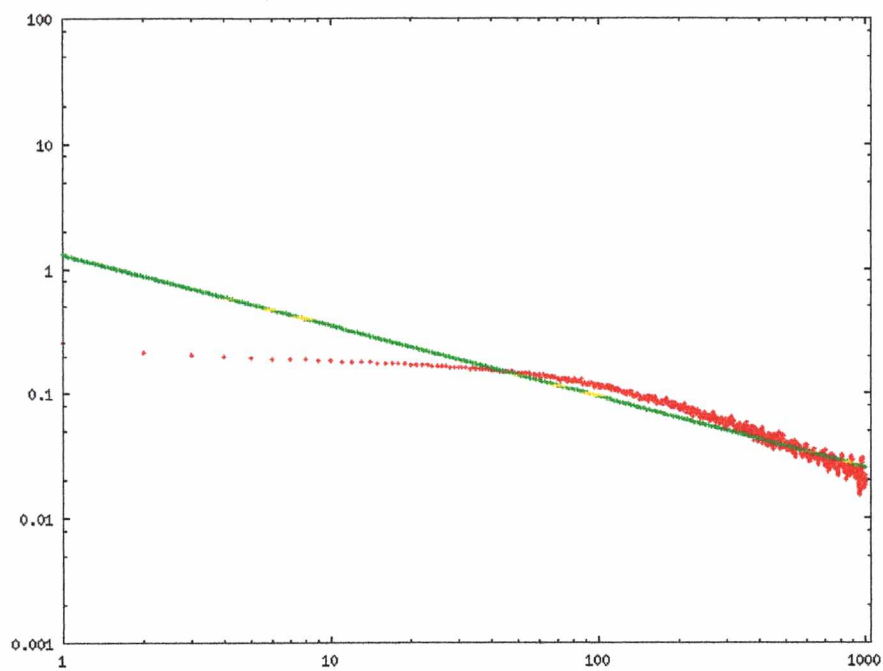


Figura 3-3 Decaimento da variância para cenário 2

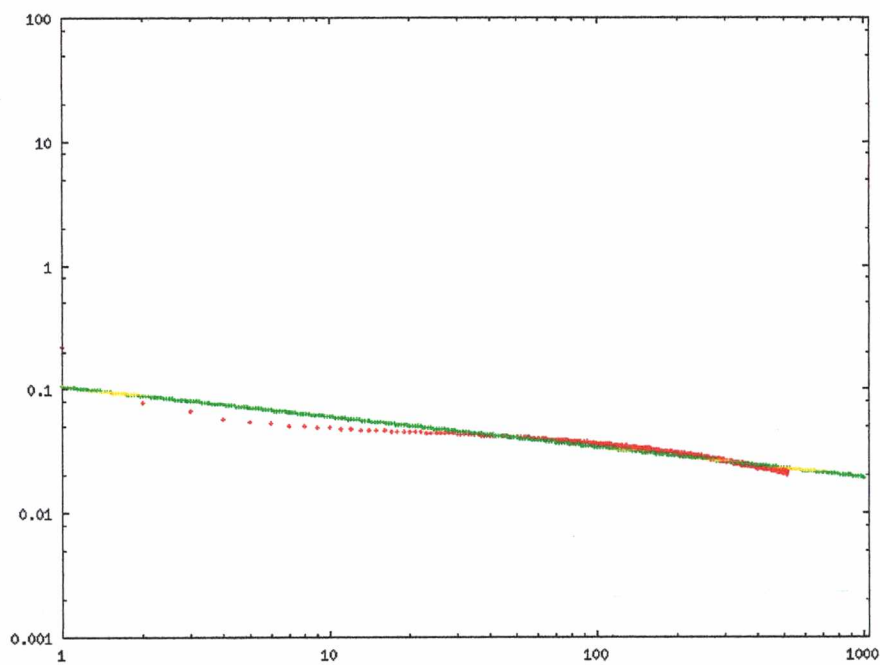


Figura 3-4 Decaimento da variância para cenário 3

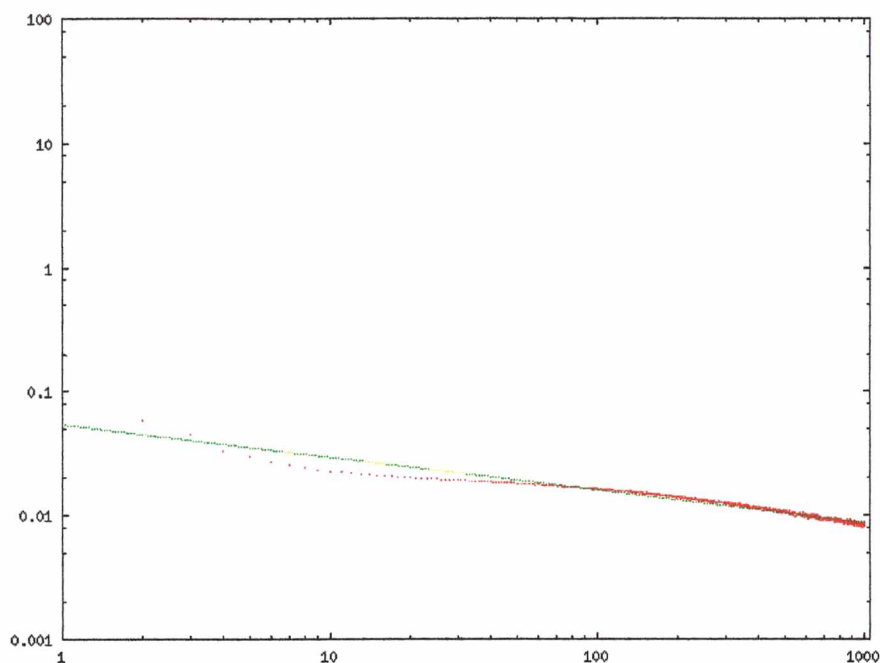


Figura 3-5 Decaimento da variância para cenário 4

O modelo foi executado para cada um destes cenários, para um tempo de simulação total de 10000 s. Dos registros de tempos de ocorrências de cada execução foram calculados os processos agregados, e feito o gráfico da variância pelo índice de agregação.

Começando acima, à esquerda, tem-se o gráfico da variância pelo índice de agregação para o cenário 1, à direita para o cenário 2, embaixo à esquerda para o cenário 3, e à direita para o cenário 4. Os respectivos coeficientes de Hurst são 0.71, 0.72, 0.84 e 0.86.

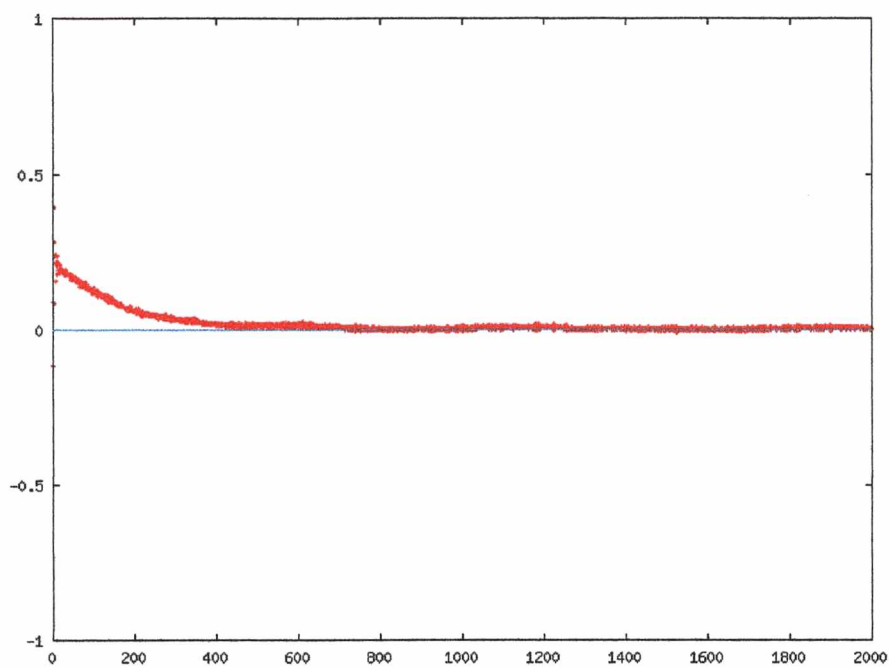


Figura 3-6 Função de auto-correlação para cenário 1

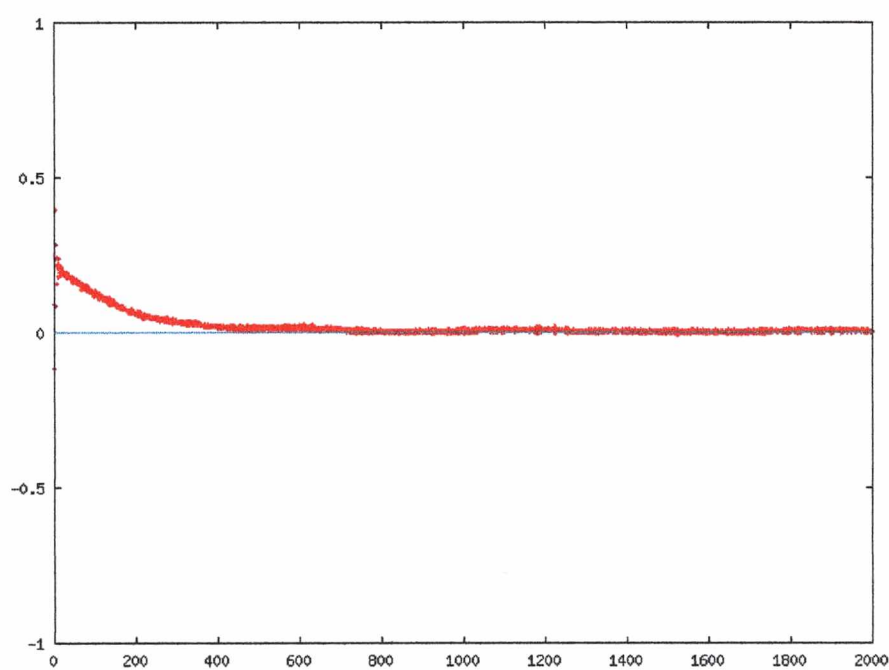


Figura 3-7 Função de auto-correlação para cenário 2

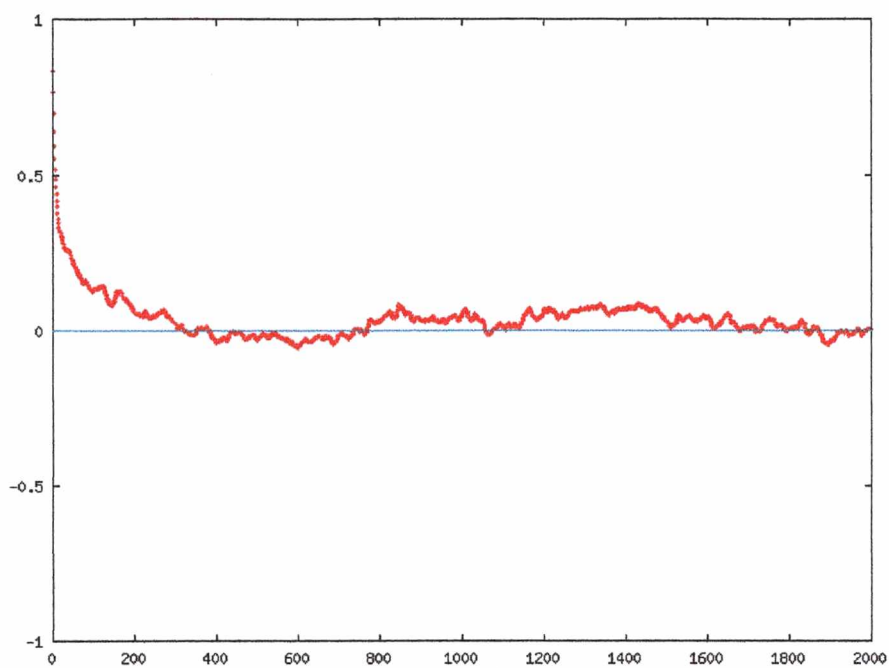


Figura 3-8 Função de auto-correlação para cenário 3

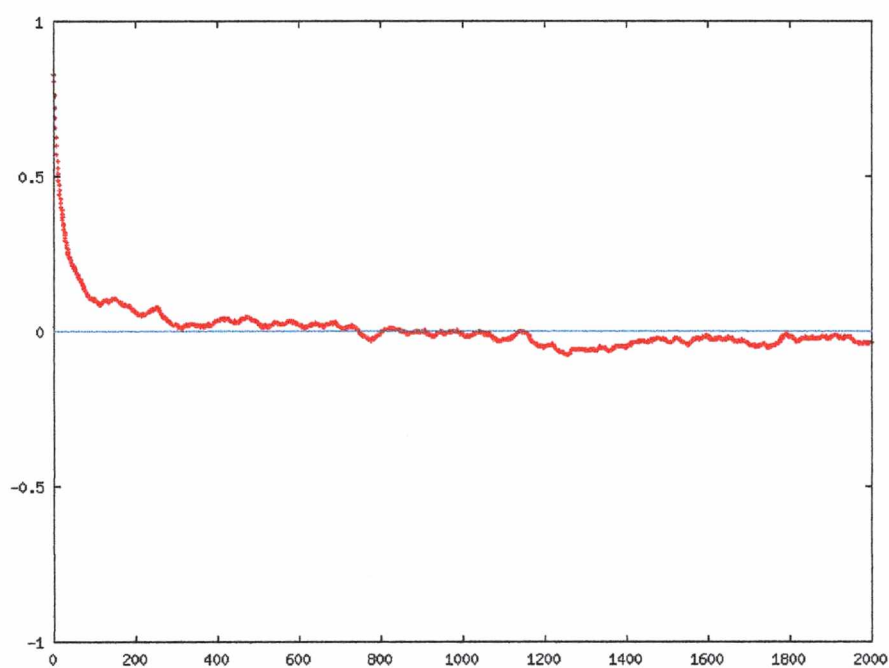


Figura 3-9 Função de auto-correlação para cenário 4

Os gráficos acima, cujas abscissas possuem unidades de 200 ms, revelam o rápido decaimento da auto-correlação em todos os quatro cenários. No entanto, nos

cenários 3 e 4 a auto-correlação não converge tão rapidamente para zero quanto nos cenários 1 e 2. Além disto, o coeficiente de Hurst para os cenários 3 e 4 é significativamente maior que o dos cenários 1 e 2. A diferença entre os dois grupos de cenários é a frequência de emissão de operações pelo NE.

Estas simples experiências indicam uma possível auto-similaridade no tráfego inerente ao CMIP. No entanto, dada a obtenção desta evidência através de simulação, que envolve um número de hipóteses simplificativas, ela carece de validação. Ainda assim, dadas as características do protocolo, e da natureza das aplicações de gerência, que devem tomar atitudes a partir de eventos, pode-se afirmar que há um possível grau de auto-similaridade neste tipo de fonte de tráfego. Estudos posteriores com medições em sistemas reais poderiam confirmar este indício, e auxiliar na escolha de um modelo de tráfego auto-similar adequado a esta categoria de fonte.

3.2.2 Transferências de arquivos

Transferências de arquivos são casos clássicos de aplicação do modelo trem de pacotes (ON/OFF). Arquivos muito comumente são maiores que a MTU (Maximum Transmission Unit) das PDUs da camada de enlace, sendo transmitidos então por uma sequência de PDUs. O tempo entre estas PDUs é muito curto em comparação com os tempos entre transferências, e corresponde ao tempo de processamento no nodo de origem necessário para preparar cada PDU para envio, o tempo de acesso ao meio físico, e à dinâmica do protocolo de transporte envolvido, que sofre influência também da capacidade de processamento do nodo destino. Assim, as PDUs que compõem o envio de um arquivo viajam em grupo, estando altamente correlacionadas.

Para modelar fontes de tráfego ON/OFF, resta obter três informações:

- A distribuição dos tempos entre chegadas das PDUs nos períodos ON.
- A distribuição do número de PDUs que compõem o período ON.
- A distribuição dos tempos de duração dos períodos OFF.

As duas primeiras distribuições são mais facilmente determinadas. Os tempos entre chegadas são consequência do overhead de transmissão, não sendo, portanto, aleatórios ou não-correlacionados. Algumas simples experiências com transmissões de arquivos de tamanhos variados, em redes com diferentes ocupações de largura de banda e tecnologias de transmissão, podem permitir determinar uma distribuição adequada com boa aproximação. O número de PDUs que compõem o período ON está diretamente relacionado com a razão entre os tamanhos dos arquivos e a MTU, e, no caso de gerência de telecomunicações, em que a transferência de arquivos predominante é a de bilhetagem de chamadas telefônicas, os arquivos costumam ter tamanho fixo.

Foram realizadas experiências com transmissões de arquivos entre dois nodos, em uma rede local ethernet, da seguinte forma:

- No nodo A foi disparado um processo que abriu sessões FTP no nodo B.
- Um arquivo de tamanho fixo foi transferido de B para A em cada sessão.
- Tempos pseudo-aleatórios, obtidos de um gerador com período $2^{31}-1$, separaram o fim de uma sessão do início da próxima.
- Um processo de amostragem (*tcpdump*) no nodo A registrou todos os quadros envolvidos nas transferências. Ao atingir 250.000 quadros, os processos foram terminados.
- O registro dos quadros transferidos foi armazenado num arquivo texto. Cada registro continha o horário de ocorrência (com precisão de 0.1 ms), os nodos de origem e destino e o tamanho.

A partir dos tempos de ocorrência, geraram-se processos com índices de agregação variando de 1 a 1000. Calcularam-se as variâncias destes processos, armazenando-se o resultado em outro arquivo. Dos pontos formados pela variância em função do índice de agregação calculou-se a melhor reta, e de seu coeficiente angular determinou-se o coeficiente de Hurst. O gráfico abaixo ilustra o resultado.

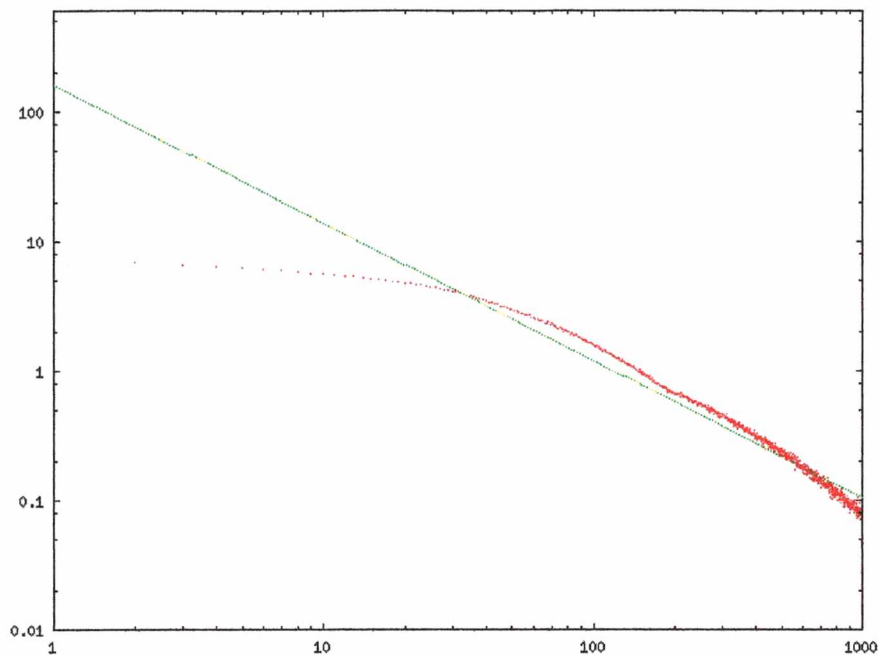


Figura 3-10 Decaimento da variância para transferências de arquivos

Para baixos índices de agregação (< 30), a variância decai lentamente, porém, acima disto, o decaimento é significativamente mais acentuado. Assim, este processo não preserva sua estrutura em diferentes escalas de tempo, sendo caracterizado por uma dependência de curta-distância. O coeficiente de Hurst (0.42), obtido da equação da melhor reta (em verde), acusa esta condição.

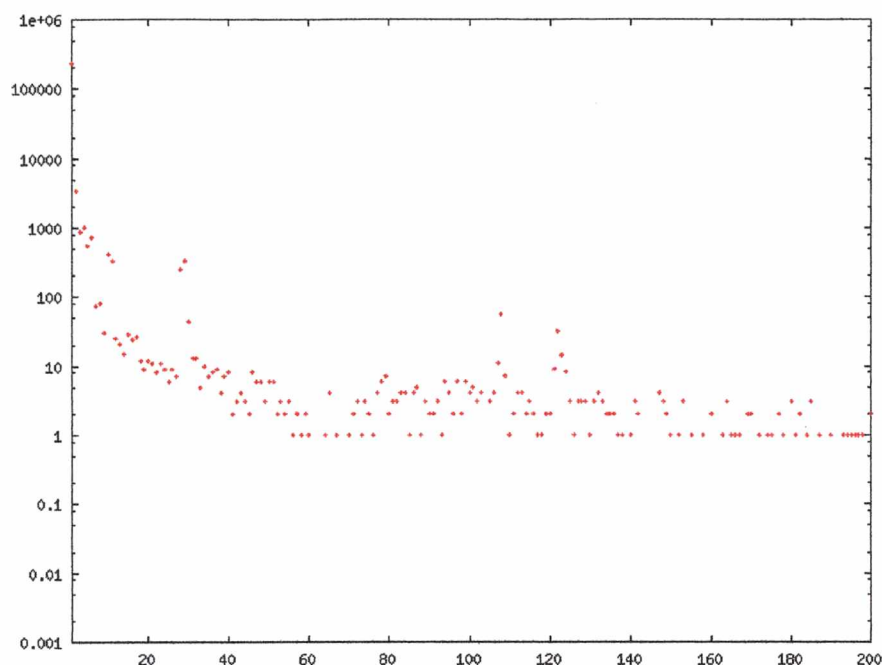


Figura 3-11 Histograma para transferências de arquivos

O histograma acima foi calculado a partir dos tempos entre chegadas das PDUs, usando intervalos de 10 ms. Nota-se o forte decaimento inicial, até o limite de aproximadamente 0.5 s, e depois breves períodos de ociosidade intercalados por atividade de média intensidade. Nitidamente se percebe que situações de rajada predominam, pois a ocorrência de PDUs separadas por tempos maiores não é desprezível.

O gráfico a seguir demonstra a função de auto-correlação deste processo para várias distâncias. Cada unidade na abscissa corresponde a 1 ms. O conjunto de pontos abaixo corresponde a um intervalo de aproximadamente 1.2 s. Valioso observar neste gráfico é a correlação ser muito baixa, a não ser para os primeiros instantes (até 0.4 s, quando se situa entre 0.1 e 0.5). Novamente, a correlação de curta-distância se sobressai indubitavelmente.

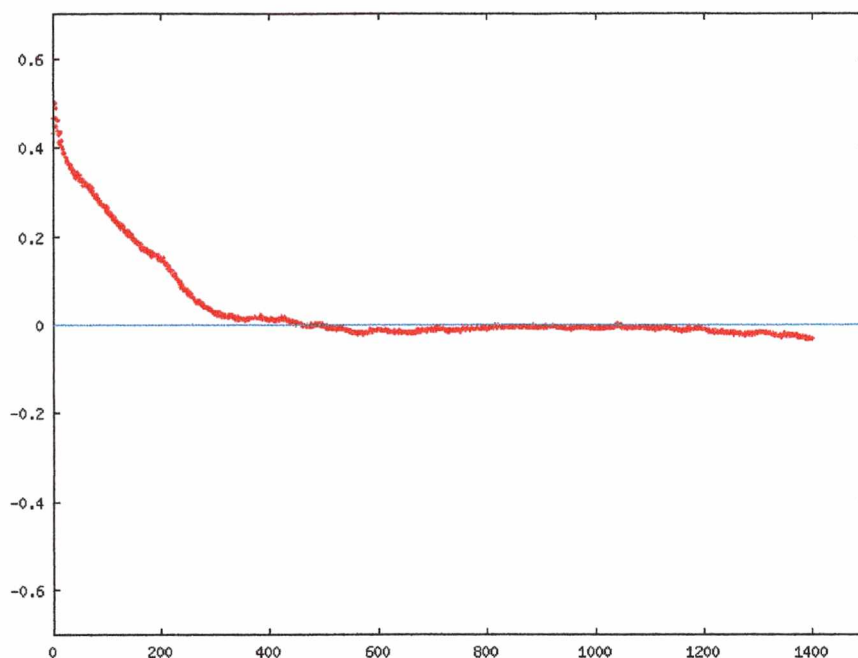


Figura 3-12 Gráfico da auto-correlação para transferências de arquivos

Outra informação interessante é a distribuição das durações dos períodos OFF. Sabe-se que a união de várias fontes de tráfego ON/OFF, cujos períodos OFF (ou ON/OFF) são descritos por distribuições com variância infinita (*heavy-tailed*), resulta em tráfego assintoticamente auto-similar [16]. Portanto, saber o perfil dos períodos OFF torna-se vital para a previsão sobre o comportamento da mistura do tráfego de várias fontes envolvidas em transferências de arquivos. No gráfico a seguir, obtido a partir da agregação do processo formado pelas durações dos períodos OFF, e em que cada unidade da abscissa equivale a 1 s, está evidenciado o forte decaimento da variância. O coeficiente de Hurst obtido (0.42) está longe de caracterizar um processo de tráfego auto-similar, porém também não acusa um processo Poisson, e sim uma correlação de curta-distância.

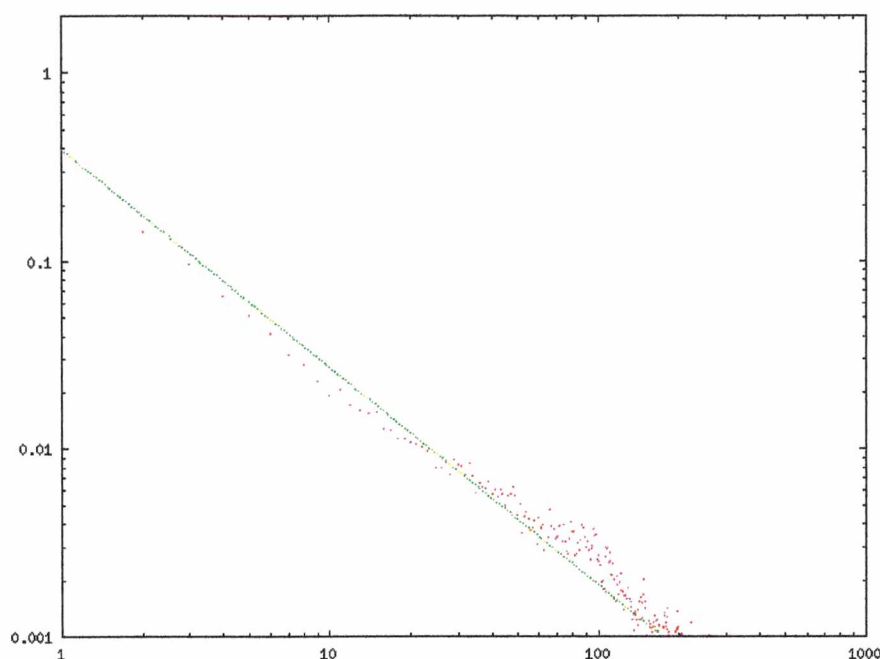


Figura 3-13 Gráfico log-log para o decaimento da variância para os intervalos OFF

A duração dos tempos dos períodos OFF está diretamente relacionada com os eventos que iniciam a transmissão dos arquivos. Retomando o fato de que a bilhetagem predomina em gerência de telecomunicações, pode-se aproveitar a informação sobre o número de chamadas telefônicas por central ao longo do dia. Sabe-se que a média no número de chamadas varia em função do horário, e que cada arquivo de bilhetes contém um número fixo de registros de chamadas. Portanto, tendo-se o conhecimento da distribuição de chamadas ao longo do dia, pode-se determinar a distribuição de tempos de início de envio de arquivos de bilhetes, o que leva ao conhecimento da duração dos períodos OFF. Num caso como este, o envio dos arquivos se dará a tempos razoavelmente determinados, e não haverá a condição de variância infinita para os períodos OFF ou ON, e portanto a união de várias fontes de tráfego desta categoria não apresentará auto-similaridade.

3.2.3 Transferências contínuas

Transferências contínuas ocorrem quando PDUs com mensagens curtas são enviadas continuamente, porém com intervalos entre PDUs suficientemente grandes para não caracterizar uma rajada. Assim, o tráfego nesta categoria não pode se enquadrar como ON/OFF, pois não existem trens. A situação, portanto, parece ser mais simples do que no caso de transferências de arquivos, pois a única informação relevante é a distribuição dos tempos entre PDUs, sem estruturas hierárquicas.

O caso típico que se enquadra nesta categoria é o fluxo de informações textuais emitidos por equipamentos de telecomunicações (como centrais telefônicas), através de portas seriais. Estas informações, denominadas *logs*, são capturadas através de um terminal, e podem ser usadas para análise do funcionamento do equipamento.

A determinação do modelo de tráfego adequado para esta categoria pode ser feita pela simples análise estatística do processo de chegadas das PDUs, procurando-se uma distribuição estatística tradicional. Como exemplo, analisou-se o processo de chegadas obtido através de um processo que emitia textos de tamanho uniformemente distribuído entre 20 e 100 caracteres, capturados por um terminal. Os intervalos entre as emissões dos textos eram obtidos aleatoriamente, através de consultas ao relógio do sistema operacional e usando as casas menos significativas dos microssegundos como semente para o gerador de números aleatórios.

Um primeiro gráfico do histograma dos tempos entre chegadas das PDUs demonstra que esta categoria de tráfego pode não ser tão simples que parece. Para o presente exemplo, o histograma aparenta ser uma composição de distribuições. Visualmente, uma primeira hipótese seria escolher uma Lognormal ou Weibull para o primeiro pico, e uma Normal para o segundo.

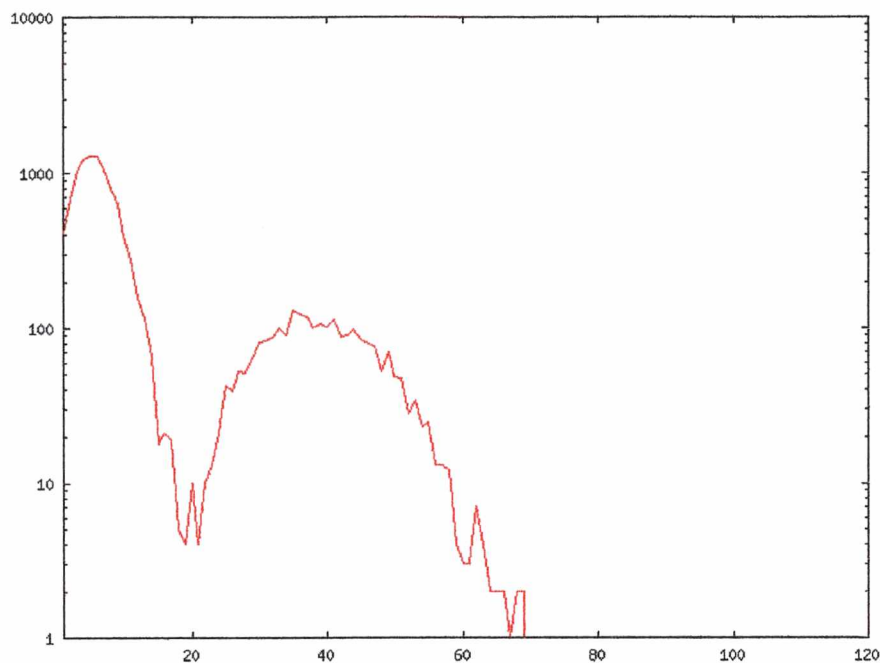


Figura 3-14 Gráfico mono-log para o histograma dos tempos entre chegadas para transferências contínuas

Outro gráfico valioso mostra a função de auto-correlação. Por ele, a correlação é de curtíssima distância, decaindo rapidamente para um valor muito próximo do zero. Sendo as unidades da abscissa correspondentes a 10 ms, a correlação é não-nula para distâncias de até aproximadamente 150 ms.

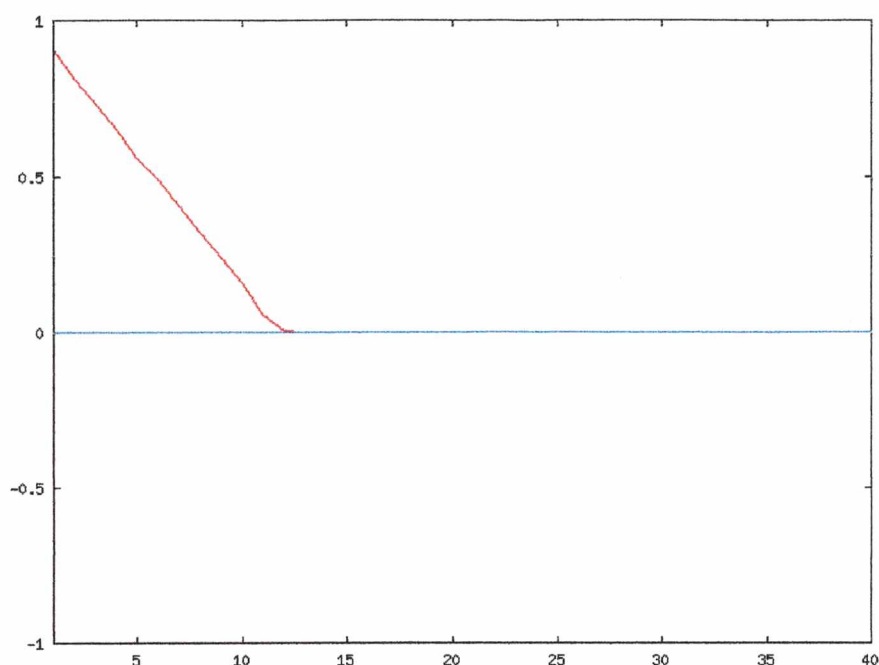


Figura 3-15 Gráfico da função de auto-correlação para transferências contínuas

3.2.4 Comunicações genéricas

Nesta categoria se enquadram as transações inerentes ao funcionamento da rede e aos sistemas operacionais, como terminais remotos, ambiente gráfico distribuído, compartilhamento de discos, sinalizações (mensagens de controle), e outros serviços porventura utilizados. Sendo esta categoria, então, uma mistura de variadas fontes de tráfego, pode-se esperar a adequação de um modelo de tráfego que não distinga origem ou destino das PDUs. No passado, a escolha seria, certamente, o modelo Poisson. Porém, como já explanado anteriormente, tal modelo pressupõe independência entre os elementos do processo de chegadas, e medidas realizadas em diversos tipos de redes de computadores apontam justamente o contrário [4][5][8][9].

Atualmente, a escolha com maiores chances de sucesso seria um modelo que apresentasse auto-similaridade (ou dependência de longa-distância). Uma análise do processo de chegadas em diferentes escalas de tempo auxiliaria a escolha de um modelo apropriado que se encaixasse neste perfil. Poder-se-iam adotar mapas caóticos,

distribuições com variância infinita (Pareto, por exemplo), FBM (movimentos brownianos fracionários) ou wavelets. Para fins de geração de tráfego, necessária em avaliação de desempenho por simulação, mapas caóticos são mais facilmente implementados – a não ser pela dificuldade em determinar as funções correspondentes aos níveis ON e OFF. Apesar disto, algumas sugestões de mapas estão disponíveis na literatura, como o mapa Duplamente Intermitente, que apresenta o comportamento de redes ethernet [18].

Uma experiência foi realizada em uma rede local ethernet 10Mbps composta de cerca de 70 computadores, sendo 10 deles estações de trabalho Sun Sparc, e os demais PCs. Em um nodo foi feita uma amostragem de 1 milhão de quadros, obtendo-se os tempos de ocorrência, tamanho, origem e destino. Com o processo formado pelos tempos de ocorrência fizeram-se análises quanto à agregação e variância, além da auto-correlação. No gráfico abaixo vislumbra-se a forma do decaimento da variância em função da agregação.

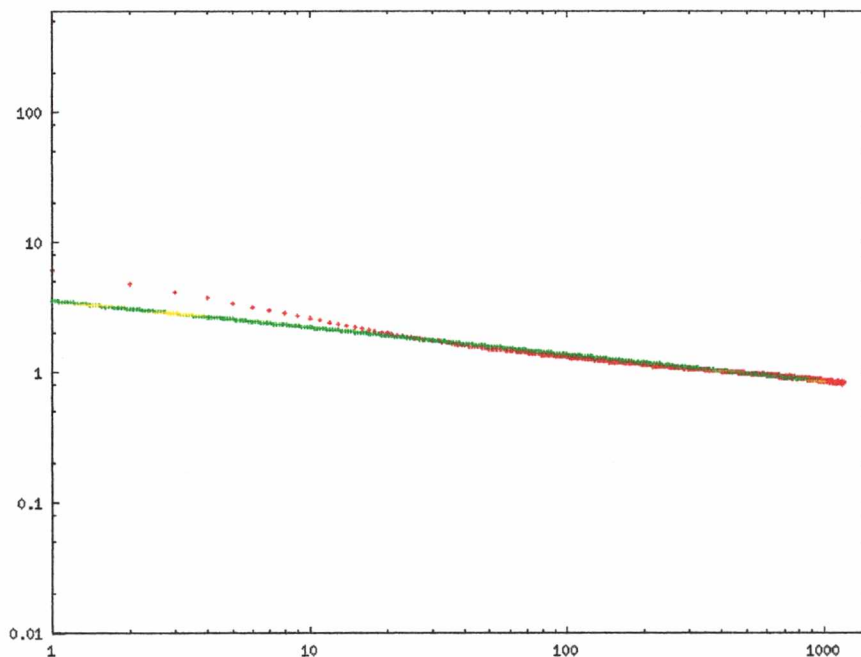


Figura 3-16 Gráfico log-log para o decaimento da variância para comunicações genéricas

Observa-se acima o lento decaimento da variância. Isto caracteriza um processo assintoticamente auto-similar, o que se evidencia ainda mais pelo coeficiente de Hurst (0.89). Outra ferramenta de análise reside na função de auto-correlação, que deve manter sua estrutura para diferentes escalas de tempo. Os gráficos abaixo mostram a função de auto-correlação para o processo agregado com índices 50 e 500. Por eles se evidencia a preservação das estruturas, mesmo com escalas de tempo díspares.

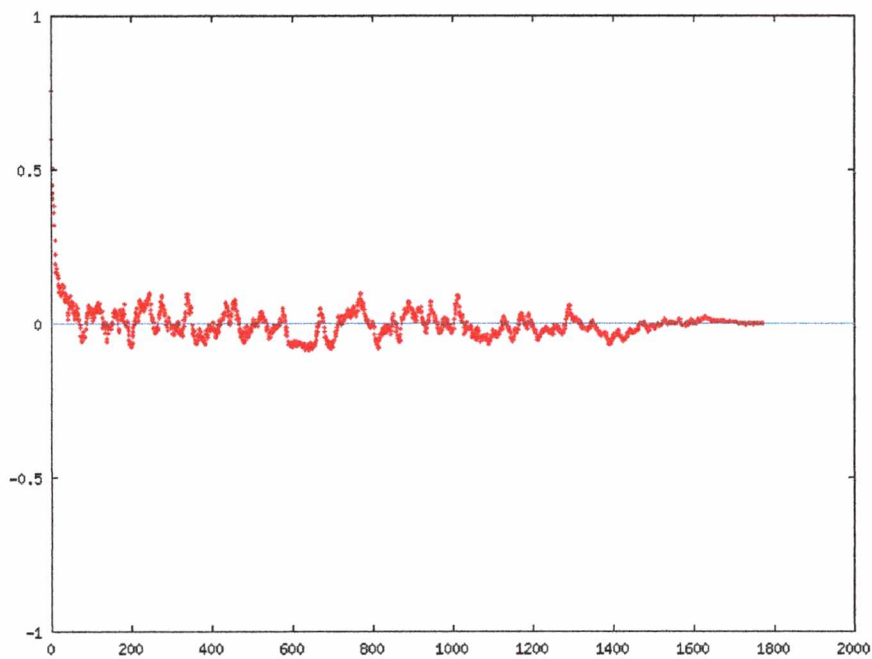


Figura 3-17 Gráfico da função de auto-correlação com índice de agregação 50

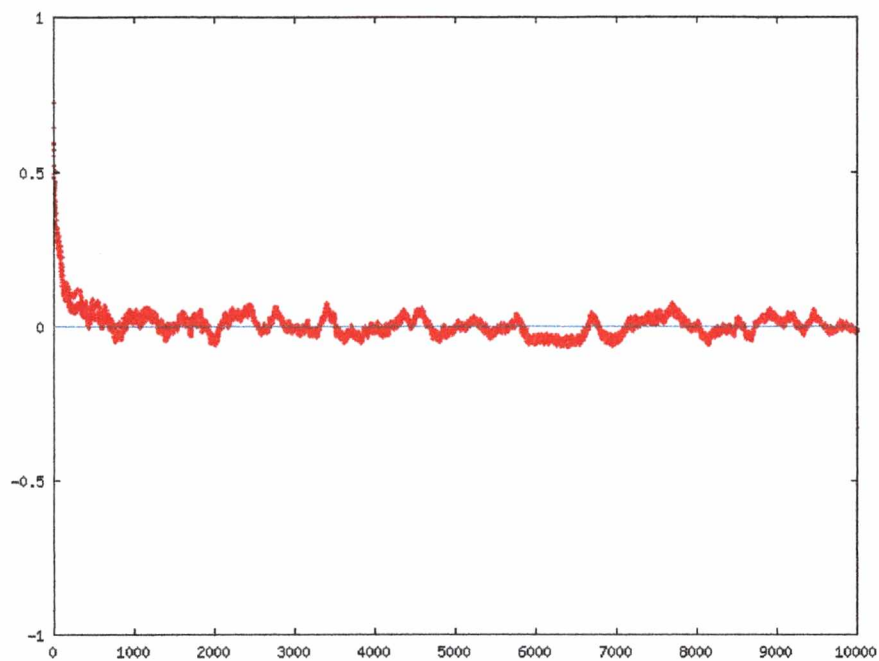


Figura 3-18 Gráfico da função de auto-correlação com índice de agregação 500

Esta experiência demonstrou claramente a auto-similaridade deste tipo de tráfego. Apesar de ter sido realizada em um rede ethernet, estudos indicam que estes resultados são válidos também para outras tecnologias de rede (ATM, SS7, ISDN), e há farta literatura sobre o assunto [5][10].

4 APLICAÇÕES DE MODELOS DE TRÁFEGO EM SIMULAÇÃO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE REDES DE GERÊNCIA

4.1 Introdução

A caracterização de carga é um importante e imprescindível passo para a avaliação de desempenho de um sistema. Como neste trabalho o enfoque é dado à simulação, aplicam-se os modelos de carga em geradores de tráfego. Por isto se procuraram qualificar fontes de tráfego em redes de gerência.

Em paralelo com o trabalho de caracterização de tráfego, foi desenvolvido um ambiente de simulação de redes de gerência por Edson Tirelli, em seu trabalho de conclusão de graduação em Ciência da Computação na UFSC. Para alimentar os modelos de simulação possíveis de serem implementados neste ambiente, sugerem-se alguns geradores de tráfego.

O propósito do ambiente é permitir a criação de modelos experimentais de redes de gerência, e sua execução em diferentes cenários. Complementado-a com o modelo de tráfego, podem-se obter resultados passíveis de serem comparados com aqueles retornados por redes de gerência reais.

4.2 O ambiente

A avaliação de desempenho de uma rede de gerência pode ser realizada por experimentos de simulação, a partir de modelos criados com blocos representativos dos blocos funcionais da arquitetura TMN: sistema de operação (OS), elemento de rede (NE), mediador (MD), adaptador Q (QA) e estação de trabalho (WS). Como existem também componentes fora deste padrão, faz-se necessário um bloco de propósito geral. A rede de comunicação de dados (DCN) deve também ser modelada, levando-se em conta a tecnologia de comunicação. Como se pretendem criar componentes para a confecção de modelos, cada qual com as funcionalidades parametrizáveis inerentes ao

bloco funcional associado, o resultado desta parte do trabalho será um ambiente para a modelagem e experimentação de redes de gerência.

Para a simulação, escolheu-se *Arena*, uma ferramenta de alto-nível a eventos discretos. Conforme explicado anteriormente, *Arena* permite desde a programação visual, usando componentes em vários níveis de abstração, até o uso direto da linguagem *SIMAN* ou mesmo uma linguagem externa (*Visual Basic*). Há recursos de animação, que auxiliam o acompanhamento visual do funcionamento do modelo. Realizam-se facilmente coletas de estatísticas e relatórios, com que se podem fazer análises ao final dos experimentos. *Arena* agrupa os componentes (ou blocos), usados para construir modelos, em *templates*. Cada um dos *templates* predefinidos representa um nível de abstração ou um conjunto de componentes com função específica.

A criação do *template* TMN foi realizada por Edson Tirelli, e um relatório detalhado sobre sua especificação está em [21]. A seguir fornece-se um resumo sobre o trabalho.

O *template* TMN foi desenvolvido com o intuito de disponibilizar módulos que permitam a rápida construção de modelos de desempenho de redes de gerência de telecomunicações. Ele foi projetado para conter inicialmente 5 módulos, de forma a adequar-se ao modelo teórico de TMN, e permitir a modelagem das mais diversas TMNs com um número mínimo de módulos.

O *template* TMN possibilita a construção de modelos complexos usando-se basicamente os módulos deste e parametrizando-os através das caixas de diálogo. Não é necessário portanto, que um usuário conheça a lógica de funcionamento interna a cada um dos módulos.

Como citado anteriormente, o *template* TMN possui 5 módulos. A citar: OS (*Operations System*), NE (*Network Element*), MIB (*Management Information Base*), DCN (*Data Communication Network*) e DCNA (*Data Communication Network Access*).

4.2.1 OS – Operations System

O módulo OS modela o comportamento de qualquer instância TMN que emita operações de gerência para elementos de rede e para outros OS's, que responda a operações de gerência de outros OS's, e que realize operações sobre uma MIB qualquer. Na prática, seu uso é mais atribuído a modelagem das aplicações gerente da rede de gerência de telecomunicações.

Este é o módulo que possui o maior número de parâmetros, mas a maioria deles é opcional. Isto visa viabilizar uma personalização mais eficaz, aumentando a usabilidade do módulo.

4.2.2 NE – Network Element

O módulo NE modela o comportamento de um elemento de rede qualquer, que recebe operações de gerência, processa-as e emite as respostas quando necessário. Ele também pode emitir relatórios sem a solicitação de outra instância.

Uma característica importante é que uma única instância deste módulo pode simular vários NE's, desde que estes possuam as mesmas características.

4.2.3 MIB – Management Information Base

O módulo MIB modela o comportamento de uma MIB (que pode estar contida em um banco de dados simples) que pode ser consultada ou atualizada.

O módulo MIB é talvez o módulo mais simples de todo o modelo. Entretanto, pode ter uma influência bastante significativa na carga do sistema, dependendo da topologia deste.

4.2.4 DCN – Data Communication Network

No modelo TMN da ISO, a DCN é uma rede que permite a troca de dados de gerência entre agentes e gerentes. No escopo deste template para simulação, o módulo DCN assume um papel mais abrangente e genérico. Ele considera como uma DCN qualquer recurso em uma rede de gerência de telecomunicações que permita a comunicação entre instâncias quaisquer. Assim, podemos considerar, dentro do escopo deste template, que uma rede qualquer (ethernet, token ring, ATM, etc) é um recurso DCN, assim como um link serial também o é.

Assim, o módulo DCN simplesmente modela um recurso, que é um canal físico ou lógico de comunicação, que será acessado através de módulos DCNA (*DCN Access*).

Como a modelagem de recursos é implícita à ferramenta ARENA, é necessário apenas solicitar ao usuário os dados adicionais, referentes às capacidades de comunicação providas por este recurso, para que o módulo esteja completo.

4.2.5 DCNA – DCN Access

O módulo DCNA simplesmente modela e encapsula a lógica de acesso e uso dos recursos DCN. Assim, em termos de modelagem pela ferramenta ARENA, este módulo vai permitir a comunicação entre duas instâncias, se utilizando de um recurso DCN.

4.3 Geradores de tráfego

A união entre a modelagem de simulação e a análise do tráfego se dará pela criação de geradores de tráfego para alimentar os experimentos de simulação. É muito provável que se precisem fazer adaptações nesta fase, porque a análise do tráfego revela as características deste, e não como ele é gerado. Portanto, devem-se verificar se as distribuições sugeridas, ao alimentarem o modelo de simulação, irão gerar um tráfego com o comportamento revelado pela análise anterior. Como exemplo, ver [14].

4.3.1 Gerador ON/OFF

Um gerador de tráfego ON/OFF pode ser implementado no Arena de forma simples. Como este tipo de tráfego é composto de dois níveis hierárquicos (os carros e os trens), não é possível criá-lo com apenas uma expressão matemática. Faz necessária uma pequena lógica, em que entidades de controle determinam o início e comprimento dos trens. Há total liberdade para definir o comportamento dos períodos de ociosidade (OFF), assim como os tempos entre envios de carros. A figura abaixo ilustra o mecanismo.

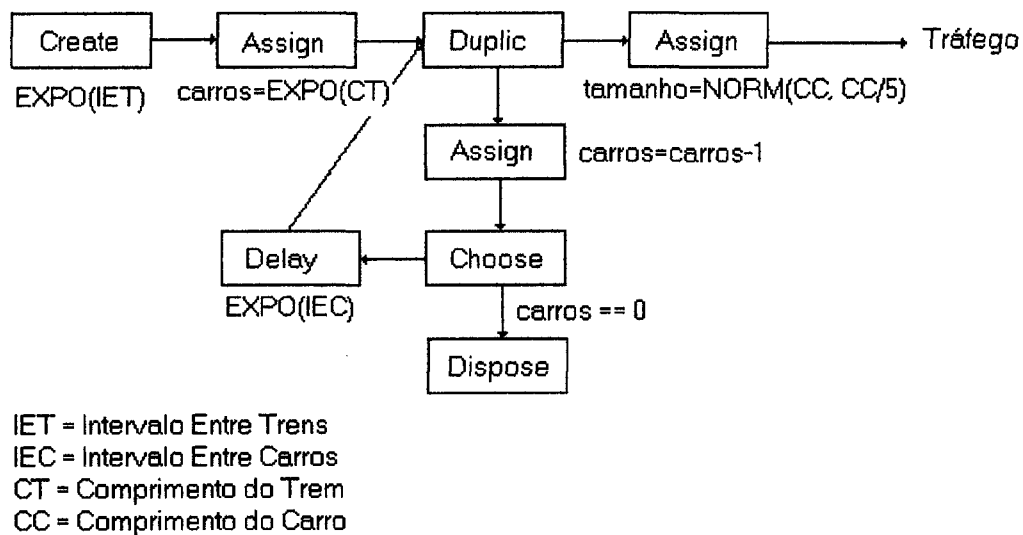


Figura 4-1 Modelo de gerador de tráfego ON/OFF

Expressões importantes são o intervalo entre trens e entre carros, e o comprimento de trens e carros.

Usando-se apenas a lógica acima, não se conseguem comportamentos dos períodos ON ou OFF com variância infinita (*heavy-tailed*). Porém, o gerador auto-similar logo abaixo pode ser adaptado para atuar como fonte ON/OFF com esta característica.

4.3.2 Gerador de tráfego auto-similar

Dentre as técnicas de geração de tráfego auto-similar, a que parece mais precisa e controlável é o uso de mapas caóticos, proposto por A. Erramilli e R. P. Singh. Esta baseia-se na constatação de que trajetórias de mapas de fase de sistemas caóticos são descritas por fractais [6].

Define-se um mapa discreto da seguinte forma:

$$x_{n+1} = f_1(x_n), 0 < x_n \leq d \quad (5)$$

$$x_{n+1} = f_2(x_n), d < x_n < 1$$

O comportamento deste mapa se dará através de $f_1(x_n)$, se x_n for menor que um *threshold* d , ou por $f_2(x_n)$, se x_n for superior a d .

A geração de tráfego se dará sempre que, a cada iteração do mapa, $x_n > d$. nesta situação, uma entidade (pacote) será emitida. Assim, $f_1(x_n)$ dita o comportamento das durações dos silêncios (ou dos intervalos entre pacotes), e $f_2(x_n)$ dita o número de pacotes emitidos, dependendo de quantas iterações x_n fica acima do *threshold*. Parece lógico que $f_2(x_n)$ deva permitir a emissão de apenas um pacote, forçando o retorno de x_n abaixo do *threshold*, e que o comportamento não-linear esteja concentrado em $f_1(x_n)$, pois o comportamento fractal do tráfego está presente nos intervalos entre chegadas dos pacotes.

Uma possível implementação no Arena de um gerador deste tipo seria:

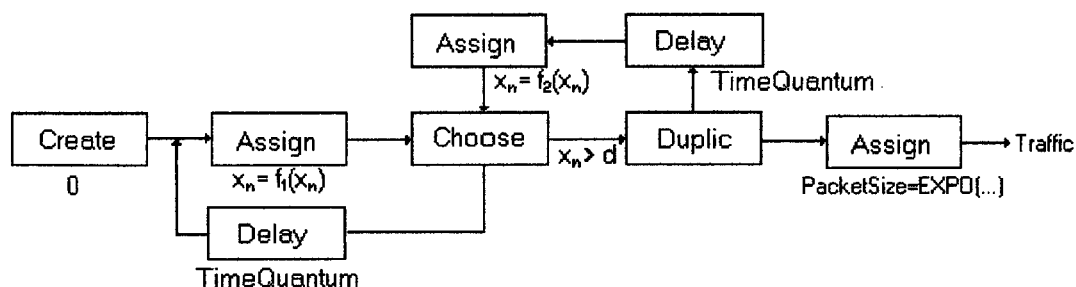


Figura 4-2 Modelo de gerador de tráfego auto-similar baseado em mapa caótico

Neste gerador, apenas uma entidade é criada no início da simulação. O primeiro laço a mantém presa, enquanto o atributo x_n , ditado pelo função f_1 , for inferior ao *threshold* d . Quando superar o *threshold*, a entidade é duplicada, sendo uma enviada adiante enfim como uma PDU, e outra submetida a um segundo laço. No segundo laço, a função f_2 atualiza o valor de x_n , e este é comparado com o *threshold* para determinar se deve retornar ao primeiro laço, ou enviar mais uma PDU. Os ciclos são determinados pelo quantum de tempo, que funciona como o passo para iteração.

Para criar geradores ON/OFF com variância infinita (*heavy-tailed*), pode-se usar este gerador para alimentar o gerador ON/OFF descrito no item anterior. Assim, as entidades de controle que ordenam a emissão de um novo trem estariam espaçadas por tempos muito variáveis.

Uma dificuldade é encontrar funções f_1 e f_2 adequadas. Um exemplo fornecido em [20] é o Mapa Duplamente Intermitente, representado pelo conjunto de equações:

$$\begin{aligned} x_{n+1} &= \varepsilon_1 + x_n + c_1 x_n^m, & 0 \leq x_n < d \\ x_{n+1} &= -\varepsilon_2 + x_n - c_2 (1 - x_n)^m, & d \leq x_n \leq 1 \end{aligned} \quad (6)$$

$$c_1 = \frac{1 - \varepsilon_1 - d}{d^m} \quad c_2 = \frac{\varepsilon_2 - d}{(1 - d)^m}$$

...sendo d (*threshold*), ε_1 , ε_2 e m parâmetros do mapa. Este mapa se adequa bem a modelagens de tráfego ethernet [18].

5 CONCLUSÃO

O tráfego em uma TMN pode ser dividido em fontes emissoras com perfis particulares. Os tipos e formatos de informações trafegadas em TMN permitem a definição de categorias, que são bem descritas por modelos de tráfego teóricos. Vínculos, como protocolos, tamanhos e frequências de emissão mensagens, parametrizam os modelos teóricos. Como bom exemplo, tem-se a transferência de arquivos, que, por serem estes normalmente de tamanho fixo no caso da bilhetagem, e sendo emitidos de acordo com a frequência de chamadas telefônicas em função do horário, parametriza o modelo ON/OFF com provável baixa variância dos períodos OFF e comprimento de trem constante. Da mesma forma, transferências contínuas, quando usadas para modelar *logs* de equipamentos via terminais, sendo compostas de mensagens curtas (que podem ter seus tamanhos máximo e mínimo conhecidos), e emitidas em função do nível de atividade do equipamento, podem ser bem enquadradas em um modelo clássico, como Poisson, Normal ou Lognormal (uma composição destes).

As categorias de fontes de tráfego podem ser bem aplicadas em modelos de simulação e, através destes, em avaliação de desempenho. A possibilidade de criação de geradores de tráfego adequados a estas fontes comprova sua viabilidade neste tipo de aplicação. Amostras de sistemas reais seriam a melhor forma de obter os parâmetros usados nos geradores.

Apesar de os experimentos terem sido realizados em redes ethernet, seus resultados são válidos para outras tecnologias. Ampla literatura a respeito aponta a existência de comportamentos semelhantes do tráfego em outras redes [5][7]. Assim, podem variar alguns parâmetros ao se transporem as fontes de tráfego para outras situações, mas qualitativamente elas serão adequadas.

5.1 Trabalhos futuros

A análise do comportamento do tráfego em TMN abre um leque de possibilidades. A continuidade deste trabalho envolve experiências em campo, em ambientes de telecomunicações. Assim se poderiam aprimorar os modelos determinados, com a coleta e análise de tráfego real. Como consequência, seria realizada (ou não) a validação das descrições das situações de comunicações de gerência aqui apresentadas.

O *template* TMN poderia ser muito enriquecido se fosse criada uma biblioteca de componentes para os equipamentos gerenciados em plantas de telecomunicações, tais como centrais de telefonia fixa e celular, multiplexadores PDH e SDH, mediadores e tarifadores. Neste componentes se modelariam as características e fontes de tráfego, tornando mais fácil a confecção de experimentos de simulação.

Como houve grande dificuldade para o estudo do comportamento do tráfego causado por CMIP, já que não se teve acesso a sistemas reais que o utilizem, seria necessário um estudo mais aprofundado sobre a utilização deste protocolo. Neste estudo não interessariam aplicações de gerência em particular, mas sim como o tráfego reage frente às densidades de operações de gerência usadas nestas aplicações.

Quanto aos modelos teóricos de tráfego, sente-se uma grande carência de ferramentas para determinar distribuições com variância infinita (*heavy-tailed*) a partir de dados empíricos. Mesmo no caso de mapas caóticos, em que se usa um sistema dinâmico para gerar os valores que, de outra forma, teriam de ser obtidos via gerador de números aleatórios submetidos a distribuições de probabilidades, há grande dificuldade em se determinarem as funções correspondentes aos estados de ociosidade e atividade. Esta lacuna poderia ser preenchida por um trabalho que permitisse estipular estas funções a partir de dados amostrados em sistemas reais.

6 BIBLIOGRAFIA

- [1] Vários autores, “Gerenciamento de Redes – Uma Abordagem de Sistemas Abertos”, BRISA, 1993
- [2] “Principles for a Telecommunications Management Network – Recommendation M.3000”, CCITT 1992
- [3] “Principles for a Telecommunications Management Network – Recommendation M.3010”, CCITT 1992
- [4] R. Jain e S. Routhier, “Packet Trains – Measurements and a New Model for Network Traffic”, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. SAC-4, N° 6, Setembro de 1986.
- [5] B. Vandalore, G. Babic e R. Jain, “Analysis and Modeling of Traffic in Modern Data Communication Networks”, Globecomm 1999.
- [6] A. Erramilli, R.P. Singh, and P. Pruthi, "Modeling Packet Traffic with Chaotic Maps", Royal Institute of Technology, ISRNKTH/IT/R-94/18--SE, Stockholm-Kista, Sweden, Agosto de 1994
- [7] A. Erramilli , R.P. Singh e P. Pruthi, “Chaotic Maps as Models of Packet Traffic”, ITC 14, Amsterdam, Holanda, Junho de 1994, pp 329-338.
- [8] W. E. Leland e D. V. Wilson, “High Time Resolution Measurements and Analysis of LAN Ethernet Traffic: Implications for LAN Interconnection”, Procedimentos do IEEE INFOCOM 91, Bal Harbour, FL, 1991.

- [9] W. E. Leland, M. Taqqu, W. Willinger, D. V. Wilson, "On the Self-Similar Nature of Ethernet Traffic," Proc. SIGCOM93, 1993, San Francisco, California, EUA, pp. 183-193.
- [10] A. Erramili, P. Pruthi e W. Willinger, "Recent Developments in Fractal Traffic Modeling", St. Petersburg International Teletraffic Seminar, 1995.
- [11] M. Lucas, D. Wrege, B. Dempsey e A. Weaver, "Statistical Characterization of Wide-Area Self-Similar Network Traffic", University of Virginia Technical Report CS-96-21, 1996.
- [12] W. D. Kelton, R. P. Sadowski e D. A. Sadowski, "Simulation with Arena", McGraw-Hill, 1998, ISBN 0 07 027509 2.
- [13] R. Jain, "The Art of Computer Systems Performance Analysis – Techniques for Experimental Design, Measurement, Simulation and Modeling", John Wiley and Sons, 1992, ISBN 0 471 50336 3.
- [14] R. Alexander, N. Brownlee e I. Ziedins, "Modeling Self-Similar Network Traffic", University of Auckland, New Zealand, 1995.
- [15] V. Paxson e S. Floyd, "Wide-Area Traffic: The Failure of Poisson Modeling", Proceedings of the 1994 ACM SIGCOMM Conference, London, UK, Agosto de 1994, pp 257-268.
- [16] M. Taqqu, W. Willinger e R. Sherman, "Proof of a Fundamental Result in a Self-Similar Traffic Modeling", ACM/SIGCOMM Computer Communications Review, 27:5-- 23, 1997.
- [17] N. Duffield e W. Whitt, "Network Design and Control Using On-Off and Multi-level Source Traffic Models with Long-Tailed Distributions", AT&T Laboratories, 1997.

- [18] W. Willinger, "Traffic Modeling of High-Speed Networks: Theory and Practice", The IMA Volumes in Mathematics and its Applications, Vol. 71, Springer-Verlag, New York, pp. 395-409, 1995.
- [19] K. Falconer, "Fractal Geometry – Mathematical Foundations and Applications", John Wiley & Sons, 1990, ISBN 0471 92287 0.
- [20] P. Pruthi, A. Erramilli, "Heavy-Tailed ON/OFF Source Behavior and Self-Similar Traffic", ICC IEEE Journal, 2:445--450, 1995.
- [21] E. Tirelli, "Template TMN: uma ferramenta para a construção de modelos de desempenho para redes de gerência de telecomunicações", Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Bacharelado em Ciência da Computação, UFSC, 1999.