

EDIVANE BELLÉ

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO EM REDES
MÓVEIS SEM FIO AD HOC**

**Florianópolis
2003**

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

EDIVANE BELLÉ

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO EM REDES
MÓVEIS SEM FIO AD HOC

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. Carlos Becker Westphall

Florianópolis, fevereiro de 2003

Avaliação de desempenho em Redes Móveis sem fio Ad Hoc

Edivane Bellé

Esta Dissertação foi julgada adequada para 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 A. Ostuni Gauthier
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Carlos Becker Westphall
Orientador

Prof. Dr. Vitorio Bruno Mazzola

Prof. Dr. Romulo Silva de Oliveira

“A todos aqueles que acreditam em novos desafios e sabem que é possível realizá-los.”

Agradecimentos

A Deus, criador da vida e do homem!

Aos meus pais, Attilio Albino Bellé e Leda Teresinha Bellé, pelo apoio e incentivo nas horas de desânimo, pela paciência, educação e dedicação aos seus filhos.

Ao meu namorado Romeu Giacchini Junior, pelo carinho e compreensão que dedicou a mim, nesta caminhada.

Ao meu orientador, Carlos Becker Westphall, que me estimula e indica as diretrizes que me conduzem ao sucesso desta pesquisa.

Edivar, meu irmão e Raquel, minha cunhada, pelas inúmeras horas de dedicação durante toda a caminhada.

Adriane, minha irmã, pelo incentivo e dedicação.

Fabio Luciano Verdi, pelo auxílio, apoio, incentivo e pelas inúmeras horas de estudo dedicadas.

Ao amigo Fabio Luciano Violin, pela dedicação e auxílio.

Michel Ribas Lobato e Rafael Kruger Tavares, acadêmicos da UFSC, que sempre se disponibilizaram e auxiliaram quando precisei.

Aos colegas do Mestrado, pela excelente relação pessoal que criamos e que, espero jamais se perca.

Em especial, a Soelaine Rodrigues, Rosane Passarini, Neylor Michel, pelo apoio nos momentos difíceis e também pela amizade.

Com carinho especial, a Gilson Horstmann, que dividiu comigo a sua experiência e conduziu os parâmetros deste meu estudo.

“Como uma crisálida, estamos saindo da economia da Revolução Industrial, uma economia confinada e limitada aos recursos físicos do planeta, para entrar numa nova economia onde não há limites para a imaginação humana e a liberdade de criar é o recurso natural mais precioso.

Pense no pequeno chip de computador. Seu valor não está na areia que é sua matéria-prima, mas na arquitetura microscópica desenvolvida pelas geniosas mentes humanas.

Na nova economia, as invenções humanas cada vez mais tornam os recursos físicos obsoletos. Estamos ultrapassando as condições materiais de existência para um mundo onde o homem cria seu próprio destino.

Mas o progresso não é previsível. A chave é a liberdade – de pensar, de informação e de comunicação¹”

¹ Trechos da Palestra proferida por Ronald Regan em Moscou, em maio de 1988, para uma reunião com o Presidente Soviético Gorbachov, em audiência para os estudantes da Universidade Estatal de Moscou sobre a essência da nova economia do conhecimento e como a liberdade norteia esta nova economia. CRAWFORD, Richard, 1994, p. 81.

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO	p. 1
1.1 <i>Trabalhos Correlatos</i>	p. 3
1.2 <i>Organização do Trabalho</i>	p. 4
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	p. 6
2.1 <i>Redes sem fio</i>	p. 6
2.2 <i>Redes Ad Hoc</i>	p. 7
2.2.1 <i>Histórico das redes Ad Hoc</i>	p. 7
2.2.2 <i>O que são redes Ad Hoc</i>	p. 8
2.2.3 <i>Classificação de Redes Móveis</i>	p. 10
2.3 <i>Vantagens x Desvantagens da rede ad hoc</i>	p. 13
2.3.1 <i>Vantagens</i>	p. 13
2.3.2 <i>Desvantagens</i>	p. 14
2.3.3 <i>Utilidade das redes Ad Hoc</i>	p. 14
2.3.4 <i>Dificuldade de implementação</i>	p. 16
2.4 <i>Rádio Frequência</i>	p. 17
2.4.1 <i>Spread Spectrum (Espectro Espalhado)</i>	p. 17
2.4.2 <i>Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)</i>	p. 18
2.4.3 <i>Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)</i>	p. 19
2.5 <i>Qualidade de Serviço (QoS – Quality of Service)</i>	p. 21
2.5.1 <i>Serviços Integrados (IntServ)</i>	p. 25
2.5.1.1 <i>Protocolo RSVP (ReSerVation Protocol)</i>	p. 27
2.5.2 <i>Serviços Diferenciados (Diffserv)</i>	p. 28
2.5.2.1 <i>Classes</i>	p. 32
2.5.2.2 <i>Utilidade e aplicabilidade</i>	p. 32
2.5.3 <i>Fluxo de informações</i>	p. 33
2.5.3.1 <i>FIFO – First in first out</i>	p. 33
2.5.3.2 <i>Conservação de trabalho</i>	p. 33

2.5.3.2.1 Mecanismo deficit round robin – DRR.....	p. 34
2.5.3.2.2 Mecanismo fair queuing – FQ.....	p. 34
2.5.3.2.3 Mecanismo stochastic fair queuing – SFQ.....	p. 35
2.5.3.3 Não conservação de trabalho	P. 35
2.5.3.4 Minimização de congestionamento – Descarte	p. 35
2.5.3.5 Aspectos relevantes para latência e largura de banda	P. 35
2.5.3.5.1 Largura de Banda.....	p. 36
2.5.3.5.2 Tráfego de informação	p. 37
2.6 Padrão IEEE 802.11	p. 38
2.6.1 Camada MAC (Medium Access Control).....	p. 39
2.6.2 Qualidade de serviço (QoS) em redes 802.11	p. 42
2.7 Bluetooth.....	p. 43
2.7.1 O que é bluetooth?	p. 44
2.7.2 Redes bluetooth.....	p. 44
3 METODOLOGIA.....	p. 46
3.1 Ambiente de desenvolvimento.....	p. 46
3.1.1 Conhecendo o simulador NS-2	p. 46
3.1.2 Utilizando o NS-2	p. 47
4 EXPERIMENTOS E RESULTADOS	p. 50
4.1 Modelo simulado	p. 50
4.2 Resultado das simulações	p. 52
4.2.1 Comparação entre as tecnologias Bluetooth (433Kbps) e IEEE 802.11b (1342,7 Kbps)	p. 52
4.2.1.1 Latência.....	p. 52
4.2.1.1.1 FIFO 30 pacotes	p. 52
4.2.1.1.2 FIFO 50 pacotes	p. 54
4.2.1.1.3 Stochastic fair queuing (SFQ) 30 pacotes	p. 57
4.2.1.1.4 Fair queuing (FQ) 50 pacotes.....	p. 60
4.2.1.1.5 Deficit round robin (DRR) 50 pacotes	p. 61

4.2.1.1.6 FIFO 70 pacotes.....	p. 63
4.2.1.1.7 FIFO 90 pacotes.....	p. 65
5 CONCLUSÃO.....	p. 67
<i>5.1 Trabalhos Futuros.....</i>	<i>p.67</i>
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	p. 69
7 ANEXOS	p. 76
7.1 Anexo A – Jitter.....	p. 76
7.2 Anexo B – Enfileiramento e perdas de pacotes	p. 76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Análise e crescimento de novas tecnologias.....	p.7
Figura 2: Exemplo de uma comunicação entre os computadores de uma Manet	p.9
Figura 3: Comunicação entre host origem e host destino de uma rede <i>ad hoc</i>	p.10
Figura 4: Modelo de comunicação em redes móveis <i>ad hoc</i>	p.11
Figura 5: Modelo de comunicação em redes móveis infra-estruturadas	p.11
Figura 6: Manutenção de conexão entre pontos de acesso.....	p.12
Figura 7: Sinalização RSVP.....	p.25
Figura 8: Modelo Cabeçalho do Ipv 4.....	p.29
Figura 9: Modelo Cabeçalho do Ipv 6.....	p.30
Figura 10: Formato do byte do Diferencial Service (DS)	p.30
Figura 11: Domínio dos serviços diferenciados (DS)	p.31
Figura 12: Troca de dados para transmissão de informações.....	p.41
Figura 13: Problema do nó oculto	p.42
Figura 14: Tipos de redes formadas entre dispositivos bluetooth	p.45
Figura 15: Importando o arquivo trace.....	p.48
Figura 16: Arquitetura da Rede.....	p.50
Figura 17: Latência FIFO 30 pacotes (Bluetooth).....	p.53
Figura 18: Latência FIFO 30 pacotes (IEEE 802.11b).....	p.53
Figura 19: Latência FIFO 50 pacotes (Bluetooth).....	p.55
Figura 20: Latência FIFO 50 pacotes (IEEE 802.11b).....	p.56
Figura 21: Latência SFQ 30 pacotes (Bluetooth).....	p.58
Figura 22: Latência SFQ 30 pacotes (IEEE 802.11b)	p.58
Figura 23: Latência FQ 50 pacotes (Bluetooth)	p.60
Figura 24: Latência FQ 50 pacotes (IEEE 802.11b)	p.60
Figura 25: Latência DRR 50 pacotes (Bluetooth)	p.62

Figura 26: Latência DRR 50 pacotes (IEEE 802.11b)	p.62
Figura 27: Latência FIFO 70 pacotes (IEEE 802.11b).....	p.64
Figura 28: Latência FIFO 90 pacotes (IEEE 802.11b)	p.65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Comparação entre FHSS e DSSS	p.20
--	------

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características das tecnologias FHSS e DSSS	p.21
Tabela 2: Arquivo trace importado para Planilha Eletrônica	p.49
Tabela 3: Resultado da simulação – FIFO - 30 pacotes	p.54
Tabela 4: Resultado da simulação – FIFO - 50 pacotes	p.56
Tabela 5: Resultado da simulação – SFQ - 30 pacotes	p.59
Tabela 6: Resultado da simulação – FQ - 50 pacotes	p.61
Tabela 7: Resultado da simulação – DRR - 50 pacotes	p.63
Tabela 8: Resultado da simulação – FIFO - 70 pacotes	p.65
Tabela 9: Resultado da simulação – FIFO - 90 pacotes	p.66

LISTA DE SIGLAS

CU	=	<i>Currently Undefined</i>
ACIRI	=	Center for Internet Research
ACK	=	<i>Acknowledge</i>
AF	=	<i>Assured Forwarding.</i>
CBQ	=	Class Based Queue
CBQ	=	Class Based Queuing
CBR	=	Constant Bit Rate
CCA	=	<i>Clear Channel Assentment</i>
CDMA	=	Code Division Multiple Access
CONSER	=	Collaborative Simulation for Education and Research
CSMA/CA	=	<i>Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance</i>
CSMA/CA	=	<i>Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance</i>
CTS	=	<i>Clear to Sender</i>
DARPA	=	<i>Defense Advanced Research Projects Agency</i>
DFWMAC	=	Distributed Foundation Wireless MAC
DiffServ	=	Serviços Diferenciados
DRR	=	Déficit Round Robin
DS	=	<i>Differentiated Services</i>
DSCP	=	<i>Differenciaded Services Code Point</i>
DSSS	=	<i>Direct Sequency Spread Spectrum.</i>
EF	=	<i>Expedited Forwarding</i>
FCC	=	<i>Federal Communications Comission</i>
FHSS	=	<i>Frequency Hopping Spread Spectrum.</i>
FIFO	=	<i>First In First Out</i>
FQ	=	Fair Queuing
GloMo	=	Global Mobile Information Systems
HF	=	Host Fixos
HM	=	Host Móveis
HMs	=	host móveis
ICS	=	Information Sciences Institute
IEEE	=	<i>Institute of Eletrical and Eletronics Engineers, Inc.</i>
IntServ	=	Serviços Integrados
IP	=	Internet Protocol
ISI	=	Information Sciences Institute
ISM	=	<i>Industrial, Scientific and Medical</i>
LBL	=	Network Research Group
MAC	=	<i>Medium Access Control</i>
MANET	=	<i>Móbile ad hoc Network.</i>
NAM	=	Network Animator
NAV	=	<i>Network Allocation Vector</i>
NS-2	=	<i>Network Simulator 2</i>
<i>Otel</i>	=	Object tool command language
PANs	=	<i>Personal Area Networks</i>
PARC	=	Palo Alto Research Center

PCs	=	Personal Computers
PDA's	=	<i>Personal Digital Assistants</i>
PHB	=	<i>Per-Hop Behavior</i>
QoS	=	Qualidade de Serviço
RED	=	<i>Random Early Detection</i>
RSVP	=	<i>Resource Reservation Protocol</i>
RTP	=	Protocolo de tempo real
RTS	=	<i>Request To Sender</i>
SAMAN	=	Simulation Augmented by Measurement and Analysis for Networks
SFQ	=	Stochastic Fair Queuing
SIG	=	<i>Special Interest Group</i>
SURAN	=	Survivable Adaptive Network.
TCF	=	Traffic Class Field
TOS	=	Type of Service
U.S DARPA	=	United States Defense Advanced Research Projects Agency.
PRNET	=	Packet radio network.
UCB	=	Berkeley University
VBR	=	Variable Bit Rate
VINT	=	Virtual Internetwork Testbed
WLANs	=	Redes locais <i>Wireless Local Area Networks</i>

RESUMO

A computação móvel é um novo paradigma computacional que tem como objetivo permitir aos usuários o acesso a serviços, independente de onde estão localizados.

A comunicação sem fio elimina a necessidade do usuário manter-se conectado a uma infra-estrutura fixa. Configura-se, assim, a rede *ad hoc*, que possibilita a comunicação direta entre os *hosts*, desde que estejam dentro de sua área de alcance.

A rede *ad hoc* é utilizada em locais onde não é possível ou viável a implantação de uma rede fixa ou, ainda, onde há necessidade da instalação rápida de uma rede. Observando os avanços da comunicação nos últimos anos, o surgimento de várias tecnologias e o papel do homem como usuário principal de todo esse processo, surge a preocupação em promover os mecanismos mais bem adequados para que surtam efeito os conceitos de rapidez, qualidade e segurança na chamada rede móvel disponível para o envio de pacotes.

Baseado neste tema aborda-se uma problemática que vem subsidiar este estudo, assim apresentado: dos diferentes mecanismos de filas existentes, qual o melhor esquema para o IEEE 802.11b e para a perda de pacotes? A resposta propícia requer definir como objetivo a comparação dos diferentes mecanismos de filas entre Bluetooth e 802.11b, com base no trabalho de Horstmann².

Utiliza-se a metodologia da pesquisa do tipo experimento, analisando os mecanismos de fila no IEEE 802.11b e no Bluetooth, em simulações no Network Simulator versão 2 (NS-2).

Como resultado, restou comprovado que o desempenho do Padrão 802.11b foi melhor, pelo fato da largura de banda disponível ser maior quando comparado ao Bluetooth.

² HORSTMANN, Gilson Norberto. **Avaliação de Mecanismos para Gerenciamento de Filas do buffer da Interface do Host Controller Bluetooth**. Dissertação para grau de Mestre em Ciências da Computação – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Outubro, 2002.

ABSTRACT

The mobile computation is a new computational paradigm that has as objective to allow to the users the access to services, independent from where they are located.

The wireless communication, eliminates the user's need to stay connected to a fixed infrastructure. It is configured, like this, the ad hoc network, that facilitates the direct communication among the hosts, since they are inside of its reach area.

The ad hoc network is used in places where it is not possible or viable the implantation of a fixed one or, still, where there is need of the fast installation of a network. Observing the progresses of the communication the last years, the appearance of several technologies and the man's paper as main user of whole that process, the concern appears in promoting the mechanisms better appropriate so that they supply effect the concepts of speed, quality and safety in the call available mobile network for the shipping of packages.

Based on this theme a problem is approached that comes to subsidize this study, like this presented: of the different mechanisms of existent queues, which the best outline for IEEE 802.11b and for the loss of packages? The favorable answer requests to define as objective the comparison of the different mechanisms of lines between Bluetooth and 802.11b, with base in the work of Horstmann.

It is used like research methodology the type experiment, analyzing the queue mechanisms in IEEE 802.11b and in Bluetooth, in simulations in the NS-2.

As result, was gotten to check that, the performance of the Pattern 802.11b was better, by the fact of the bandwidth to be larger when compared with Bluetooth.

1 INTRODUÇÃO

Os avanços da comunicação nos últimos anos, possibilitaram o surgimento de várias tecnologias que, desde então, procuram atender a real necessidade de seus usuários com a melhor qualidade possível. No início eram máquinas mono-usuário, e muito se teve que evoluir até chegar às redes de computadores atuais. Hoje em dia, o mercado está apostando numa das mais revolucionárias tendências tecnológicas: a comunicação por redes sem fio (*wireless networks*).

A vida do homem nos dias atuais é agitada, exigindo mobilidade, agilidade e liberdade, havendo cada vez mais a necessidade de comunicação, onde quer que estejamos. Os dispositivos de comunicação como, por exemplo, os telefones celulares, *Personal Digital Assistants* (PDAs) e *Notebooks*, tornam-se cada vez mais comuns.

Novas tecnologias eclodem constantemente para atender as necessidades reais e potenciais dos usuários que, cada vez mais, apresentam necessidades específicas, que exigem propostas em termos tecnológicos de soluções, como, por exemplo, as redes móveis e dentre elas as redes *ad hoc*.

O surgimento das redes *ad hoc* ocorreu em função da necessidade de mobilidade computacional, e sua importância pode ser percebida através do crescimento da produção científica e tecnológica de suporte a tal modelo. O crescimento dessa tendência fez surgir novas aplicações no sentido de permitir maior comodidade e mobilidade.

As facilidades atualmente se estendem a locais específicos como organizações, entidades de ensino e residências. No entanto, inexistem de padrões específicos que possibilitem a utilização da tecnologia *ad hoc*, como, por exemplo, infra-estrutura que viabilize a instalação da rede móvel.

A tendência mundial é a adoção crescente de redes sem fio para comunicação em locais de difícil acesso, pois a evolução da comunicação sem fio e da tecnologia da informática busca atender muitas das necessidades do mercado.

A integração de computadores com comunicações e outras formas de tecnologias de conhecimento está criando novos sistemas e serviços de informação distribuída. A tendência é a criação de computadores cada vez mais potentes e com

mais soluções integradas, conectadas a uma rede mundial de serviços e recursos, através de uma infra-estrutura de alto desempenho. Este é o cenário, altamente desafiador e excitante, que motiva a computação móvel, onde as redes móveis possuem uma tendência acelerada de ganho de importância, conforme apontam diversos estudos.

Dois grandes desafios relativos aos processos de adoção das redes móveis são a seguir apresentados:

1. Dispositivos fora da área de cobertura dificultam a manutenção e o estabelecimento de novas rotas móveis pela dificuldade de identificação de *hosts* por ventura inoperantes;
2. A largura de banda influencia na quantidade e qualidade do tráfego de dados o que pode, por exemplo, acarretar em informações obsoletas para o usuário final.

Constata-se, assim, a evidência de algumas características que podem redimensionar o ambiente da computação móvel e, após a confecção deste texto introdutório, apresenta-se à problemática de estudo: dos diferentes mecanismos de filas existentes, qual o melhor esquema para o Padrão IEEE 802.11b?

Para responder à problemática proposta, define-se como objetivo a finalidade de proceder à comparação dos diferentes mecanismos de filas entre Bluetooth e 802.11b, com base no trabalho de Horstmann³

A metodologia é a pesquisa do tipo experimento, que utilizará como parâmetro de análise os mecanismos de filas para o Padrão IEEE 802.11b e para o Bluetooth, em simulações no NS-2.

Neste contexto tecnológico e móvel em que a informática e as telecomunicações se relacionam, as redes *ad hoc* ganham força. Dentre as principais características destas redes, destacam-se as seguintes: são de fácil instalação; por não serem dependentes de uma ou mais torres fixas, tornam-se independentes de erros ocorridos nas mesmas; apresentam maior conectividade, uma vez que a comunicação pode ser direta, ou seja, não é obrigada a passar pela torre fixa. Isto, além de seu

³ HORSTMANN, Gilson Norberto. **Avaliação de Mecanismos para Gerenciamento de Filas do buffer da Interface do Host Controller Bluetooth**. Dissertação para grau de Mestre em Ciências da Computação – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Outubro, 2002.

grande diferencial que é a mobilidade em si e todos os benefícios propostos pela mesma.

Por outro lado, elas apresentam alguns problemas, que serão estudados no desenvolver da dissertação, dentre as quais: a pequena banda passante; pouca segurança existente na comunicação sem fio; dificuldade de localização dos nodos móveis; pouca energia, visto que, por serem dispositivos móveis, suas baterias são pequenas.

A existência de um simulador *Network Simulator 2* (NS-2), eficiente e gratuito, facilita os estudos e os testes para simulação de ambientes e verificação do tráfego da informação na pequena banda passante disponível neste tipo de rede, assim justifica-se a relevância de tal estudo para o avanço deste campo de conhecimento.

1.1 Trabalhos Correlatos

Diversos estudos têm sido desenvolvidos em redes *ad hoc*, principalmente no que diz respeito à Qualidade de Serviço, Algoritmo de Roteamento dentre outros, com objetivo de validar o uso desta tecnologia.

Um dos problemas das redes *ad hoc*, diz respeito ao tráfego da rede e a largura de banda. Lima (2001), apresenta proposta de um mecanismo para manter QoS adaptável sobre o princípio de largura de banda em redes sem fio de topologia *ad hoc*, onde foi desenvolvido um software que permite simular ambientes *ad hoc*.

Pelo fato das redes *ad hoc* apresentarem mobilidade, os nós se movimentam com certa frequência. Quer dizer que um nó pode fazer parte da rede nesse momento e dentro de alguns instantes não mais pertencer a essa rede. Isso causa alguns problemas, como por exemplo, informação obsoleta e segurança dos dados. Meguerdichian (2001) *et al* apresenta o problema de segurança em rede sem fio *ad hoc*.

Wu e Chuang (S-D), propõem uma aproximação para apoiar QoS para aplicações Multimídia em redes *ad hoc* sem fio.

Um algoritmo para calcular a distância mínima para troca de informações entre nodo foi apresentado por Sanches e Manzoni (2002).

Os últimos anos testemunharam um tremendo crescimento de pesquisa e desenvolvimento para prover, aos usuários móveis, comunicação sem fio. Apresenta-se

uma proposta que examina como prover QoS para usuário móvel heterogêneo. É proposta por Choi (1999) uma arquitetura para administração de bandwidth sem fio que utiliza o conceito de QoS adaptável.

Hiller (2001), por sua vez, estuda a Avaliação de Mecanismos para Gerenciamento da fila do buffer da Interface do Host Controller Bluetooth.

Lin e Liu (1999), propõem um protocolo de roteamento de banda larga para QoS e suporte a *multihop* em redes móveis. A característica de roteamento em QoS é importante nas redes móveis para interconexão de redes sem fio com suporte a QoS, exemplo ATM, internet. O protocolo de roteamento proposto contém cálculo de banda larga e alocação de banda larga.

Em Chen e Nahrstedt (1999) apresenta-se um esquema de roteamento de QoS distribuído, que seleciona um caminho de rede com recursos suficientes para satisfazer os requisitos de atrasos em um ambiente móvel *multihop* dinâmico. É proposto um algoritmo que trabalha com informação de estados imprecisos. Em paralelo, pesquisam-se múltiplos caminhos para encontrar o mais qualificado. Nesse algoritmo, não são considerado somente os requisitos de QoS, mas também o custo otimizado do roteamento do caminho para melhorar toda a performance da rede.

O artigo de Mishra e Tech (2001) endereça algumas das qualidades de serviço emitidas para redes *ad hoc*, que tem recebido uma atenção maior na literatura. O foco está em roteamento QoS. Esta emissão é complexa e difícil devido à natureza dinâmica da topologia de rede e geralmente informações de estado de rede são imprecisas.

Como diferencial, o presente trabalho tem por objetivo testar a tecnologia de comunicação do Padrão 802.11b utilizando o NS-2 e posteriormente comparar com a tecnologia Bluetooth (Horstmann, 2002).

O trabalho de Horstmann apresenta como resultado o melhor desempenho obtido pelo mecanismo DRR quando comparado aos demais esquemas de fila sendo esta, conseqüentemente, a melhor alternativa para o problema apresentado.

1.2 Organização do Trabalho

O presente trabalho tem como intuito caracterizar e conceituar os elementos relativos ao entendimento de redes *ad hoc*, através da comparação entre rede móvel e infra-estruturada, que é apresentada no segundo capítulo.

Na seqüência, ainda no mesmo capítulo, são apresentados os conceitos de rede *ad hoc*, as vantagens e desvantagens, largura de banda desta tecnologia bem como o padrão 802.11, que normatiza as redes sem fio. Em adição, apresenta-se o conceito de QoS, evidenciando os principais requisitos de uma rede com qualidade de serviço, os mecanismos de tratamento de tráfego e suas categorias. Por fim, conceitua-se o *spread spectrum*, bem como os padrões de transmissão de radiofrequência *Frequency Hopping Spread Spectrum* (FHSS) e *Direct Sequency Spread Spectrum* (DSSS).

No capítulo 3 apresenta-se a metodologia de trabalho de pesquisa e experimento, com a descrição do simulador NS-2, do modelo e os detalhes da modelagem que serão empregados para a análise de soluções para o problema apresentado.

No capítulo 4, são evidenciados e discutidos os resultados obtidos na simulação da rede.

No último capítulo – 5 – são apresentadas as conclusões finais e sugestões para futuras pesquisas.

Finalmente, no capítulo 6, apresentam-se às fontes bibliográficas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Redes Sem Fio

Com o extraordinário crescimento ocorrido nos últimos anos nas áreas de comunicação celular, redes locais sem fio e serviços via satélite, a tendência é que em um futuro próximo, informações e recursos possam ser acessados e utilizados em qualquer lugar e a qualquer momento.

Em vista do atual crescimento do segmento de computadores pessoais portáteis e PDAs, estima-se que em poucos anos, dezenas de milhões de pessoas terão um laptop, palmtop ou algum tipo de PDA. Independente do tipo de dispositivo portátil, a maior parte desses equipamentos deverá ter capacidade de se comunicar com a parte fixa da rede e, possivelmente, com outros computadores móveis.

A comunicação sem fio elimina a necessidade do usuário manter-se conectado a uma infra-estrutura fixa e em geral, estática. A esse ambiente de computação dá-se o nome de computação móvel. A necessidade de tomada de decisão em tempo real tem levado usuários dos mais diversos setores e profissões a buscarem tecnologias que possibilitem o acesso, tratamento e uso de informações em tempo reduzido, conforme a necessidade de quem o utiliza.

O telefone celular é um ótimo exemplo, estimulou nos usuários a busca por maior comodidade, agilidade e capacidade de mobilidade exigindo cada vez mais o aumento de qualidade nos mais diversos tipos de tecnologia móvel.

A Internet é um exemplo de tecnologia fixa, que também teve que evoluir para se adequar às necessidades latentes e mutantes dos usuários atuais e potenciais. A figura a seguir ressalta o acima exposto:

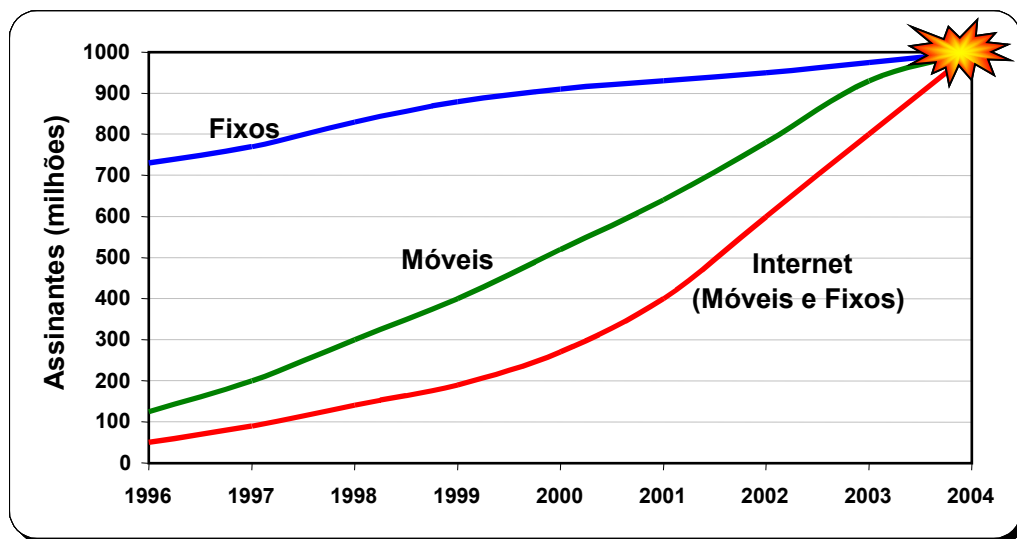


Figura 1: Análise crescimento na utilização de novas tecnologias

Fonte: Horstmann (2002).

Como se pode perceber através da análise do quadro, existe uma forte tendência de crescimento de assinantes na utilização de novas formas de tecnologia, tanto fixa quanto móvel (Wlana, 2002).

Na seqüência, são relacionados os conceitos básicos de redes *ad hoc*, qualidade de serviço, largura de banda e Padrão IEEE 802.11.

2.2 Redes Ad Hoc

A seguir é apresentado um breve histórico das redes *ad hoc*, bem como seu conceito e classificação.

2.2.1 Histórico das redes *ad hoc*

As redes *ad hoc* tiveram seu início com as pesquisas realizadas na década de 70 pela United States Defense Advanced Research Projects Agency (U.S DARPA) com o projeto Packet radio network (PRNET).

Tal projeto tinha como intuito explorar e ampliar os usos e aplicações de redes de pacote de rádio em um ambiente tático militar com o objetivo principal de melhorar a comunicação de dados.

Em 1983, a agência americana U.S Darpa, fez o lançamento do programa Survivable Adaptive Network, conhecido como SURAN, o qual foi desenvolvido para ampliar a base tecnológica que havia sido desenvolvida no projeto PRNET.

O SURAN foi desenvolvido com o objetivo de suportar grandes redes e também desenvolver protocolos de rede adaptativos que tivessem a capacidade de adaptar-se às rápidas e voláteis mudanças nas condições de ambientes táticos.

O Global Mobile Information Systems (GloMo) foi o ultimo programa iniciado pela U.S DARPA em 1994, e foi desenvolvido para satisfazer os requisitos de defesa para sistemas de informações consistentes e com capacidade ampla de expansão.

Com o passar do tempo as aplicações das redes *ad hoc* ultrapassaram o uso meramente militar e passaram a servir a outros fins como busca e salvamento de pessoas, conferências, entre outras aplicações.

2.2.2 O que são redes Ad Hoc

Ad hoc não é um termo necessariamente novo, já é utilizado em outras áreas do conhecimento como, por exemplo, Administração. A denominação vem do latim e significa literalmente “para isto”, ou ainda, “apenas para este propósito”, ou seja, tem o caráter de temporalidade. Em outras palavras, *ad hoc* pode ser entendido como algo que é criado ou ainda utilizado para a resolução de um problema específico e imediato.

Geralmente, numa rede *ad hoc* não há topologia predeterminada, e nem controle centralizado, por isso, esse tipo de rede não requer uma infra-estrutura tal como backbone, ou pontos de acesso configurados antecipadamente.

O tipo de ambiente onde os usuários podem utilizar comunicação sem fio para acessar recursos distribuídos faz parte da linha de pesquisa de Rede Móvel sem fio, e é chamada de Rede Móvel *ad hoc*. Uma rede móvel *ad hoc* é uma rede onde os nodos são móveis e podem se comunicar diretamente entre si (Leite, 2002), através de uma placa de interface de rede sem fio que está instalada em todos os dispositivos que fazem parte desta rede e com capacidade de compartilhar recursos.

Redes móveis *ad hoc* são também conhecidas como *Mobile ad hoc Network* (MANET). Numa MANET uma rota entre dois computadores pode ser formada por vários *hops* (saltos) através de um ou mais computadores na rede, conforme pode ser observado na Figura 2.

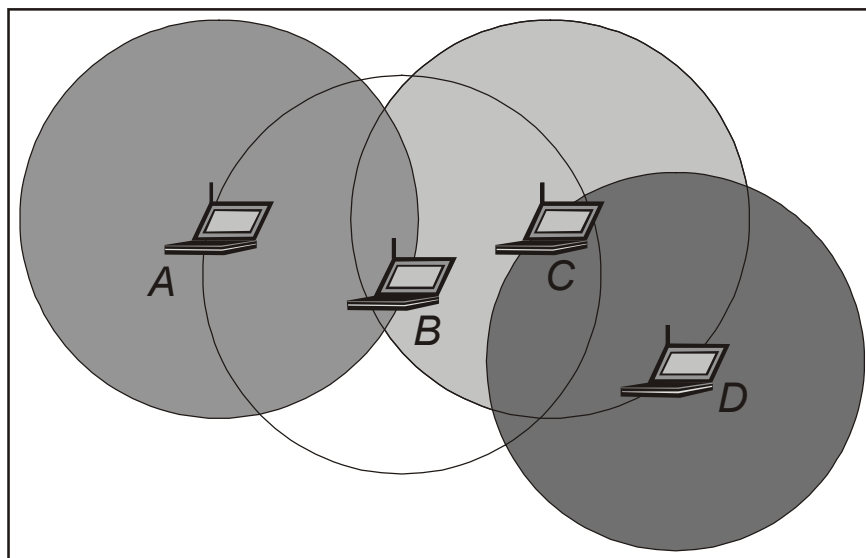


Figura 2: Exemplo de uma comunicação entre os computadores de uma MANET

Fonte: LIMA 2001.

Na figura 2 os círculos demonstram o alcance da comunicação das unidades móveis e, por exemplo, as mensagens de A para D devem passar pelos nós B e C para chegar em D.

Neste tipo de rede, os nós podem se movimentar livremente e se comunicar diretamente com outro nó que esteja dentro de sua área de alcance. Deste modo, a topologia da rede muda frequentemente, de forma imprevisível. Isso significa que um computador intermediário I, que num determinado instante faz parte de uma rota entre dois *hosts* A e B, pode não fazer parte dessa mesma rota mais tarde (Leite, 2002).

Pode-se concluir que uma rede *ad hoc* móvel, constitui um conjunto de nós/host móveis (HMs), os quais são formados por redes dinâmicas autônomas, independentes de qualquer infra-estrutura. HMs se comunicam uns com os outros sem a intervenção de uma estação base ou ponto de acesso centralizado.

Devido ao raio de transmissão das redes sem fio, múltiplos saltos (hops) podem ser necessários para efetuar a troca de dados entre os nós da rede, daí o termo “rede multi-hop” (Figura 2). Nessa rede, cada MN atua tanto como roteador quanto como um host. Sendo assim, cada MN participa da descoberta e manutenção de rotas para outros nós.

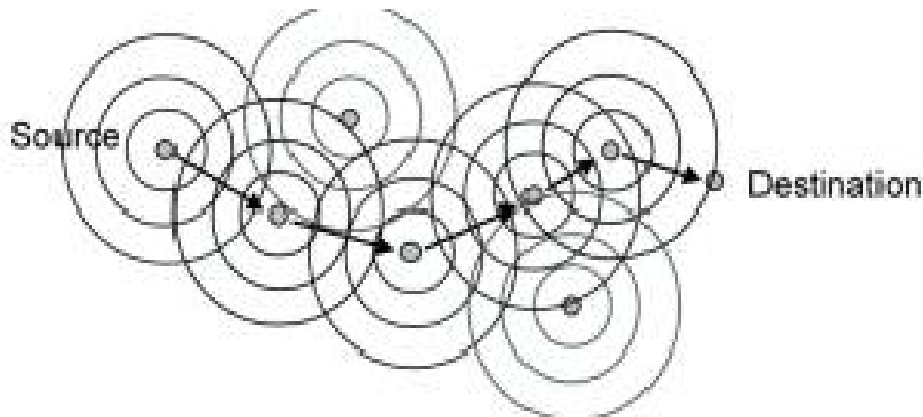


Figura 3: Comunicação entre host origem e host destino de uma rede *ad hoc*

Fonte: D’Oliveira Júnior (2001).

Na figura exibida, o host Source necessita comunicar-se com o host Destination. Observa-se que é impossível a comunicação direta entre eles devido à distância. Diante disso, solicita-se o auxílio dos demais hosts que neste momento fazem parte da rede para que a comunicação entre eles seja estabelecida.

Em seguida, apresenta-se a forma como as redes móveis podem ser classificadas.

2.2.3 Classificação de Redes Móveis

Redes móveis podem ser classificadas de duas formas diferentes: independente ou *ad hoc* (Figura 4) e infra-estruturada (Figura 5). Na rede infra-estruturada a comunicação do host móvel (HM) acontece sempre com o host fixo (HF), enquanto que na rede *ad hoc* a comunicação ocorre de HM para HM.

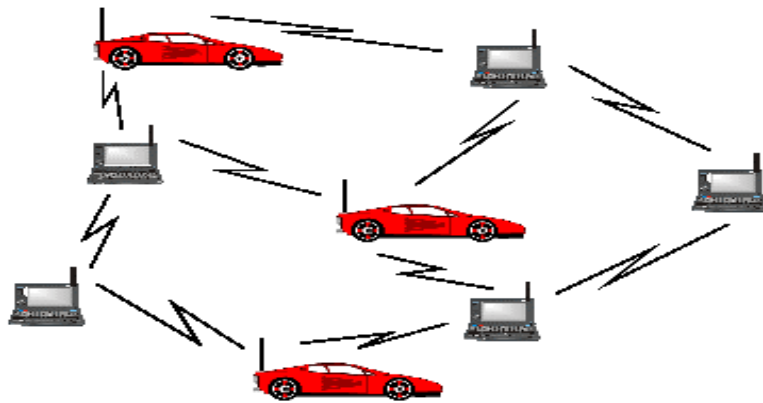


Figura 4: Modelo de comunicação em redes móveis *ad hoc*

Fonte: Lima (2001)

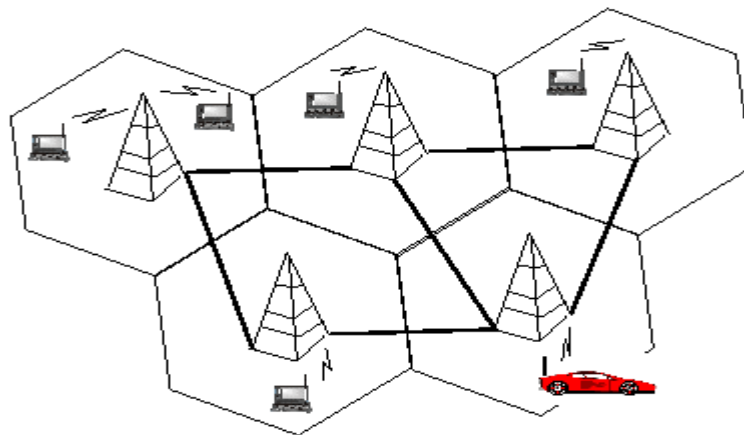


Figura 5: Modelo de comunicação em redes móveis infra-estruturadas

Fonte: Lima (2001)

Como pôde ser visto, em redes *ad hoc* a comunicação é diretamente entre os HMs. Se o destino não estiver ao alcance, requisita-se o serviço de outros HMs vizinhos. Ao contrário, nas redes infra-estruturadas, toda a comunicação passa necessariamente pelo HF, não existindo o problema de roteamento. Nestes casos, o principal problema é com controle de acesso ao meio, sendo esta uma das preocupações em redes *ad hoc*.

Existem diversos problemas característicos de redes móveis, dentre os quais se pode citar a baixa largura de banda, a comunicação ser em um meio não confiável, o limite de canais de comunicação e a preocupação com gasto de energia. Além disso,

para que o host origem se comunique com o host destino podem ser necessários os serviços de outros HMs, e estes, por sua vez, também se movem, o que se configura um problema por não se saber onde está o destino e muito menos, quanto tempo vai ficar numa mesma posição (Câmara, 2001).

A extensão da área de cobertura das redes móveis utiliza o conceito de células. As redes de longa distância (WLANs) de forma análoga, com intuito de estender sua conectividade, usam microcélulas. O aperfeiçoamento do suporte da rede móvel deveria seguir o conceito de *roaming* no qual o usuário móvel, existindo teoricamente a possibilidade de deslocamento de uma área para outra mantendo sua conexão com a rede.

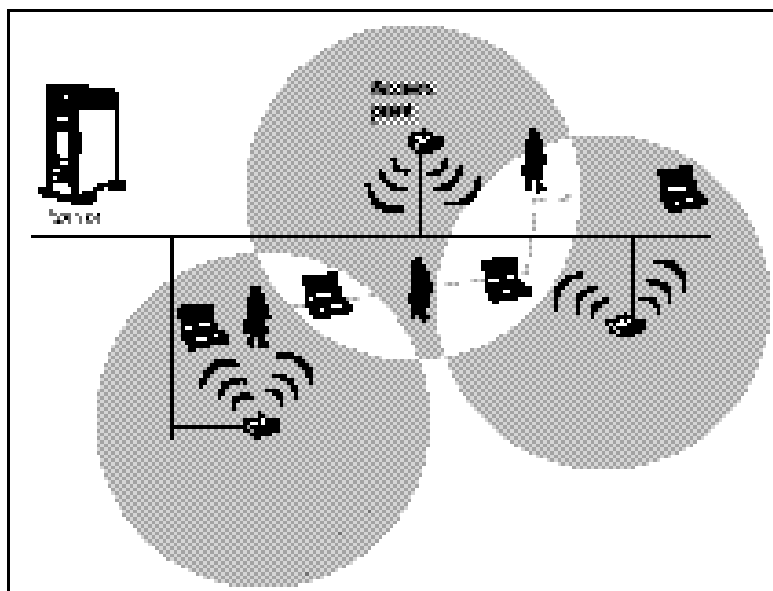


Figura 6: Manutenção de conexão entre pontos de acesso

Fonte: Wlana (2002)

No entanto, a falta de um ponto central, que poderia eventualmente coordenar a rede na totalidade, requer algoritmos distribuídos mais sofisticados para enfrentar o problema de roteamento. A mudança de topologia pode deixar as informações de localização rapidamente obsoletas (Câmara, 2002).

Outra maneira é classificá-las como redes simétricas ou assimétricas (D'Oliveira Junior, 2001).

“Redes simétricas podem ser conceituadas como aquelas as quais todos os nós na rede têm iguais capacidades e dividem responsabilidades similares, ao passo que, nas redes assimétricas, as capacidades de diferentes nós, tais como raio de transmissão, capacidade de processamento, velocidade de movimento entre outros e suas responsabilidades como, por exemplo, a habilidade para efetuar roteamento, variam de nó para nó”.

As redes *ad hoc* também podem ser classificadas ao considerar o tipo de tráfego que se espera que os nós transmitam (D’Oliveira Junior, 2001). Este tráfego pode ser de dados normais, ou dados em tempo real para aplicações multimídia, como som e vídeo. Os protocolos usados nas diferentes camadas dos nós são tipicamente modelados para adaptar-se ao tráfego que está sendo transmitido.

Os métodos de roteamento empregados nas várias redes podem ser diferentes. De modo geral, a classificação do tipo de roteamento pode ser unicast, multicast ou geocast. Os métodos de endereçamento podem variar. Métodos de endereçamento podem ser baseados no host, baseados no conteúdo ou até mesmo baseados na capacidade.

Há também outras métricas, como, por exemplo, taxa de transmissão e requisitos de segurança, que podem ser usados métodos sobre os quais as redes *ad hoc* podem ser classificadas. Faz-se importante a comparação entre as redes *ad hoc* e as fixas, no sentido de evidenciar e caracterizar os pontos positivos e negativos.

2.3 Vantagens x Desvantagens da rede ad hoc

As redes *ad hoc* apresentam vantagens e desvantagens quando comparadas com redes infra-estruturadas e fixas.

2.3.1 Vantagens

Como vantagens da rede *ad hoc*, apresentam-se as seguintes:

- Rápida instalação: redes *ad hoc* podem ser instaladas em locais onde não existe infra-estrutura prévia;

- Tolerância a falhas: a perda de conectividade entre os nós em redes *ad hoc* pode ser facilmente reconfigurada, desde que uma nova rota possa ser estabelecida;
- Conectividade: dois nós móveis podem se comunicar diretamente, desde que cada nó esteja dentro da área de alcance do outro. Em redes infra-estruturadas, mesmo que dois nós estejam próximos, é necessário que a comunicação passe pela estação de suporte à mobilidade, no caso de redes fixas pode haver uma ligação por meio de cabos entre os dois nós;
- Mobilidade: esta é uma vantagem primordial com relação às redes fixas (Lima, 2001).

2.3.2 Desvantagens

As desvantagens seguem uma estrutura, que assim se define:

- Roteamento: a mobilidade dos nós e uma topologia de rede dinâmica contribuem diretamente para tornar a construção de algoritmos de roteamento uma das principais dificuldades em redes *ad hoc*;
- Taxa de erros: a taxa de erros associada a enlaces sem fio é mais elevada;
- Banda Passante: enquanto em meios cabeados a banda passante já chega a Gbps, os enlaces sem fio suportam tipicamente taxas de, até, dois Mbps;
- Localização: outra questão importante em redes *ad hoc* é a localização de um nó, pois, além do endereço da máquina não ter relação com a posição atual do nó, também não existem informações geográficas que auxiliem na determinação do posicionamento do mesmo (Lima, 2001).

2.3.3 Utilidade das redes Ad Hoc

Existe um grande interesse em redes *ad hoc* por parte das empresas e profissionais que precisam de soluções em tempo real, devido às vantagens para determinados tipos de aplicações.

Considerando que a infra-estrutura fixa não se caracteriza como um pré-requisito, as redes *ad hoc* podem ser montadas em um espaço de tempo relativamente curto. Isso torna as redes *ad hoc* adequadas a situações onde não há outra infra-estrutura de comunicação presente, ou onde tal infra-estrutura não possa ser usada por razões de segurança, custo, etc.

Como as redes *ad hoc* não dependem de alguns terminais críticos para determinar sua organização e controle, sua performance não é afetada se um terminal da rede falhar ou mesmo sair do alcance.

Novos terminais podem ser adicionados facilmente à rede e pessoas e veículos podem se locomover na rede para executar suas funções sem se preocupar em manter a comunicação.

Algumas aplicações típicas para as quais as redes *ad hoc* podem ser usadas são (D'Oliveira Junior, 2001):

- PDA's, laptops, e outros dispositivos portáteis: A redução no tamanho dos equipamentos eletrônicos com o passar dos anos permitiu o desenvolvimento de vários tipos de dispositivos de computação portátil. Muitos desses dispositivos podem ter a possibilidade de acesso a algum tipo de conexão em rede, normalmente uma rede local ou acesso à internet. A atual tecnologia exige que os dispositivos portáteis estejam dentro do raio de alcance de algum tipo de hub sem fio. Isso reduz drasticamente a abrangência e mobilidade do sistema. Se os dispositivos *ad hoc* fossem equipados com uma estrutura *ad hoc* e a densidade desses dispositivos fosse boa o bastante, isso permitiria aos usuários terem algum tipo de conexão em rede em qualquer instância.
- Sensor Arrays: Sensores conectados a simples processadores podem facilmente ser implantados em um ambiente. Um sistema de rede dinâmico, como é o caso das redes *ad hoc*, permitirá a adição e integração de novos sensores no sistema. Uma vez que cada sensor funciona como um hub, o raio de alcance do sistema é tremendamente elevado, pois eles não necessitam estar centralizados ao redor de algum tipo de estação central. Aliado a isso e utilizando protocolos eficiência energética ajudará a aumentar o tempo de vida dos equipamentos no campo.

- Militar: Atualmente, equipamentos militares comumente contêm algum tipo de computador. As redes *ad hoc* permitem aos militares aproveitarem uma tecnologia de rede local para manter uma rede de informações entre os soldados, veículos e quartel general.
- Aplicações emergenciais: Uma vez que as redes *ad hoc* não necessitam de uma infra-estrutura preexistente, elas se tornam úteis em situações de emergência, como busca e salvamento, policiamento e combate ao fogo. Em casos como esses, a rede pode ser configurada no ar.

2.3.4 Dificuldade de implementação

Redes *ad hoc* podem ser pensadas como o meio mais moderno de conectar dispositivos. Como esse tipo de rede não assume a presença de nenhuma infra-estrutura fixa, as redes podem ser configuradas em qualquer lugar e a qualquer momento. Tornar possíveis essas características aparentemente ideais é um trabalho árduo para engenheiros e pesquisadores nessa área. Alguns dos típicos obstáculos encontrados são:

- Alcance limitado dos diversos nós da rede. Isso torna necessário o roteamento das mensagens através de vários hops, o que é relativamente complicado, uma vez que os nós se movem pela rede.
- O meio sem fio no qual essas redes operam apresenta uma série de complicações, tais como *fading* (enfraquecimento) e *multipath* (vários caminhos).
- Perdas de pacotes não são causadas apenas por erros de transmissão, mas também, pela mobilidade dos terminais.
- O tempo de vida das baterias dos dispositivos portáteis é um problema de grande importância.
- Outro grande problema é a segurança. Uma vez que as redes são distribuídas, torna-se relativamente fácil para os usuários da rede ter acesso a informações alheias. Melhores métodos para evitar isso devem ser desenvolvidos.

2.4 Rádio Frequência

Pode-se conceituar rádio frequência ou ondas de rádio, como o campo eletromagnético que é gerado quando uma corrente alternada é enviada para uma antena.

2.4.1 Spread Spectrum (Espectro Espalhado)

Existem vários sistemas de redes locais sem fio que utilizam a tecnologia *spread spectrum*, uma frequência de rádio de banda larga desenvolvida pelos militares para uso em sistemas de comunicações seguras e confiáveis para missões críticas (Zanetti e Gonçalves, 2001a). *Spread Spectrum* é designado para definir eficiência de largura de banda com confiabilidade, integridade e segurança, ou seja, mais largura de banda é consumida em relação à transmissão de banda estreita, porém, produz um sinal que é mais forte e, portanto, fácil de detectar, desde que o receptor conheça os parâmetros do sinal *spread spectrum* que está sendo difundido.

A principal finalidade referente à segurança em *Spread Spectrum* é impedir a recepção não autorizada e interferência do sinal, intencional ou não. Geralmente, os produtos *spread spectrum* possuem quatro modos básicos de segurança:

- Usam baixos níveis de força na transmissão, restringindo o alcance das ondas;
- Usam alguma técnica para embaralhar o sinal, ou seja, os transmissores embaralham os dados, enviando-os em múltiplas frequências de rádio;
- Usam endereços únicos e específicos para cada usuário e,
- Usam codificação de espectro, ou seja, o controlador seleciona um único código *spread spectrum* onde o *hub* e os equipamentos operam com aquele código, o próximo *hub* tem código diferente e ainda não pode comunicar (ou “roubar”) os dados (Zanetti e Gonçalves, 2001b).

Existem basicamente três técnicas de *spread spectrum*: *direct sequence* (*seqüência direta*), *time hopping* (salto de tempo) e *frequency hopping* (salto de frequência). Estas três tecnologias não são excludentes, ou seja, podem ser usadas de forma isolada ou em combinação. É importante ressaltar que a maioria das redes sem fio utiliza pelo menos uma destas tecnologias para o transporte de ondas de rádio. Considerando os objetivos desse trabalho, serão abordadas duas das três formas de tecnologia, que são: Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) e Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS).

O sinal do *spread spectrum* é caracterizado através de dois critérios (Roberts, 2002):

- Alguma função, diferente da informação que está sendo transmitida, é empregada para determinado resultado transmitido por toda a banda;
- A sinalização da banda deve ser maior que a banda da informação.

O uso da tecnologia do espectro espalhado possibilita o compartilhamento de mesma frequência de banda por vários usuários - principalmente se for acompanhada da tecnologia de acesso Code Division Multiple Access (CDMA) - que funciona disponibilizando para cada usuário, uma seqüência única que permite identificação pelo receptor através da transmissão simultânea dos sinais ocupando a mesma frequência.

Na seqüência são apresentadas as tecnologias Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) e Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS). As mesmas são abordadas porque o padrão 802.11 decidiu conforme regulamentações do *Federal Communications Commission* (FCC), FCC 15.247, que o usuário deveria ter a liberdade de optar pela alternativa mais adequada às suas características ou necessidades (Kamerman, 1996).

2.4.2 *Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)*

FHSS é uma das duas formas de espalhamento de espectro de rádio. O sinal de dados é modulado num sinal de portadora “estreita”, que salta numa seqüência randômica, mas previsível, de frequência em frequência, numa função do tempo sobre ampla banda de frequências. O sinal energizado é espalhado em domínios de tempo ao invés de dividir cada bit em pequenos pedaços no domínio da frequência.

Esta técnica reduz a interferência porque o sinal de um sistema de banda estreita afetará somente o sinal do espectro espalhado se ambos estiverem transmitindo na mesma frequência ao mesmo tempo. Se adequadamente sincronizado, um simples canal lógico é mantido. As frequências de transmissão são determinadas por um código de espalhamento ou salto.

O receptor deve ser configurado para o mesmo código de salto e precisa perceber o sinal de entrada no momento certo e corrigir a frequência para receber adequadamente o sinal.

As regulamentações atuais do FCC requerem dos fabricantes o uso de mais de 75 frequências por canal de transmissão com um máximo tempo de vida (o tempo gasto em determinada frequência durante um simples salto de 400 ms).

A camada física Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) possui 22 "modelos de salto" (*hop patterns*) para serem escolhidos. Esta camada é requerida para saltar em torno da banda *Industrial, Scientific and Medical* (ISM) de 2,4 GHz, cobrindo 79 canais. Cada canal ocupa um MHz de largura de banda e deve saltar para uma taxa mínima especificada pelo corpo de regulamento do país intencionado. O Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) usa a banda ISM de 2,4000 a 2,4835 GHz.

Em resumo, a técnica de transmissão Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) consiste em dividir a banda do canal em subcanais, nos quais a transmissão ocorrerá em tempos curtos, ou seja, o transmissor envia seus dados ciclicamente em diversos subcanais conforme uma seqüência (Prange e Rochol, 2002). Para que o receptor recupere os dados corretamente, deve percorrer os subcanais na mesma ordem em que o transmissor os utiliza.

Cada uma das camadas físicas usa seus próprios cabeçalhos para sincronizar o receptor e determinar o formato de modulação do sinal e o tamanho do pacote de dados. Os cabeçalhos de camada física são sempre transmitidos a um Mbps. Campos pré-definidos nos cabeçalhos permitem a opção de aumentar a taxa de dados para dois Mbps para o pacote de dados atual.

2.4.3 *Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)*

DSSS é a segunda forma de espalhamento de frequência de rádio. Nesta tecnologia de transmissão um sinal de dados na estação emissora é combinado com uma taxa maior de sequenciamento de bits, o “*chipping code*”, que separa os dados do usuário de acordo com a taxa de espalhamento. Este código é um padrão redundante do bit para transmissão, aumentando a resistência do sinal para transferência. Se um ou mais bits no padrão são perdidos durante a transmissão, o dado original pode ser recuperado devido à redundância de transmissão.

A camada física DSSS usa uma sequência de 11 bits para espalhar os dados antes de transmiti-los. Cada bit transmitido é modulado por esta sequência. Este processo espalha a energia de rádio-frequência em torno de uma ampla largura de banda que pode ser necessária para transmitir o dado. A carga de processamento do sistema é definido como sendo 10 vezes o logaritmo da taxa de espalhamento (também conhecido como taxa de chip) para o dado. O receptor concentra o sinal de rádio-frequência recebido para recuperar o dado original. A vantagem desta técnica é que ela reduz os efeitos de interferência de fontes de banda estreita. O Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) também utiliza a banda ISM de 2,4 GHz.

No quadro 1 é apresentada uma comparação das características distintas entre as duas tecnologias, embora tenham os mesmos objetivos. Já a tabela 1, caracteriza as tecnologias.

Quadro 1: Comparação entre FHSS e DSSS

FHSS	X	DSSS
Complicada	X	Fácil e simples
Alta potência	X	Baixa potência
Alto período de latência	X	Curto período de latência
Conexão de entrada lenta	X	Conexão de entrada rápida
Alto alcance interno	X	Curto alcance interno
Altas taxas de transferência	X	Baixas taxa de transferência

Fonte: Kamerman (1996).

Tabela 1: Características das tecnologias FHSS e DSSS

CARACTERÍSTICAS	FHSS	DSSS
Banda	2.4 GHz	2.4 GHz
Padrão	IEEE 802.11	IEEE 802.11b
Técnica de Modulação	Modulação de Freqüência (FM)	Modulação de Amplitude (AM)
Canal da Portadora	Envia dados sobre canais 1 MHz	Fixado em canal de 17MHz
Serviços Suportados	Dado, vídeo, voz	Dado
Máximo de Canais Independentes	15	3
Tecnologia da Indústria	HomeRF, Bluetooth	802.11b

Fonte: Hiller (2001).

Em síntese:

A tecnologia Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) está baseada em freqüências, ou seja, diferentes freqüências em diferentes instantes de tempo, pré-acordados entre emissor e receptor. Já a tecnologia Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS), está baseada em um código que identifica o emissor e o sinal é espalhado em várias freqüências com menor amplitude.

Na seqüência, será estudada a Qualidade de Serviço (QoS), fator muito importante na transmissão dos dados em uma rede.

2.5 Qualidade de Serviço (QoS – Quality of Service)

Em relação a QoS dois conceitos são de fundamental importância:

1. O gerenciamento eficiente dos recursos de rede para fornecer serviços adequados passa, necessariamente, pela capacidade de controle dos mecanismos de tratamento de tráfego;
2. Regras previamente definidas para as políticas de rede.

Com base nos conceitos acima apresentados, pode-se definir QoS como os procedimentos e ações que têm como intuito controlar os meios de tratamento de tráfego na rede, com objetivo de prestar serviços específicos aos usuários, no entanto sujeito às políticas da rede. Outro aspecto importante a ser explicitado, diz respeito à alocação da banda variável a qual representa uma forma de implementar a QoS, que deve adaptar-se às condições específicas da rede.

De outra forma, *QoS* trata de uma política para dividir mais racionalmente a banda disponível e tentar garantir, para certos serviços, a latência e largura de banda. Necessária, especialmente, em momentos de sobrecarga da rede, pois aqueles serviços definidos como prioritários deverão continuar funcionando perfeitamente, mesmo que isto prejudique a performance de outros de menor importância (Aroca, 2002).

QoS é uma maneira de fornecer classes de serviços diferenciados em níveis de prioridade para fluxos de dados. Os serviços diferenciados podem ser definidos, em parte, pelos seguintes parâmetros: largura de banda, taxa de erros, atraso e variação no tempo e na seqüência da entrega das informações (*jitter*). *QoS* pode atribuir níveis de prioridade e então tentar fornecer estes serviços diferenciados para fluxos de dados ou *hosts* específicos (Ulbrich, 2001). Não são todas as aplicações que realmente necessitam de garantias fortes e rígidas de qualidade de serviço (*QoS*) para que seu desempenho seja satisfatório.

A *QoS* oferecida em redes é um importante aspecto de implantação e operação para as redes de pacote como um todo, tornando-se fundamental para o desempenho das aplicações. A *QoS* se refere à habilidade da rede em prover o melhor serviço para cada tipo de tráfego, sobre as diferentes tecnologias de rede. Entretanto, para extrair o máximo de recursos e a garantia de um nível adequado de serviço para os diversos tipos de aplicações, é necessário implementar mecanismos que garantam a qualidade de serviços.

A *QoS* em redes independe do seu tamanho, sendo formada pelo encadeamento da qualidade em cada um dos *hops* dentro de uma rota de comunicação. As redes IP tradicionais utilizam o roteamento *Best Effort*, o qual tem seu cerne baseado no princípio das filas *First In First Out* (FIFO). O emprego de tais filas tem como objetivo produzir latência e minimizar a perda de pacotes quando as redes encontram-se

congestionadas a fim de minimizar a ocorrência de *jitter* ocasionado pelo atraso entre os pacotes.

Desta forma, é possível destacar um primeiro requisito técnico que é a QoS por *hop*. Por se tratar do menor elemento controlável dentro de uma rede, o qual pode integrar dois ou mais canais de comunicação, é imprescindível que cada um tenha uma forma característica para tratar QoS nas comunicações.

Outro elemento de destaque é a possibilidade de viabilização de diversas rotas, dentro do conceito das redes *Ad Hoc*. Existe a possibilidade de termos vários caminhos paralelos entre dois pontos. Dependendo do grau de mobilidade dos nós que fazem parte dessas rotas, os mesmo podem existir ou deixar de existir com uma relativa frequência. O uso de várias rotas traz como vantagem a sensível redução da carga no caminho entre dois pontos, o que implica, obviamente, na redução da possibilidade de perdas de pacotes e do *jitter*.

Os mecanismos que possibilitam o tratamento do tráfego da rede são determinantes do nível de qualidade de serviço. Tais mecanismos têm a função de implementar e exercer controles considerando as políticas vigentes da rede, que são duas: por usuários e por aplicações.

Por analogia, pode-se usar o exemplo da Internet e das Intranets, nas quais a largura de banda é de suma importância. Há um uso crescente dos benefícios gerados pela Internet, imposto pelas turbulências e urgência de uso eficaz e racional do tempo, aliados à rápida obsolescência das informações.

A gigantesca quantidade de dados que precisam ser transmitidos diariamente através da Internet vem crescendo exponencialmente. Novos aplicativos, como RealAudio, RealVÍdeo, Internet phone e sistemas de videoconferência necessitam cada vez mais largura de banda em comparação aos aplicativos usados nos primeiros anos de Internet.

Ao passo que aplicativos tradicionais da internet como WWW, FTP ou Telnet não toleram perda de pacotes, são menos sensíveis aos retardos variáveis. A maioria dos aplicativos em tempo real apresenta exatamente o comportamento oposto, pois podem compensar uma quantidade razoável de perda de pacotes, mas são, normalmente, muito críticos com relação aos altos retardos variáveis.

Isso significa que, sem algum tipo de controle de largura de banda, a qualidade dos fluxos de dados em tempo real depende da largura de banda disponível no momento.

Larguras de banda baixas, ou mesmo larguras de banda melhores, no entanto, instáveis, causam má qualidade em transmissões de tempo real, com eventuais interrupções ou paradas definitivas da transmissão.

Mesmo a qualidade de uma transmissão usando o protocolo de tempo real (RTP) depende da utilização do serviço de entrega IP subjacente. Por isso, se faz urgente a aplicação de conceitos cada vez mais adequados às necessidades reais e potenciais no intuito de aumentar a probabilidade de níveis elevados de QoS, específica para aplicativos em tempo real na Internet.

QoS pode ser conceituada como um conjunto de parâmetros que descrevem a qualidade de um fluxo de dados específicos. A pilha do protocolo IP básica propicia somente uma QoS que é chamada de "melhor tentativa".

Os pacotes são transmitidos de um ponto ao outro sem qualquer garantia de uma largura de banda especial ou retardo mínimo, ou seja, os equipamentos de rede enviam informações e vão progressivamente aumentando a taxa de transferência, para tentar atingir o máximo de desempenho.

No momento de tráfego de "melhor tentativa", as requisições na Internet são processadas conforme a estratégia do "primeiro a chegar, primeiro a ser atendido". Isso significa que todas requisições têm a mesma prioridade e são processadas uma após a outra. Sendo assim, não há possibilidade de fazer reserva de largura de banda para conexões específicas ou aumentar a prioridade de uma requisição especial.

Atualmente, há dois princípios básicos para conseguir QoS:

- a) Serviços Integrados (IntServ);
- b) Serviços Diferenciados (DiffServ);

O IntServ é um modelo baseado em reserva de recursos, ao passo que, os serviços diferenciados (DiffServ) representam uma proposta na qual os pacotes são marcados de acordo com a classe de serviços pré-determinada.

Os conceitos e características de cada um deles serão destacados na seqüência.

2.5.1 Serviços Integrados (IntServ)

O modelo de serviços integrados é caracterizado pela reserva de recursos. Antes de iniciar uma comunicação, a emissora solicita, ao receptor, a alocação de recursos necessária para definir-se uma boa qualidade na transmissão dos dados.

O protocolo *Resource Reservation Protocol* (RSVP) é utilizado nesse modelo para troca de mensagens de controle de alocação dos recursos. A alocação de recursos, diz respeito à largura de banda e ao tempo em que será mantida a conexão. Neste período de tempo, o emissor daquele serviço tem uma faixa de largura de banda disponível para transmitir seus dados.

O IntServ caracteriza-se pela alocação de recursos para dois novos tipos de serviços que são os serviços de carga controlada para aplicações que requerem segurança e destacam o serviço de melhor esforço e os serviços garantidos para aplicações que necessitam de um atraso constante (Santos, 1999).

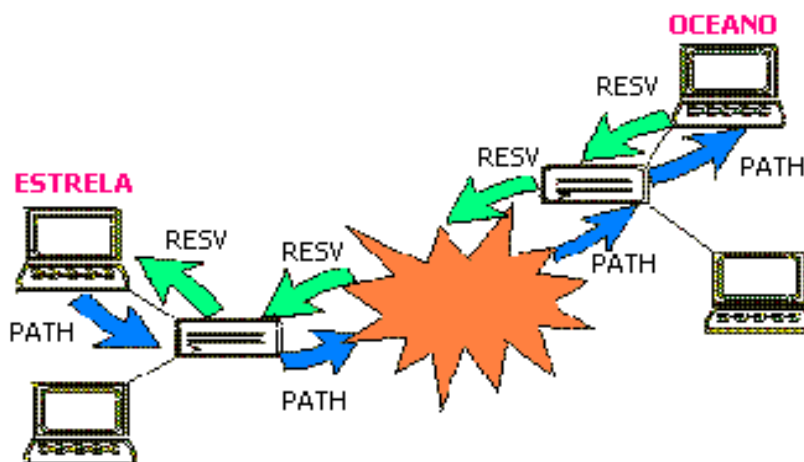


Figura 7: Sinalização RSVP

Fonte: Santos (1999).

Na figura acima, supõe-se que a máquina ESTRELA deseje fazer comunicação de voz através da Internet (voz sobre IP) com a máquina OCEANO. Esta aplicação requer baixo atraso e baixa variação do atraso (*jitter*) para que sejam mantidos os requisitos de qualidade. Então, ESTRELA envia uma mensagem especificando as

características para o tráfego (*path*) para OCEANO. Quando a mensagem de *path* chega a OCEANO, inicia-se o procedimento de reserva de recursos (*resv*) por todo caminho entre este dois nós da rede. Todos os roteadores entre os dois pontos passam pelo processo de alocação de recursos e qualquer um deles pode rejeitar a solicitação, informando para ESTRELA que a solicitação não foi aceita. Caso todos os roteadores tenham condições de disponibilizar os recursos solicitados, é alocada a largura de banda e *buffer* necessários para a aplicação.

Durante a transmissão dos pacotes, são feitas classificações nos roteadores para cada fluxo, colocando-os em filas específicas para a aplicação. Como o controle é feito, basicamente, nos roteadores, isso exige grande capacidade de processamento, armazenamento e bons algoritmos para tratamento de filas. Ou seja, aumenta o grau de complexidade nos roteadores.

O IntServ foi projetado para estabelecer QoS "end-to-end", ou seja, aumentar a probabilidade de que a qualidade será adequada, exatamente como foi estabelecido na configuração original, entre os dois pontos que estão conectados através deste sistema.

O que ocorre, é que várias conexões virtuais são estabelecidas como em Frame-Relay e ATM, e os roteadores armazenam em tabelas o estado de cada conexão.

Portanto, para estabelecer um canal IntServ entre dois pontos, o aplicativo do usuário irá perguntar para o roteador se ele pode oferecer o recurso que a aplicação necessita no momento, e este roteador irá perguntar ao seu próximo, que irá perguntar ao próximo, até chegar na outra ponta. Se todos tiverem recurso disponível para oferecer, o canal é estabelecido; caso contrário, não é feita a conexão IntServ (Bensi, 2002).

Embora a idéia e o conceito sejam muito interessantes, o IntServ não funciona bem em grandes redes, pois nenhum roteador é capaz de guardar uma tabela com muitas conexões IntServ e comparar a cada pacote IP, em contrapartida, é mais recomendado para redes pequenas em função de diversos fatores, como por exemplo o custo.

A seguir, apresenta-se com mais detalhe o Protocolo RSVP.

2.5.1.1 Protocolo RSVP (ReSerVation Protocol)

Resource ReSerVation Protocol (RSVP) pode ser conceituado como um protocolo de sinalização que opera no nível três reservando recursos em redes habilitadas para tratar da QoS, e tem ainda a função de coordenar a aplicação de mecanismos de tratamento de tráfego em múltiplos dispositivos, com o objetivo de obter a maior QoS fim-a-fim.

De forma sucinta, o RSVP opera da seguinte maneira: envia uma requisição de pedido de recursos em somente uma direção e trata de forma distintiva o emissor e o receptor, mesmo que paralelamente a aplicação atue tanto como emissora quanto receptora. É importante fazer uma ressalva, esse protocolo não transporta dados de aplicações, ou seja, executa somente em *background*, não tendo a função de enviar dados.

O RSVP foi desenvolvido para que o *host* possa se beneficiar de *QoS* específicas conforme a aplicação a qual se destina. No entanto, o RSVP não tem a função de atuar como roteador, e sim, para operar com protocolos unicast e multicast, tanto atuais quanto futuros. A diferença fundamental é que os protocolos de roteamento determinam o destino dos pacotes enviados enquanto o RSVP tem a função específica de primar pela *QoS* desses pacotes que são enviados conforme o roteamento determina.

O mecanismo de funcionamento do RSVP opera da seguinte maneira: é transmitida uma mensagem PATH que descreve para os receptores o dado a ser transmitido e o caminho que o mesmo deverá tomar. Como resposta, os receptores enviam mensagens RESV que segue o mesmo caminho de volta da mensagem PATH, informando que o perfil de tráfego solicitado é suportado pelo receptor que está respondendo. Os tipos de informações suportadas por esse tipo de protocolo são:

- a) Informação de classificação (meio de identificação do tráfego);
- b) O tipo de informação requerido da rede (IntServ);
- c) Parâmetros quantitativos descrevendo o tráfego;
- d) Informações de política (identificando o usuário e a aplicação correspondente).

Os dispositivos que contam com o mecanismo RSVP extraem informações de políticas da rede e fazem sua verificação. Tais solicitações de recursos podem não ser

aceitas diante dessas políticas de rede, evitando que a mensagem siga o seu destino. Quando esse fato ocorre, é enviada uma mensagem de rejeição. Quando as mensagens não são rejeitadas por políticas de rede ou indisponibilidade de recursos, dá-se a reserva, a qual significa que os recursos que foram solicitados serão alocados para o tráfego pertencente ao fluxo solicitante. Quando dá reserva, uma requisição do RSVP QoS é encaminhada para dois módulos de decisão local:

- *Admission Control* – determina se o nó tem recurso suficiente para suportar o QoS solicitado.
- *Policy Control* – determina se o usuário tem permissões administrativas para fazer a reserva.

Se ambas as verificações procederem positivamente são estabelecidos parâmetros *packet classifier* e também na interface do enlace com o objetivo de obter o QoS necessário. No entanto, se alguma rejeição ocorrer é retornado uma notificação de erro pelo protocolo RSVP para o processo de aplicação que originalmente solicitou a requisição.

2.5.2 Serviços Diferenciados (*Diffserv*)

A idéia fundamental da Arquitetura de Serviços Diferenciados (*DiffServ*) é definir um conjunto pequeno de mecanismos que possam ser implementados nos nós da rede e que suportem uma grande variedade de serviços, oferecendo QoS com escalabilidade; sem estado para cada fluxo e sinalização a cada nó. O tratamento oferecido por um nó compatível com essa abordagem, é efetuado sobre uma agregação de fluxos. Não mais para um fluxo individual. Os pacotes que não pertencem a nenhum fluxo contratado recebem o serviço padrão, o qual é equivalente ao serviço de melhor esforço, atualmente oferecido.

O *diffserv* se difundiu devido a sua praticidade e baixo custo e, hoje é amplamente utilizado. Toda sua operação é baseada em marcar um campo no cabeçalho dos pacotes IP, que não era utilizado até então. Este campo de oito bits, hoje chamado de Type of Service (TOS) no Ipv4, conforme pode ser observado na figura 8, e Traffic Class Field (TCF) no Ipv6 – conforme pode ser observado na figura 9 – recebe um valor numérico que os roteadores usam para saber que tratamento dar a este pacote. Sua

marcação pode ser feita usando como regra o endereço de origem ou destino, porta de origem ou destino, horário, MAC Address, e outras, além de poder combinar várias delas (Bensi, 2002).

Quando um pacote chega a uma máquina ele será analisado pelo “Classificador”, e dependendo do conteúdo de seu campo de TOS ou TCF ele será encaminhado para uma fila. Com isto, os roteadores deixam de ter filas únicas do tipo *FIFO* (primeiro a entrar é o primeiro a sair) e passam a ter diversas filas, que recebem pacotes de acordo com sua marcação. Os roteadores que são habilitados a usar diffserv, tratam o pacote de maneira diferenciada, inserido-o em uma fila de maior ou menor prioridade, e os roteadores que não tem este recurso, apenas o ignoram e repassam o pacote com o campo intacto (www.geocities.com/rafaelaroqa/qos/paper/node6.html., 2002).

Dessa forma, embora o diffserv não seja um mecanismo que garanta 100% a qualidade da rede, ele é muito fácil e prático de implementar, bastando um sistema operacional para microcomputadores PCs comuns, com um microcomputador. Ele também é escalável, pois os roteadores não precisam manter em memória e processar o estado de cada pacote. Devem apenas colocar em filas de acordo com marcações simples. A figura abaixo ilustra as diferenças e similaridades no preenchimento dos campos do cabeçalho do IPv4 e IPv6:

IPv4

Version	IHL	TOS	Total Length	
Identification			Flag	Fragment Offset
Time to Live	Protocol		Header Checksum	
Source Address				
Destination Address				

Figura 8: Modelo Cabeçalho do Ipv4

Fonte: Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação.

IPv6

Version	Traffic Class	Flow Label	
Payload Length		Next	Hop Limit
Source Address			
Destination Address			

Figura 9: Modelo Cabeçalho do Ipv6

Fonte: Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação.

A identificação da agregação de fluxos no interior de um domínio DiffServ é efetuada através da marcação de um novo campo chamado *Differentiated Services* (DS). O campo DS é obtido pela renomeação do campo TOS, no caso do Ipv4, ou no campo do *Traffic Class*, no caso do Ipv6.

Formato do byte DS:

Differentiated Services Code Point (DSCP)

Currently Undefined (CU)

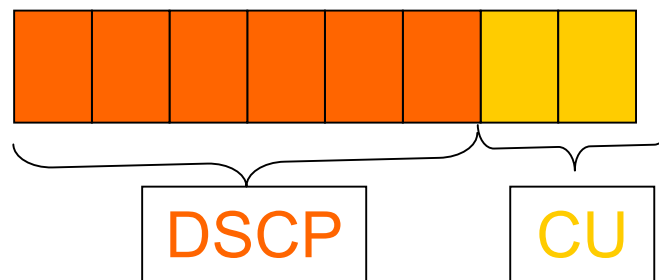


Figura 10: Formato do byte do Differentiated Service (DS)

Fonte: Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação.

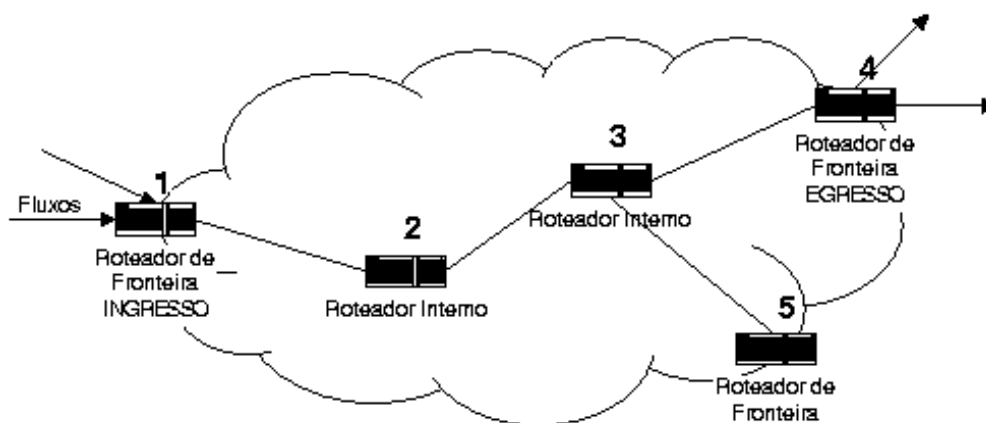


Figura 11: Domínio de Serviços Diferenciados – DS

Fonte: Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação.

A figura acima representa um domínio DiffServ. No entorno do domínio estão localizados os nós de fronteira 1, 4 e 5. Nesses nós, os fluxos são agregados e estas agregações são encaminhadas pelo nós interiores 2 e 3. Esta arquitetura somente provê a diferenciação de serviços em uma única direção do fluxo de tráfego, sendo, portanto, assimétrica. Os nós de fronteira assumem, dependendo do sentido do tráfego tratado, o papel de nós de ingresso ou egresso. Na ilustração da Figura 11, o nó 1 representa um roteador de ingresso e o nó 4 um roteador de egresso (Oliveira e Farines, S-D).

No modelo DiffServ o encaminhamento das agregações é feito segundo uma política de Comportamento por Nó, o *Per-Hop Behavior* (PHB). O resultado de uma transmissão, isto é, o serviço fim a fim é conseguido através da combinação dos PHBs entre os domínios ao longo do caminho. Atualmente, existem duas propostas de PHB para a implementação de Serviços Diferenciados: o Encaminhamento Expresso, o *Expedited Forwarding* (EF), e o Encaminhamento Assegurado, o *Assured Forwarding* (AF). O primeiro oferece a garantia de uma taxa mínima de transmissão pré-configurada em cada nó compatível com a proposta de Serviços Diferenciados que o suporte. Assim, o PHB EF pode ser utilizado para a obtenção de um serviço fim-a-fim com baixa perda, baixo retardo, baixa variação do retardo (*jitter*) e banda passante assegurada através de um domínio DS. Entre os pontos finais de um domínio DS, o Serviço de Encaminhamento Expresso apresenta-se como um caminho virtual dedicado que possui a taxa de transmissão pré-configurada (Oliveira e Farines, S-D).

O PHB de Encaminhamento Assegurado provê quatro classes, cada uma com uma certa quantidade de recursos (memória e banda passante) alocada. Em cada classe, os pacotes podem ser marcados com uma de três preferências para descarte. Havendo congestionamento, a preferência de descarte determina a importância relativa entre os pacotes de uma mesma classe. Não há o reordenamento de pacotes de um mesmo fluxo quando estes pertencem a uma mesma classe.

A abordagem Serviços Diferenciados também possui alguns problemas. Dentre eles, pode ser citada a baixa granulosidade (não possui um bom mecanismo de distinção frente à diversidade de fluxos presentes) e o número limitado de classes.

2.5.2.1 Classes

Um aspecto muito interessante do diffserv é a capacidade de trabalhar com classes de serviços - tecnicamente conhecida como Class Based Queue (CBQ). Usando classes pode-se dizer que todo *download* (ftp) feito por usuários não pode ultrapassar uma velocidade pré-determinada, ou ainda, dizer que o e-mail não é prioritário, ou seja, seus pacotes podem esperar pacotes de navegação web passem para serem transmitidos.

Como se tudo isto não bastasse, ainda pode-se configurar as classes de forma a uma emprestar seus recursos a outra em momentos de ociosidade, mas tomá-las de volta se preciso. Um exemplo seria um provedor de acesso a Internet com um *link* de 10Mbit.

Poderiam ser criadas duas classes principais: uma de 8Mbit no máximo para os clientes, e 2Mbit de velocidade máxima para o escritório do provedor. Entretanto, durante a noite não há ninguém trabalhando no escritório, e os 2Mbit destinados a ele seriam desperdiçados.

Para resolver este problema, pode-se configurar as classes para que a classe do escritório possa emprestar sua banda disponível para os usuários do provedor depois do horário de expediente (www.geocities.com/rafaelaroca/qos/paper/node6.html, 2002).

2.5.2.2 Utilidade e aplicabilidade

Os procedimentos relativos a QoS nas redes *ad hoc*, são especialmente úteis e necessários para:

- Eliminar ou minimizar congestionamentos da rede;
- Dar melhor suporte para largura da banda;
- Modelar e priorizar os aspectos ligados ao tráfego de informações, entre outros.

A adoção de procedimentos da QoS tem como função, a priori, melhorar as condições de utilização das redes *ad hoc*, pois, quanto melhor a condição da rede, mais fácil prever problemas ou gargalos e gerir as mudanças necessárias ao longo do tempo.

2.5.3 Fluxo de informações

Dentro de QoS, o tráfego de informações pode ser tratado através de filas, também chamado de esquema de filas. Estes mecanismos aumentam o desempenho dos recursos utilizados, pois sempre que são formadas filas os algoritmos são os responsáveis por determinar a ordem e a taxa com que pacotes serão retirados da fila e transmitidos posteriormente.

Mecanismos ou esquema de filas devem prover qualidade de serviço tratando determinado tráfego preferencialmente em relação a outro tráfego (Horstmann, 2002).

2.5.3.1 FIFO – First in first out

Este mecanismo inclui todo o tráfego em uma fila, aonde o primeiro a chegar será o primeiro a ser atendido, ou seja, a ordem dos pacotes enfileirados não é alterada. Os pacotes só podem ser tratados antes de entrarem na fila, caso contrário, não podem ser alterados.

FIFO é um esquema limitado para suportar qualidade de serviço pelo fato de não alterar a ordem dos pacotes enfileirados.

2.5.3.2 Conservação de trabalho

Esta técnica não prevê a formação de filas. À medida que os pacotes chegam, são imediatamente liberados. Caso o fluxo de entrada for maior que o fluxo de saída,

então haverá a formação de filas. Para tratar este problema utiliza-se algoritmo específico com o propósito de selecionar as filas apropriadas para liberar os pacotes a serem transmitidos.

Uma forma que os algoritmos utilizam para organizar as filas está relacionada com prioridade, ou seja, tráfegos com maior prioridade serão atendidos primeiro e tráfegos com menor prioridade serão atendidos posteriormente.

Alguns exemplos de enfileiramento com conservação de trabalho são:

2.5.3.2.1 Mecanismo Deficit Round Robin – DRR

É um mecanismo capaz de prover um controle mais eficiente em relação à capacidade de envio garantias de latência para determinados fluxos. DRR tem complexidade $O(1)$ um custo significativamente menor. Este mecanismo não considera o tamanho dos pacotes. O fluxo de pacotes é servido na forma chamado Round Robin, um por vez. Em cada turno um número fixo de créditos é adicionado a cada fila. O pacote no início da fila é enviado somente se o tamanho do pacote for igual ou menor que o número de créditos acumulados pela fila. Se o pacote for enviado os créditos são reduzidos de forma equivalente, sendo desta forma que DRR faz a contabilização por tamanhos de pacotes. Pacotes adicionais são enviados do início da fila até que não se tenha mais crédito suficiente para o próximo pacote ou não houver mais pacotes na fila (Horstmann, 2002).

2.5.3.2.2 Mecanismo Fair Queuing (FQ)

Neste esquema, ocorre a atribuição de um tempo de finalização para cada pacote, um valor teórico no qual o pacote seria transmitido completamente se todas as filas fossem servidas num esquema de Bitwise Round Robin (algoritmo que retira da fila um simples bit em cada turno, tornando irrelevante a distribuição dos tamanhos dos pacotes) Os pacotes são inseridos numa lista de pacotes e organizados de acordo com o tempo de finalização. O escalonador retira pacotes desta lista quando houver capacidade disponível. Pacotes com tempos de finalizações menores são enviados antes dos que

tiverem tempos maiores. A complexidade desse algoritmo é de $O(\log[N])$, onde N é o número de filas (Horstmann, 2002).

2.5.3.2.3 *Mecanismo stochastic fair queuing – SFQ*

O tráfego de múltiplos fluxos é misturado (hash) num número limitado de filas, visando principalmente reduzir o número N de filas, e assim melhorando a eficiência dos esquemas de filas nos quais a complexidade é uma função de N . Embora esta abordagem melhore a eficiência destes esquemas, compromete as garantias oferecidas, pois múltiplos tráfegos podem misturar-se na mesma fila, e as garantias entre estes fluxos ser prejudicada. É um ponto de inflexão entre eficiência de processamento e nível de garantias obtidas (Horstmann, 2002).

2.5.3.3 *Não conservação de trabalho*

Este processo pode ser comparado a um policial que controla o fluxo de carros, no caso, o tráfego de informações, onde cada fluxo dispõe de um determinado tempo para enviar os pacotes.

2.5.3.4 *Minimização de congestionamento – Descarte*

O problema de congestionamento, como já visto anteriormente, ocorre quando o fluxo de entrada é maior que o fluxo de saída. Uma forma de evitar o congestionamento é descartar pacotes antes que os mesmos entrem na fila para serem transmitidos.

Um exemplo de esquema de descarte é o Mecanismo *Random Early Detection (RED)*. Nesse mecanismo os pacotes são descartados mesmo quando já estejam na fila.

2.5.3.5 *Aspectos relevantes para latência e largura de banda*

O assunto relacionado a enfileiramento apresenta-se como de substancial importância dada sua influência sobre QoS. A utilização do esquema de enfileiramento tem a função de proporcionar determinados níveis de qualidade através da capacidade

de transmissão ou da largura disponível de bandas considerando determinados fluxos de tráfegos e a conseqüente latência de pacotes sobre a QoS.

Existem basicamente duas formas para tratar desse assunto: o primeiro é o levantamento de informações que destaque a capacidade de transmissão. Um parâmetro para acompanhar a efetividade da transmissão é o nível do seu fluxo. Uma segunda maneira, se dá através da mensuração de latência de pacotes em determinados fluxos. O nível de latência tem relação com a capacidade da interface, a largura de banda existente e a seqüência na qual o fluxo da interface é servido.

Outro elemento a ser considerado e que afeta a latência, é a variação desta latência entre os pacotes de um mesmo fluxo, ou seja, o *jitter* e paralelamente o tipo de mecanismo utilizado para enfileiramento.

2.5.3.5.1 Largura de banda

Largura de Banda ou *Bandwidth* é a faixa de freqüência necessária para a sinalização, a diferença entre a freqüência mais alta e mais baixa de uma banda é medida em Hertz (http://www.redetronic.com.br/4_59.htm , 2002).

A largura de uma banda de freqüência eletromagnética significa quão rápidos os dados fluem, seja numa linha de comunicação ou no barramento de um computador. Quanto maior a largura de banda, mais informações podem ser enviadas num dado intervalo de tempo. Pode ser expressa em bits por segundo (bps), bytes por segundo (Bps) ou ciclos por segundo (Hz) (Gouvêa, S-D).

As considerações a respeito da largura de banda são importantes para a Qualidade de Serviço, pois determinam a qualidade do tráfego das informações. Obviamente, quanto, maior a largura da banda, menor serão os problemas relativos ao tráfego. Assim, a mesma deve ser trabalhada no intuito de otimizar as aplicações e requisitos para atender as necessidades de gerenciamento da rede. No entanto, perde-se em eficiência quando há compartilhamentos. Em contra partida, os procedimentos relativos à largura da banda, devem ser tratadas de forma específica, respeitando as exigências de funcionalidade da rede, permitindo ganho de eficiência nas redes *ad hoc* como, por exemplo, agilidade no tráfego de informações.

2.5.3.5.2 Tráfego de informação

Diferentes tipos ou intensidade de tráfegos são gerados se considerada a diversidade das aplicações e usuários que simultaneamente demandam diferentes tipos de recursos de rede. Esta adversidade pode ser percebida através da variação das taxas de cargas as quais são submetidas às redes. Tais variações se dão em função das diferenças de tamanhos de pacotes e horários. Para que exista eficiência na alocação de recursos no sentido de atender às aplicações e usuários, quatro requisitos se fazem necessários:

- Bandwidth (largura de banda) – taxa de tráfego necessária para uma aplicação;
- Perda de Pacotes - percentual de pacotes de dados perdidos;
- Latência – indica o atraso que uma aplicação pode tolerar para transmissão de pacotes;
- Jitter – variação da latência.

O tráfego de informações também afeta a qualidade de serviços. Quando existe mais recebimento de informação do que sua capacidade de liberação, ocorre o congestionamento. Para lidar com este problema existem três maneiras; no entanto, considerando a natureza desse trabalho, será levado em consideração apenas duas maneiras:

1. Mecanismos de enfileiramento – quando ocorre o congestionamento as informações são armazenadas na memória dos dispositivos, sendo que o maior problema é a variação de latência.
2. Descarte de pacotes – quando há o congestionamento e a informação se torna obsoleta, os pacotes são descartados.
3. Classificação do tráfego – determinação prévia da ordem de prioridade da informação.

Deste modo, a qualidade do serviço é determinada em parte pela capacidade de utilização otimizada dos mecanismos de controle de tráfego; para tanto, existem as formas de classificação, onde os pacotes são alocados em diferentes filas. Tais filas se

valem de algoritmos específicos que tem como função determinar os caminhos mais adequados a serem percorridos pelos pacotes.

A configuração da rede deve levar em consideração dois pontos principais, no sentido de manter a qualidade do serviço:

- Informação de classificação para que os dispositivos separem o tráfego em diferentes filas;
- Filas e algoritmos de filas que aloquem os pacotes em diferentes filas.

Basicamente, existem duas formas de QoS:

a) Reserva de recursos (Serviços Integrados): os critérios de políticas de gerenciamento de banda determinam a maneira como os recursos serão alocados para atender os níveis necessários de QoS das aplicações.

b) Priorização (Serviços Diferenciados): novamente os critérios adotados nas políticas de gerenciamento de banda, determinam de que maneira o tráfego é classificado e quais recursos devem ser alocados para atendê-lo.

O tráfego de informações afeta substancialmente a qualidade de serviços. Por isso, é necessário ter mecanismos refinados de controle que classifique, enfileire e escalone de forma distintiva os diversos tipos de tráfego adequando-se aos padrões de qualidade nos serviços prestados pela rede *ad hoc*.

2.6 O Padrão IEEE 802.11

O Padrão IEEE 802.11 representa o primeiro padrão para produtos de redes locais sem fio de uma organização independente e internacionalmente reconhecida, a *The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.* (IEEE).

O Padrão IEEE 802.11, como todos os protocolos da família 802.x, especifica as camadas físicas e de controle de acesso ao meio (MAC). Esse padrão continua em desenvolvimento através de vários grupos de trabalho que têm como objetivo prover melhorias no desempenho e novas aplicações.

No 802.11 existem dois tipos de redes sem fio:

- Rede *ad hoc*: uma rede simples onde as comunicações são estabelecidas entre múltiplas estações em uma certa área de cobertura sem o uso de um ponto de acesso ao servidor. O padrão especifica os critérios que cada

estação deve observar, de modo que todos tenham acesso ao meio sem fio. Ele provê métodos para gerenciar requisições para o uso da mídia, garantindo máxima performance para todos os usuários.

- Rede Infra-Estruturada (Cliente/Servidor): usa um ponto de acesso para controle da alocação de tempo de transmissão para todas as estações e habilita estações móveis a realizar *roaming* (ou seja, a capacidade que uma estação sem fio tem de sair de sua rede e migrar para outra). O ponto de acesso é usado para manipular tráfego do rádio móvel para o *backbone* com ou sem fio da rede cliente/servidor. O ponto de acesso direciona os dados entre as estações e outras estações sem fio direcionam para o servidor da rede (Zaneti e Gonçalves, 2001c).

O comitê de padrões IEEE 802 formou o Grupo de Trabalho do Padrão para Redes Locais sem fio 802.11 (*802.11 Wireless Local Area Networks Standards Working Group*) em 1990. Este grupo desenvolveu um padrão global para equipamento de rádio e redes operando na banda de frequência não-licenciada de 2,4 GHz para taxas de dados de 1 e 2 Mbps. O padrão foi concluído em junho de 1997 e não especifica tecnologia de implementação, mas simplesmente especificações para a camada Física e de Controle de Acesso ao Meio (MAC - *Medium Access Control*). O padrão permite aos fabricantes de equipamentos de redes locais sem fio construir equipamentos de redes interoperacionais.

O padrão 802.11b especifica taxas de transmissão mais altas na banda de 2,4 GHz, através da alteração de alguns pontos da norma básica 802.11. Essas taxas são de 1, 2, 5,5 e 11 Mbps. (Rubinstein e Rezende, 2003).

2.6.1 Camada MAC (*Medium Access Control*)

A camada MAC é projetada para poder assegurar autenticação e serviços sensíveis a tempo. Adotou-se o mecanismo de acesso múltiplo com prevenção de colisão *Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance* (CSMA/CA), onde este trabalha da seguinte maneira: uma estação solicitada para transmitir escuta o meio. Se o meio está ocupado com a transmissão de outra estação, então a estação atrasa sua transmissão por um determinado período de tempo (Oliveira et al, 2002).

A especificação da camada MAC para 802.11 tem semelhanças ao padrão 802.3. O protocolo para 802.11 usa o CSMA/CA. Este protocolo evita colisões (ao contrário de detectar uma colisão, como fazia o algoritmo usado no 802.3), porque é difícil detectar colisões em uma rede de transmissão por rádio-freqüência (Zanetti e Gonçalves, 2001c).

A subcamada física usa um algoritmo (*Clear Channel Assentment* - CCA) para determinar se o canal está livre. Este é acompanhado pela medida da energia de rádio-freqüência na antena e determina a força do sinal recebido. Se a força do sinal recebido é menor que um determinado valor, o canal é declarado livre e a camada MAC recebe o estado de canal livre para transmissão de dados. Caso contrário, as transmissões de dados são adiadas de acordo com as regras do protocolo.

Esta técnica é mais seletiva, uma vez que ela verifica se o sinal é do mesmo formato de um transmissor 802.11. O protocolo *Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance* (CSMA/CA) permite minimizar colisões pela transmissão dos quadros *Request To Sender* (RTS) e *Clear to Sender* (CTS), dos dados e do sinal *Acknowledge* (ACK). No método CSMA/CA podem ocorrer colisões e esse método não garante a entrega correta dos dados. Com isso, uma estação após transmitir um quadro, necessita de um aviso de recebimento que deve ser enviado pela estação receptora. A estação remetente aguarda um tempo (*timeout*) pelo aviso do recebimento do quadro por parte das estações destino. Caso este aviso não chegue no tempo considerado, a estação origem realiza novamente a transmissão do quadro (Zanetti e Gonçalves, 2001c).

Para melhorar a transmissão de dados, o protocolo DFWMAC acrescenta ao método CSMA/CA com reconhecimento, um mecanismo opcional que envolve a troca de quadros de controle RTS e CTS antes da transmissão de quadro de dados (Leite, 2002). A comunicação funciona da seguinte forma:

A comunicação é estabelecida quando um dos nós sem fio envia um sinal RTS, sendo que este possui as funcionalidades de reservar o meio para a transmissão do quadro de dados, e de verificar se a estação destino está pronta para receber o quadro de dados, sendo que nesta última funcionalidade a estação destino pode estar operando no modo de economia de energia (modo *power save*). O sinal RTS inclui ainda o destinatário e o tamanho da mensagem. A estação receptora devolve um sinal CTS com o endereço do remetente e o *Network Allocation Vector* (NAV) devolve o tempo de duração da mensagem. Se o CTS não for recebido é assumido que ocorreu uma colisão

e o sinal RTS é enviado novamente. Após o envio dos dados um sinal ACK é devolvido, confirmando que a transmissão dos dados foi bem sucedida.

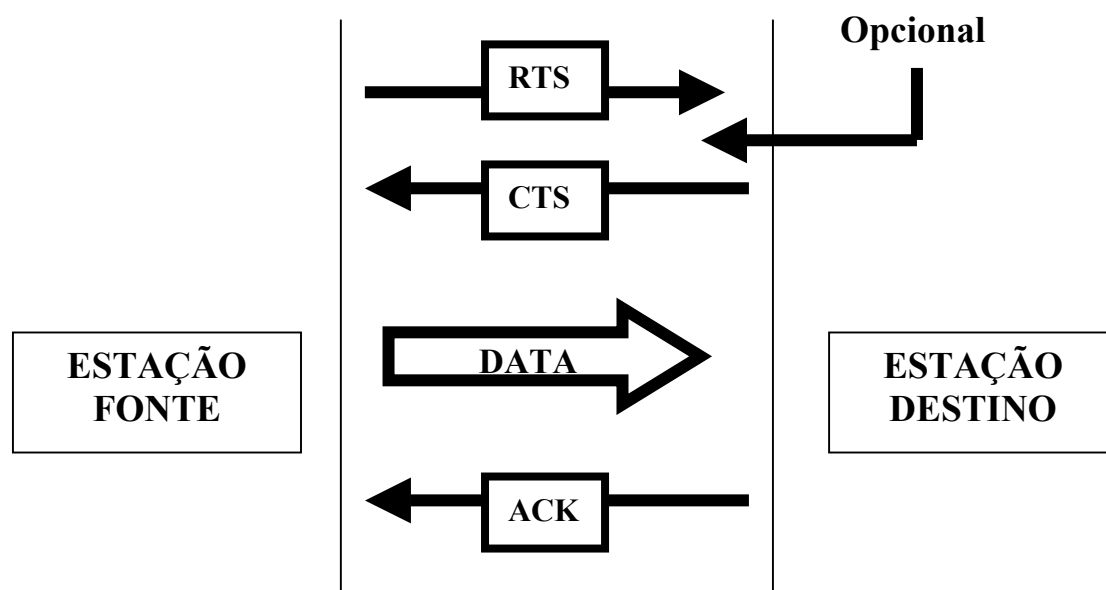


Figura 12: Troca de dados para transmissão de informações

Fonte: Leite (2002).

A figura, acima, apresenta a troca de dados para a transmissão de informações, usando o mecanismo opcional com RTS e CTS.

Uma comum limitação em redes locais sem fio é o problema do "nó oculto". Ela ocorre quando uma estação não detecta a transmissão de outra para verificar se o meio está ocupado. Esse problema pode ser observado na Figura 13.

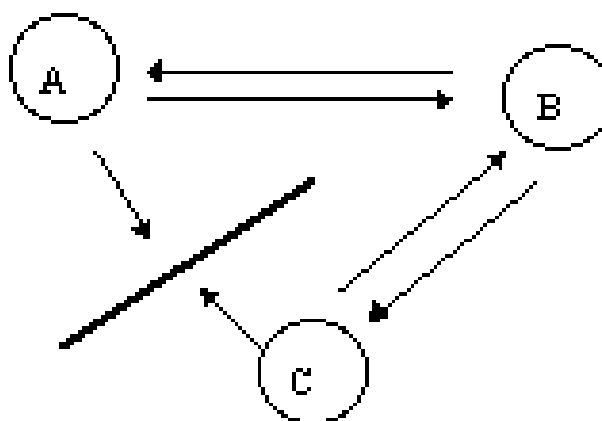


Figura 13: Problema do nó oculto

Fonte: Rubinstein e Rezende (2003).

Na figura 13, as estações A e B podem se comunicar. Porém, uma obstrição impede a estação C de comunicar-se com a estação A. Por causa disso, ambas as estações A e C podem tentar transmitir ao mesmo tempo para a estação B. O uso da seqüência RTS-CTS-Dados-ACK ajuda a prevenir este tipo de problema.

O esquema de troca de quadros RTS – CTS evita que a necessidade de detecção de portadora enquanto se transmite, ação bastante complicada para um ambiente sem fio.

2.6.2 Qualidade de Serviço (QoS) em Redes 802.11

As redes sem-fio estão sendo cada vez mais utilizadas na comunicação entre dispositivos dos mais variados tipos e tamanhos (computadores pessoais, portáteis e de mão, telefones, eletrodomésticos, máquinas industriais, sensores e outros) em diferentes ambientes, como residências, edifícios, cidades, florestas e campos de batalha. Por permitirem a mobilidade, estas redes facilitam a ubiquidade do poder computacional, tornando transparente a disseminação da informação e a cooperação dos dispositivos na realização das mais variadas tarefas.

Diferentes padrões e tecnologias de rede sem-fio surgiram nos últimos anos para acomodar esta vasta gama de aplicações e coberturas. Foram concebidas as redes

celulares de larga cobertura, passando pelas redes locais (WLANs), até as redes *Personal Area Networks* (PANs) usadas na comunicação de equipamentos pessoais, como *Personal Digital Assistants* (PDAs), câmeras digitais, computadores e celulares.

O padrão 802.11 especifica o protocolo de controle de acesso ao meio (MAC) e diferentes camadas físicas de alcance e velocidades diversas. Avanços recentes nas técnicas de processamento de sinais permitem que se atinjam taxas de transmissão de até 54 Mbps no padrão 802.11a que opera na banda de 5 Ghz (Zanetti e Gonçalves, 2001b). Apesar do aumento contínuo da capacidade dessas redes, as especificações atuais oferecem um suporte limitado à Qualidade de Serviço (QoS). Mais especificamente, a camada MAC do 802.11 oferece, em uma configuração com infra-estrutura, um método centralizado de controle de acesso baseado em consulta, onde os pontos de acesso são responsáveis pela alocação de banda passante e pela limitação da latência das estações. Numa configuração de rede sem infra-estrutura, ou *ad hoc*, o controle distribuído de acesso ao meio tem como objetivo fornecer um compartilhamento justo da banda passante, no qual todas as estações recebem o mesmo tratamento independentemente dos seus requisitos de QoS. Assim, redes *ad hoc* que utilizam o padrão 802.11 seguem o modelo de serviço de melhor esforço, não oferecendo nenhuma garantia de QoS ao tráfego transportado (Rubinstein e Rezende, 2003).

2.7 Bluetooth

O Bluetooth foi fundado em 1998 quando cinco empresas, a Ericsson, a Nokia, a IBM, a Intel e a Toshiba, formaram o Consórcio denominado Bluetooth *Special Interest Group* (SIG) com o objetivo de expandir e promover o conceito e ainda estabelecer um novo padrão industrial. A escolha deste nome, é em homenagem ao unificador da Dinamarca, o rei Harald Blatand, mais conhecido como Harald Bluetooth (Cerqueira, 2003).

2.7.1 O que é Bluetooth?

Bluetooth é um padrão para comunicação sem-fio, de curto alcance e baixo custo, por meio de conexões de rádio *ad hoc*. Através do Bluetooth, os usuários poderão conectar uma ampla variedade de dispositivos de computação, de telecomunicações e eletrodomésticos de uma forma bastante simples, sem a necessidade de adquirir, carregar ou conectar cabos de ligação. A idéia é permitir a interligação desses dispositivos de uma forma automática e sem que o usuário necessite se preocupar com isso (Broch et al, 2001).

De uma forma geral, o padrão Bluetooth visa facilitar as transmissões em tempo real de voz e dados, permitindo conectar quaisquer aparelhos eletrônicos, fixos ou móveis, que estejam de acordo com a tecnologia.

A idéia inicial do Bluetooth era basicamente eliminar a necessidade de cabos para estabelecer comunicação entre dispositivos. Contudo, com o andamento do projeto, ficou claro que as aplicações de uma tecnologia desse tipo eram ilimitadas. Alguns exemplos da aplicabilidade do Bluetooth são apresentados a seguir (Broch et al, 2001):

- a. Conexão sem-fio entre o computador de mesa ou laptop a impressoras, scanners e mesmo à rede local. Conexão, também sem-fio, para mouse e teclado;
- b. O celular de uma pessoa pode saber automaticamente quando se encontra perto do notebook do mesmo dono, podendo assim enviá-lhe a mensagem de correio eletrônica recebida da Internet sem que o ser humano precise se preocupar com isso;
- c. Um dispositivo Bluetooth funcionando como um identificador pessoal pode se comunicar com outros dispositivos Bluetooth em sua residência. Após chegar em casa, a porta automaticamente se destrava, para o proprietário, e as luzes são acesas.

2.7.2 Redes bluetooth

Dispositivos Bluetooth operam na faixa ISM (*Industrial, Scientific, Medical*) centrada em 2,45 GHz e se comunicam entre si formando uma rede denominada

piconet, na qual podem existir até oito dispositivos interligados, sendo um deles o mestre e os outros dispositivos escravos. Tipicamente, nas aplicações Bluetooth, várias *piconets* independentes e não-sincronizadas podem se sobrepor ou existir na mesma área. Neste caso, forma-se um sistema *ad hoc* disperso denominado *scatternet*, composto de múltiplas redes, cada uma contendo um número limitado de dispositivos. A figura 14 apresenta essas idéias (GTS/URJ, 2001).

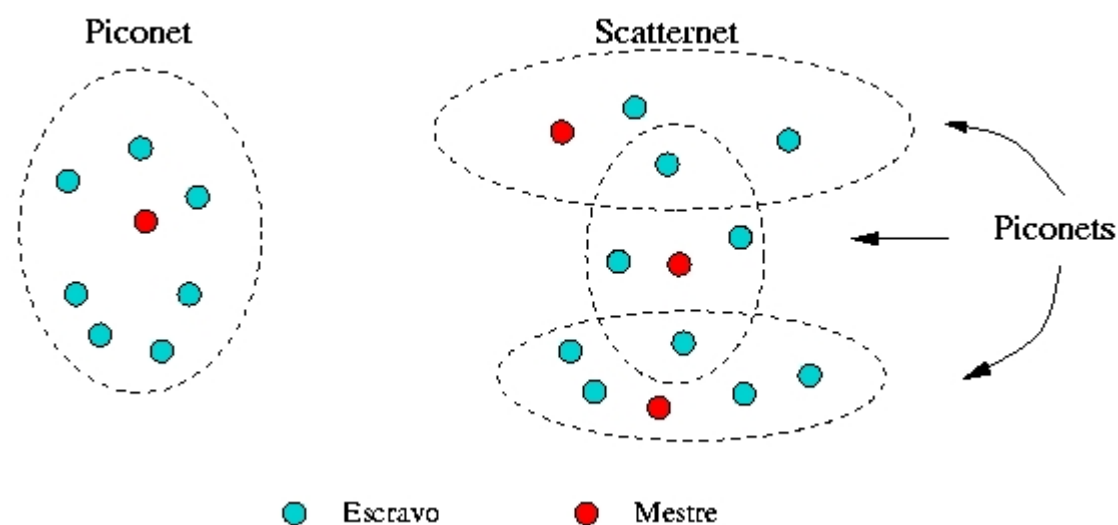


Figura 14: Tipos de redes formadas entre dispositivos Bluetooth

Fonte: GTA/URJ (2001).

O Bluetooth foi otimizado para permitir que um número elevado de comunicações descoordenadas ocorra dentro da mesma área. De modo diferente de outras soluções *ad hoc*, aonde todos os dispositivos compartilham o mesmo canal, no Bluetooth existe um grande número de canais independentes e não-sincronizados, cada qual, servindo somente um número limitado de participantes.

Cada canal está associado a uma *piconet* e é identificado pela seqüência de frequências e pelo relógio (fase do salto) do dispositivo mestre. Todo o controle de tráfego dentro da *piconet* é realizado pelo dispositivo mestre. Somente comunicações ponto-a-ponto entre o dispositivo mestre e um escravo ou comunicações ponto-a-multiponto entre o dispositivo mestre e os escravos são possíveis (GTA/URJ, 2001).

Apresentada a fundamentação deste tema, passa-se a apresentar a metodologia de estudo, em seus itens principais, no capítulo a seguir.

3 METODOLOGIA

3.1 Ambiente de Desenvolvimento

Neste trabalho, utilizou-se o software NS-2 (Network Simulator, versão 2), de outubro de 2000, que é parte do projeto Virtual Internetwork Testbed (VINT), desenvolvido pelo Information Sciences Institute (ICS) da University of Southern Califórnia. Essa ferramenta tem sido utilizada por grande número de pesquisadores para simular ambientes de redes com e/ou sem fio.

3.1.1 Conhecendo o simulador NS-2

O *Network Simulator (NS2)* é um simulador discreto de eventos com um foco voltado na área de pesquisa em redes de computadores, fornecendo suporte substancial para simulação do TCP, roteamento, e protocolos de *multicast* sobre redes com fio e *wireless*.

Este simulador começou como uma variante do REAL *Network Simulator* em 1989 e evoluiu substancialmente nos últimos anos. Em 1995 o desenvolvimento do NS-2 passou a ter como responsável o DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) através do projeto VINT, que tem como parceiros: Network Research Group (LBL), Xerox PARC (Xerox Palo Alto Research Center), Berkeley University (UCB), e Information Sciences Institute - University of Southern Califórnia (USC/ISI).

Atualmente, o desenvolvimento do NS2 é mantido através do DARPA junto com o Simulation Augmented by Measurement and Analysis for Networks (SAMAN) e através do NSF com o Collaborative Simulation for Education and Research (CONSER), ambos em colaboração com outros pesquisadores, incluindo o Center for Internet Research (ACIRI).

A equipe do NS2 está constantemente incorporando contribuições de vários pesquisadores, entre elas o código *wireless* de projetos como o UCB Daedalus, CMU Monarch e Sun Microsystems.

O NS2 é bem conceituado na comunidade científica, sendo reconhecido por entidades como IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) e a IBM, que recomendam o uso do mesmo em pesquisas na área de gerência de redes.

Este simulador aceita adaptações em Java e C++, permitindo, também, scripts escritos em uma linguagem própria, chamada Object tool command language (Otcl) que é a interface de configuração e de comandos para o simulador.

O NS-2 é orientado a objetos e simula uma variedade de redes IP. São implementados protocolos como TCP e UDP, tráfegos como FTP, Telnet, Constant Bit Rate (CBR) e Variable Bit Rate (VBR), mecanismos de gerenciamento de filas de roteadores como Drop Tail (FIFO), Random Early Detection (RED) e Class Based Queuing (CBQ), algoritmos de roteamento além de outras implementações (Fall e Varadhan, 2001).

O simulador NS-2 vem acompanhado de uma ferramenta que permite a visualização das animações que é chamado de Network Animator (NAM).

Neste trabalho, utilizou-se uma versão compilada para operar em plataforma Microsoft Windows.

3.1.2 Utilizando o NS-2

A partir de agora, passa-se a entender a forma como o NS-2 foi utilizado para fazer as simulações.

Pelo fato deste trabalho estar sendo comparado com outro, utilizou-se o programa escrito no script Otcl (Horstmann, 2002), que foi posteriormente interpretado pelo NS-2.

Após executar o script Otcl, foi gerado o arquivo trace, o qual foi importado para uma planilha eletrônica no Excel. Optou-se por utilizar planilha eletrônica, pela facilidade em manusear os dados e também pela agilidade em gerar gráficos. Sendo assim, os arquivos trace foram importados para uma planilha eletrônica onde, posteriormente, apresentaram os resultados finais das simulações.

São geradas 12 colunas no arquivo trace, das quais, apenas, seis são importadas para a planilha eletrônica, são elas: 1, 2, 3, 4, 6 e 12, como pode ser observado na figura a seguir.

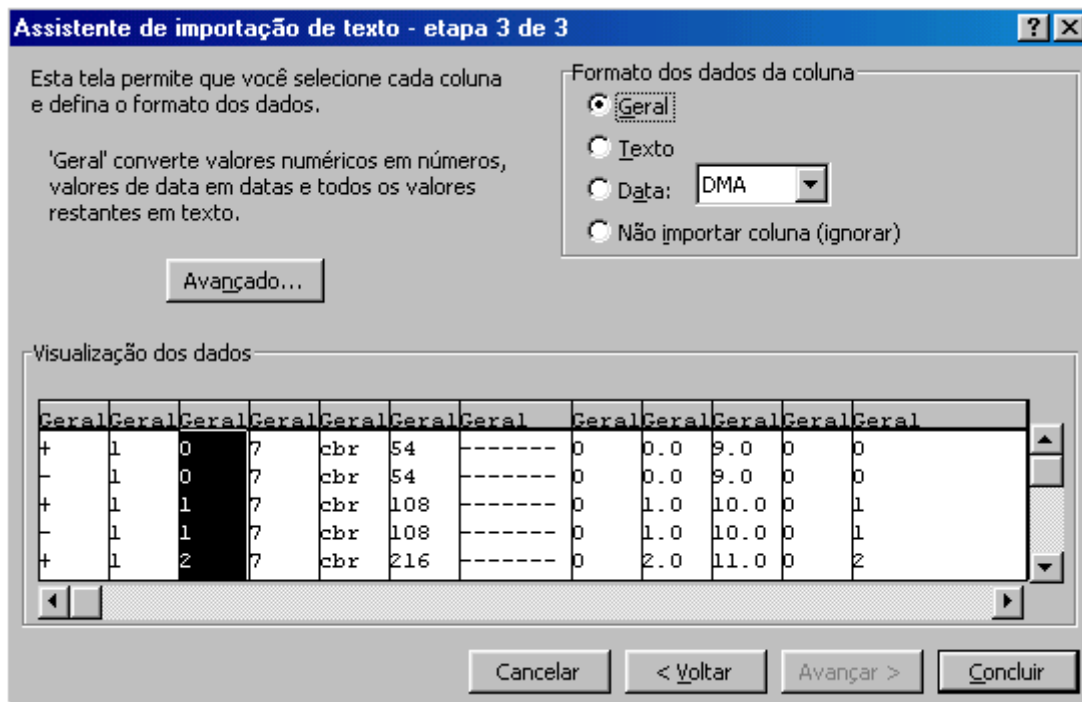


Figura 15 – Importando o arquivo Trace

Fonte: Dados da Pesquisa (2002).

A primeira coluna, refere-se as ações ocorridas na simulação. O sinal “+” significa a entrada na fila ou sistema (enfileiramento), o sinal “-” significa a retirada da fila (desenfileiramento), o “d” representa descarte de pacote e finalmente o “r” significa o recebimento do pacote. A segunda coluna refere-se ao instante de tempo em que ocorreu a ação. A terceira e a quarta coluna indicam o nó origem e nó destino, respectivamente. A quinta coluna refere-se ao tamanho do pacote e a última coluna é a identificação do pacote no processo de simulação, podemos chamar de ID. A tabela subsequente exemplifica o anteriormente exposto.

Tabela 2: Arquivo Trace Importado para Planilha Eletrônica

Ação	Tempo	Nó Origem	Nó Destino	Tamanho Pacote	ID
+	2.321.908	7	6	54	0
-	2.321.908	7	6	54	0
+	2.643.815	7	6	108	1
r	6.862.891	7	6	54	12
+	8.321.908	7	6	54	36
-	8.438.152	7	6	216	8
+	8.438.152	7	6	216	26
+	8.643.815	7	6	108	37
+	9.321.908	7	6	54	42
r	9.438.152	7	6	432	3
+	9.643.815	7	6	108	43
+	9.725.782	7	6	432	15
+	9.725.782	7	6	216	32
-	9.725.782	7	6	108	13
+	21.643.815	7	6	108	115
+	22.321.908	7	6	54	120
d	22.321.908	7	6	54	120
+	22.602.086	7	6	432	45
d	22.602.086	7	6	432	45
+	22.602.086	7	6	216	92
d	22.602.086	7	6	216	92
-	22.608.048	7	6	54	30
+	22.625.931	7	6	1730	11
+	22.625.931	7	6	865	22
d	22.625.931	7	6	865	22
+	22.643.815	7	6	108	121
d	22.643.815	7	6	108	121
-	22.929.955	7	6	108	31

Fonte: Dados da Pesquisa (2002).

A realização dos cálculos ocorreu da seguinte forma:

- **Tempo de Espera (latência):** para os mesmos identificadores de pacotes, foi subtraído o tempo da linha com ação “+” do tempo da linha com ação “-“;
- **Tempo de Resposta:** tomando sempre identificadores iguais dos pacotes, foi subtraída a linha com ação “+” do tempo da linha “r”;
- **Pacotes na Fila (enfileiramento):** na ordem cronológica, somada uma unidade para cada “+” encontrado e reduzida uma unidade para cada “-“ e uma unidade para cada “d” encontrado;

4 EXPERIMENTOS E RESULTADOS

Realizaram-se várias simulações utilizando o NS-2. Para cada esquema de fila, simularam-se situações isoladas e, posteriormente, foram gerados arquivos trace e arquivos para simulações gráficas separadamente.

Várias simulações foram realizadas. Para cada esquema de fila testado, utilizou-se uma simulação em separado, o qual gerou arquivos trace e gráficos isolados. Após a simulação, importou-se o arquivo trace gerado para cada esquema de fila para uma planilha no Excel.

O objetivo deste capítulo é apresentar os resultados das simulações e as análises realizadas. Comentários e descrições dos pontos importantes que envolvem *QoS*, como perda de pacotes, latência e jitter, são apresentados através de tabelas e gráficos.

4.1 Modelo Simulado

A Arquitetura do modelo simulado é composta de duas redes interligadas.

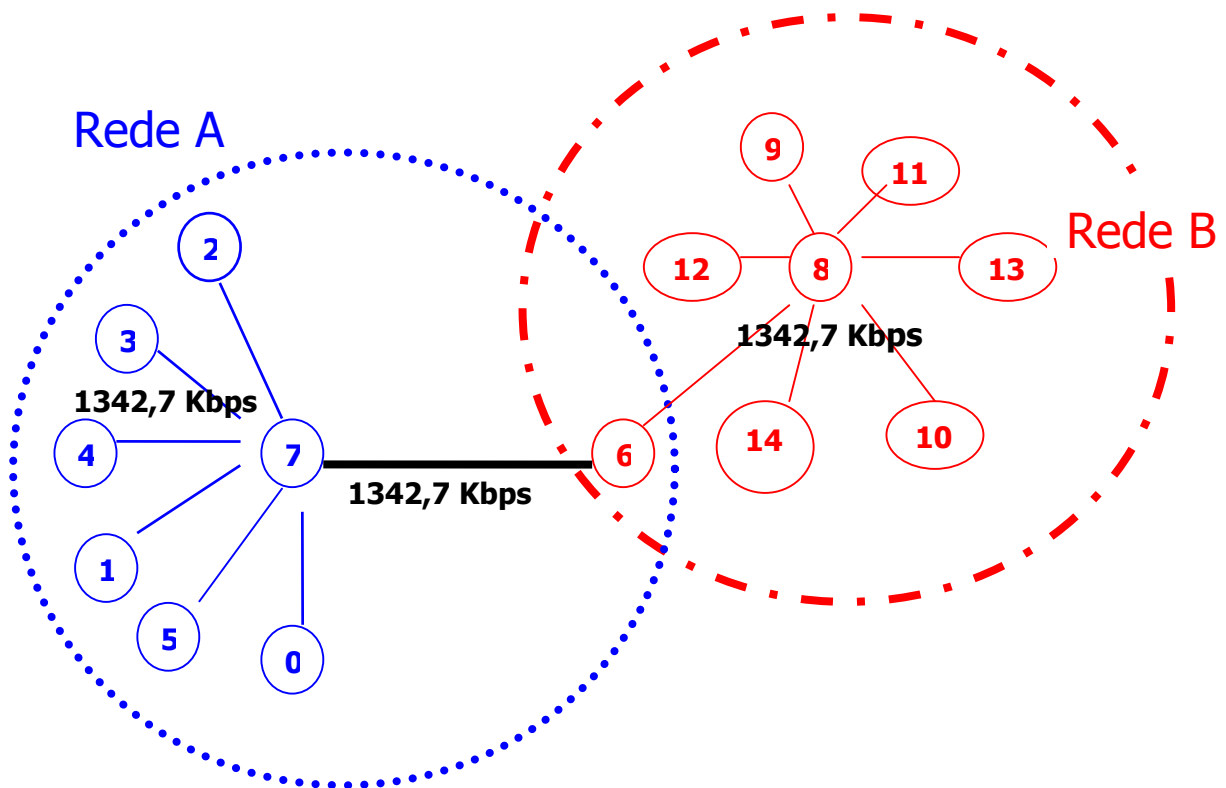


Figura 16: Arquitetura da Rede

As filas são formadas em dois pontos, no dispositivo slave (gerador de tráfego) e no dispositivo master que recebe os dados. O master não sendo o destino final dos pacotes, deve enviá-los pelo caminho que une as duas redes. Neste ponto está o principal ponto de concentração do tráfego da scatternet e que é o foco principal das análises deste estudo (Horstmann, 2002).

Como pode ser observado na Figura 16, configurou-se duas redes, denominadas Rede “A” e Rede “B”. Cada rede é formada por seis slaves indicando para um master. Um sétimo slave é comum as duas redes, atuando como gateway entre elas.

Entre os seis dispositivos slaves, de cada rede, foi estabelecida uma relação unívoca de gerador de pacotes, na rede “A” e de receptor de pacotes na rede B. Todos os slaves da rede “A” devem enviar seus pacotes para seu dispositivo master e este redirecionar os pacotes para o dispositivo slave comum as duas redes.

Quando os pacotes estão presentes no dispositivo gateway, este deve alternar do master da rede “A” para o master da rede “B” e enviar os dados para este dispositivo. Então, o master de B redireciona os pacotes para os dispositivos slaves destinatários.

A largura de banda do canal de comunicação foi configurada 1342,7 Kbps, que é uma característica do modelo 802.11b.

O critério adotado para definir o tamanho dos pacotes é o tempo necessário para transmissão sobre o canal. Sendo assim, o menor pacote foi definido para consumir um segundo de tempo de transmissão e o maior pacote deverá consumir 32 segundos (Horstmann, 2002).

Os atributos do canal configurados no simulador foram os seguintes: simplex, bandwidth de 1342,7 e delay de um segundo. O tempo de simulação foi estabelecido usando o critério de que 50% dos pacotes gerados devem ter entrado em processo de transmissão. Por processo de transmissão, supõe-se os pacotes estarem na rede. Sendo assim, o tempo padrão estabelecido para as simulações foi de 500 segundos.

Num intervalo de 30 segundos, cada slave gerador de tráfego produziu e enviou 29 pacotes. O sistema precisou tratar 174 pacotes gerados. Destes, alguns foram perdidos, resultado das dinâmicas dos esquemas de filas, e outros permaneceram enfileirados ao término do processo de simulação.

Foram criados gráficos e tabelas, para melhor entendimento e visualização dos resultados, e os mesmos critérios de análise foram utilizados para todos os esquemas de fila.

Para melhor visualização e entendimento dos resultados, optou-se por deixar os gráficos na seqüência do texto. Como os resultados serão comparados com outra tecnologia, como já comentado, os gráficos comparativos também estão localizados na seqüência do texto.

Nos gráficos que demonstram as perdas de pacotes, multiplicou-se o resultado por 10. Como havia somente a eliminação de um pacote por vez, fica claro que a linha nunca assumiu um valor diferente de zero ou dez.

4.2 Resultados da Simulação

4.2.1 Comparação entre as tecnologias Bluetooth (433Kbps) e IEEE 802.11b (1342,7Kbps)

Os gráficos apresentados abaixo são os resultados obtidos após terem sido feitas todas as tabulações necessárias usando o arquivo trace importado para o Excel. A idéia é comparar os gráficos referentes à tecnologia Bluetooth gerados em Horstmann 2002, com os gráficos, gerados neste trabalho, referentes ao Padrão IEEE 802.11b. As comparações serão feitas levando-se em consideração a latência. Os gráficos do jitter e enfileiramento x perdas estão nos anexos A e B.

4.2.1.1 Latência

4.2.1.1.1 FIFO 30 pacotes

As próximas duas figuras abaixo representam a latência do esquema de fila FIFO com capacidade de enfileiramento de 30 pacotes sendo que a Figura 17 representa o gráfico respectivo à tecnologia Bluetooth e a Figura 18 representa o gráfico do Padrão IEEE 802.11b.

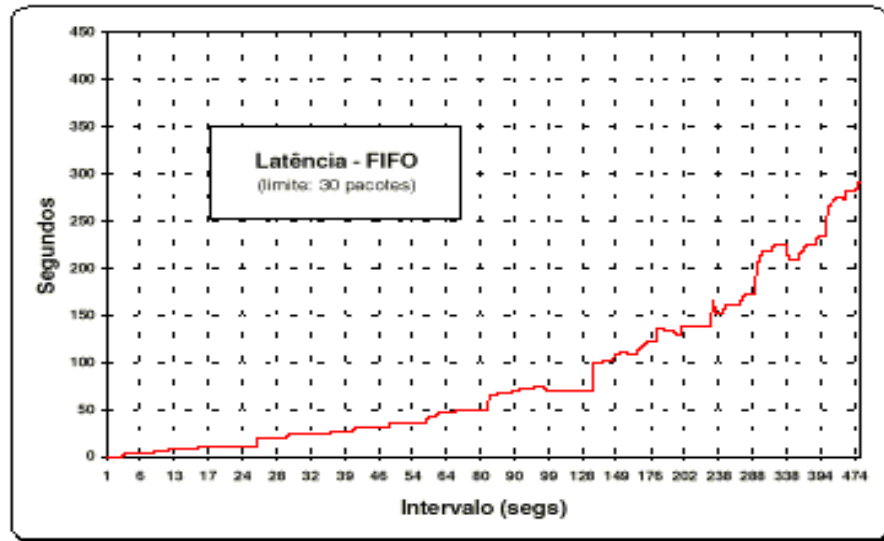


Figura 17: Latência FIFO 30 pacotes (Bluetooth)

Fonte: Horstmann (2002).

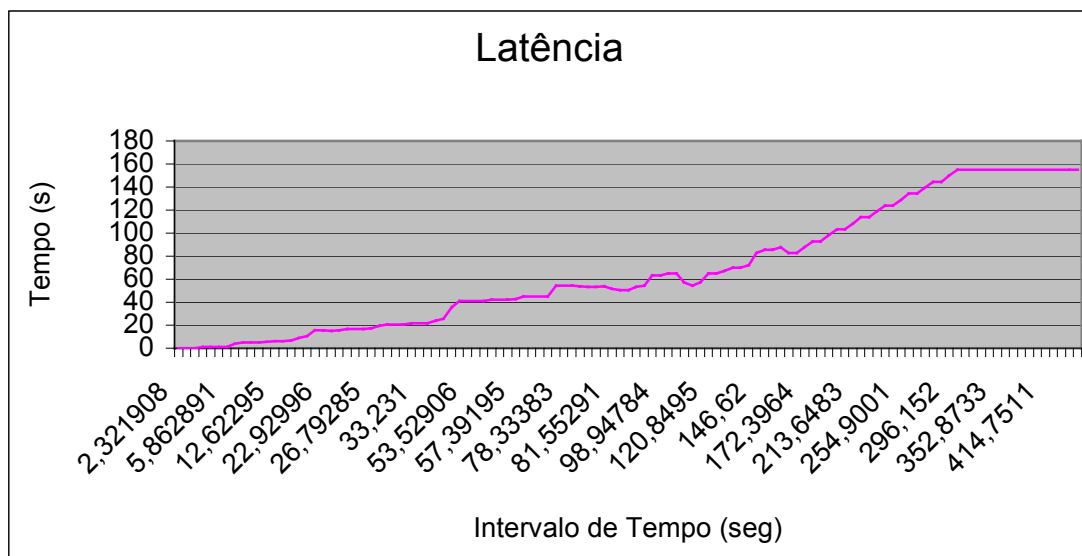


Figura 18: Latência FIFO 30 pacotes (Padrão IEEE 802.11b)

Fonte: Dados da Pesquisa (2002).

Pode-se perceber a diferença entre as latências das duas tecnologias. No Bluetooth, a latência máxima chega a quase 300 segundos e no Padrão IEEE 802.11b o pico da latência é de aproximadamente 170 segundos. Esta diferença ocorre porque os pacotes ficam menos tempo enfileirados uma vez que a taxa de transferência do canal passou de 433Kbps para 1342,7 Kbps. Por outro lado, a taxa de descarte de pacotes

aumenta (49 para o Bluetooth e 61 para o Padrão IEEE 802.11b) porque as perdas são equivalentes às taxas de entrada quando a fila está próxima ao seu limite, e, portanto, quanto maior a taxa de entrada de um fluxo, maior taxa de perda de pacotes deste fluxo. Com isto, pode-se afirmar que o tamanho da fila acaba sendo o responsável pela perda maior de pacotes do Padrão IEEE 802.11b. Aumentar a taxa de transferência do canal e não aumentar o tamanho das filas não irá refletir de forma adequada a verdadeira vantagem do Padrão IEEE 802.11b em relação ao Bluetooth. Idealmente falando, como foi aumentado em 3 vezes à largura de banda do canal, deveria ser aumentado em 3 vezes o tamanho das filas. Desta forma, no final deste capítulo apresentar-se-á uma simulação feita com o esquema FIFO com capacidade de enfileiramento de 70 e 90 pacotes e poder-se-á perceber que a taxa de perdas pode chegar a zero.

Na tabela a seguir, pode-se verificar como foi o desempenho do FIFO limite 30 pacotes quando simulado. Percebe-se claramente o número de pacotes perdidos/descartados e o número de pacotes que foram atendidos.

Tabela 3: Resultado da Simulação - FIFO - 30 pacotes

Tamanho Pacote	Pacotes Recebidos	Pacotes Perdidos	%	Pacotes na Fila	Pacotes Atendidos	%
54	29	11	38%	0	18	62%
108	29	14	48%	0	15	52%
216	29	13	45%	0	16	55%
432	29	13	45%	3	13	45%
865	29	8	28%	0	21	72%
1730	29	2	7%	0	27	93%
TOTAL	174	61	35%		110	63%

Fonte: Dados da Pesquisa (2002).

4.2.1.1.2 FIFO 50 pacotes

No esquema com 50 pacotes enfileirados a latência aumenta devido ao maior tempo em que os pacotes ficam na fila. Observando os gráficos a seguir pode-se

perceber que a latência no Bluetooth alcançou 350 segundos enquanto que a latência do Padrão IEEE 802 ficou em aproximadamente 200 segundos. A quantidade de pacotes descartados na fila também caiu: 18 pacotes no Bluetooth e 36 no Padrão IEEE 802.11b. Ainda há uma grande diferença entre as perdas de pacotes devido à largura de banda do canal no Padrão IEEE.

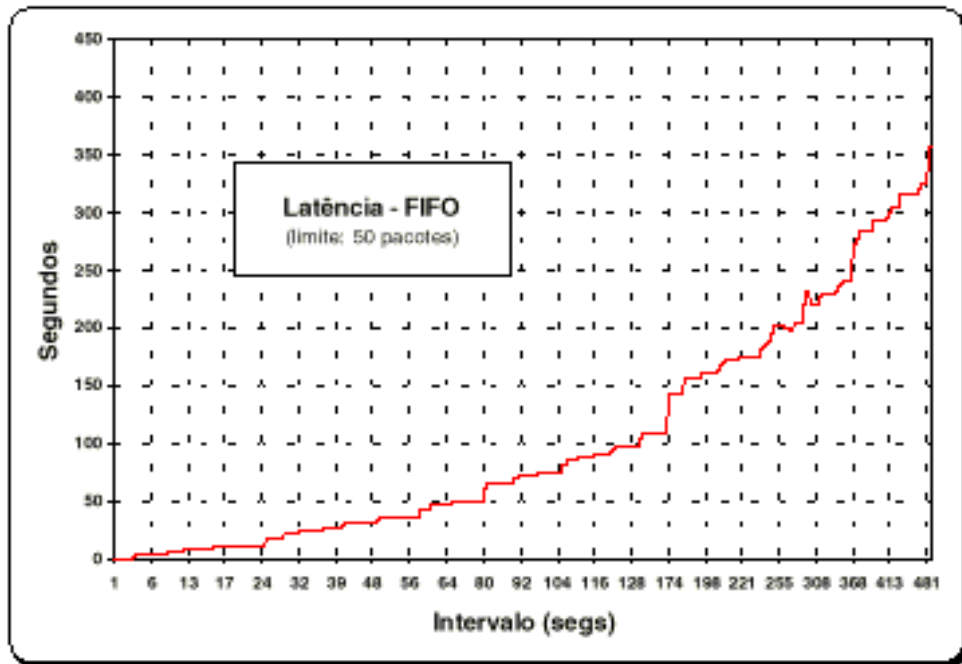


Figura 19: Latência FIFO 50 pacotes (Bluetooth)

Fonte: Horstmann (2002).

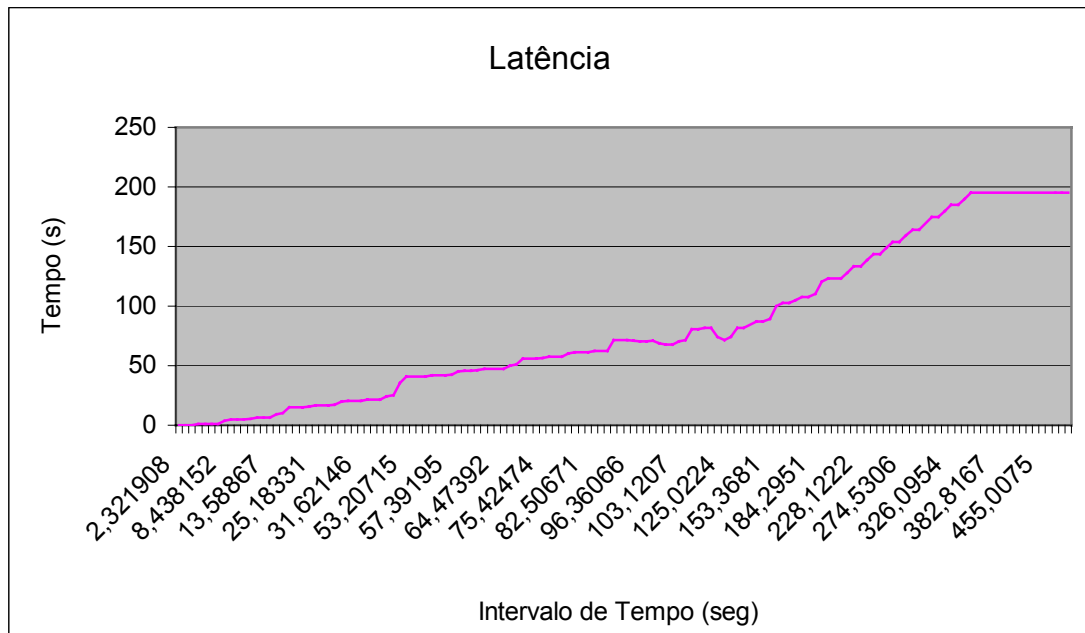


Figura 20: Latência FIFO 50 pacotes (Padrão IEEE 802.11b)

Fonte: Dados da Pesquisa (2002).

Tabela 4: Resultado da Simulação - FIFO - 50 pacotes

Tamanho Pacote	Pacotes Recebidos	Pacotes Perdidos	%	Pacotes na Fila	Pacotes Atendidos	%
54	29	18	62%	0	11	38%
108	29	18	62%	0	11	38%
216	29	21	72%	0	8	28%
432	24	14	58%	0	10	42%
865	19	7	37%	0	12	63%
1730	16	0	0%	0	16	100%
TOTAL	146	78	53%		68	47%

Fonte: Dados da Pesquisa (2002).

4.2.1.1.3 Stochastic Fair Queuing (SFQ) 30 pacotes

O esquema SFQ pode ser classificado como um mecanismo ativo de gerenciamento de filas. Atua diretamente sobre o conteúdo da fila, alternando a transferência dos diferentes fluxos, assegurando que cada fluxo tenha sua vez na transferência de pacotes. Para implementar esta forma de funcionamento, o esquema SFQ forma filas separadas para cada tipo de fluxo de entrada e, no esquema de *round-robin*, transfere um pacote de cada fluxo por vez. Os pacotes de cada fluxo são retirados considerando um esquema FIFO (Horstmann, 2002).

Também é importante esclarecer um aspecto sobre a eliminação de pacotes, no esquema SFQ, em razão do que foi comentado anteriormente, sobre as diferenças entre os mecanismos quanto à rejeição ou eliminação de pacotes. SFQ rejeita a entrada de pacotes do fluxo cuja fila atinja o limite a ele definido para aquele momento. Se pacotes de outros fluxos chegarem a filas que não atingiram ainda o limite estabelecido para elas naquele instante, estes pacotes são aceitos. Sendo assim, SFQ faz uma seleção dos pacotes de cada fluxo antes da decisão de rejeitar ou aceitar sua entrada na fila.

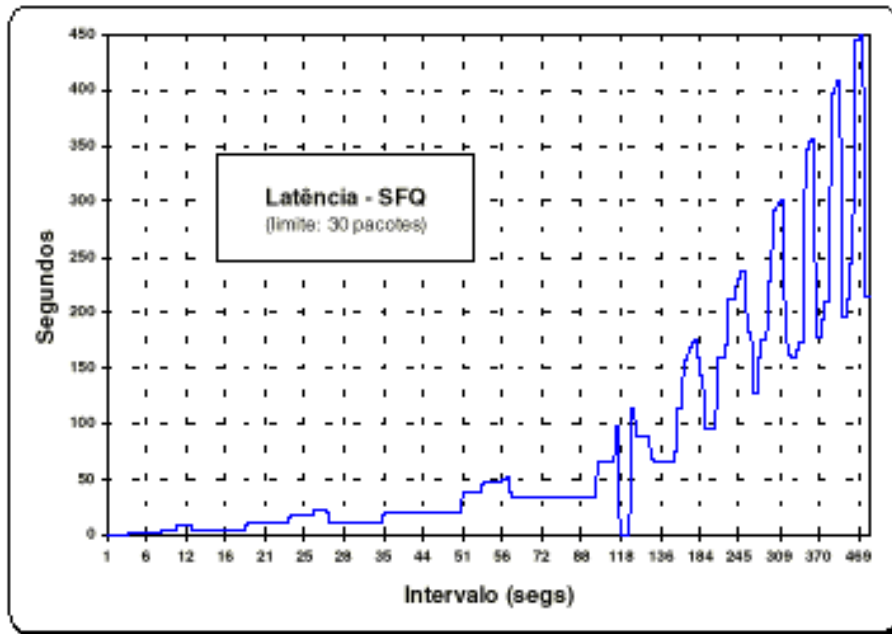


Figura 21: Latência SFQ 30 pacotes (Bluetooth)

Fonte: Horstmann (2002).

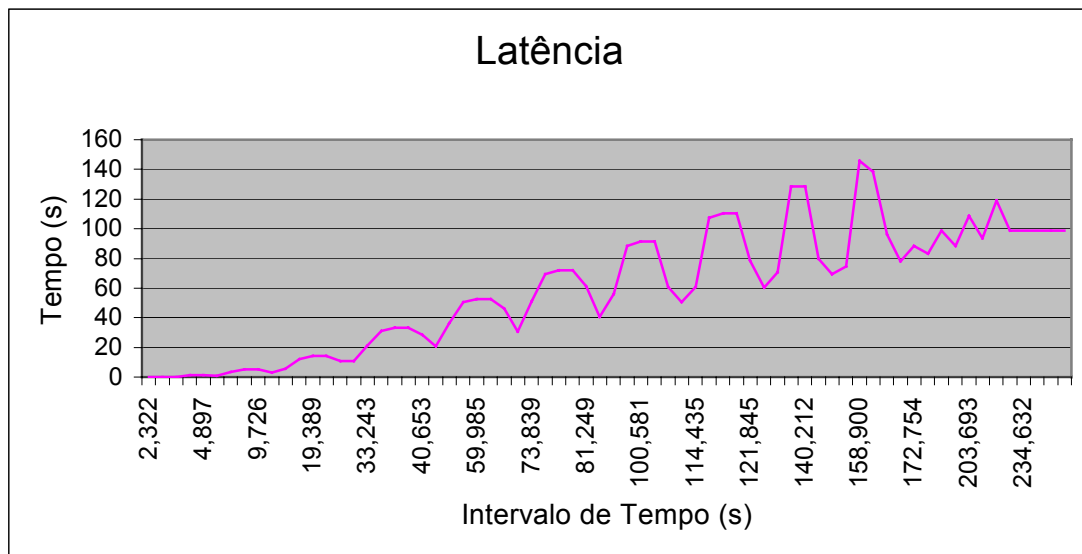


Figura 22: Latência SFQ 30 pacotes (Padrão IEEE 802.11b)

Fonte: Dados da Pesquisa (2002).

Observando os gráficos, percebe-se uma grande diferença entre as latências. Enquanto que no Bluetooth a latência chegou a 450 segundos, no Padrão IEEE 802.11b a latência não passou de 150. O SFQ comportou-se muito bem na simulação usando o

Padrão IEEE 802.11b, apresentando resultados razoáveis quanto à latência e quanto à perda de pacotes. No Bluetooth a perda de pacotes chegou a 61 enquanto que no Padrão IEEE chegou a 78 pacotes. Um valor que continua maior, mas que diminuiu a diferença se comparado com os outros mecanismos de fila.

Tabela 5: Resultado da Simulação -SFQ - 30 pacotes

Tamanho Pacote	Pacotes Recebidos	Pacotes Perdidos	%	Pacotes na Fila	Pacotes Atendidos	%
54	29	18	62%	0	11	38%
108	29	18	62%	0	11	38%
216	29	21	72%	0	8	28%
432	24	14	58%	0	10	42%
865	19	7	37%	0	12	63%
1730	16	0	0%	0	16	100%
TOTAL	146	78	53%		68	47%

Fonte: Dados da Pesquisa (2002).

4.2.1.1.4 Fair Queuing (FQ) 50 pacotes

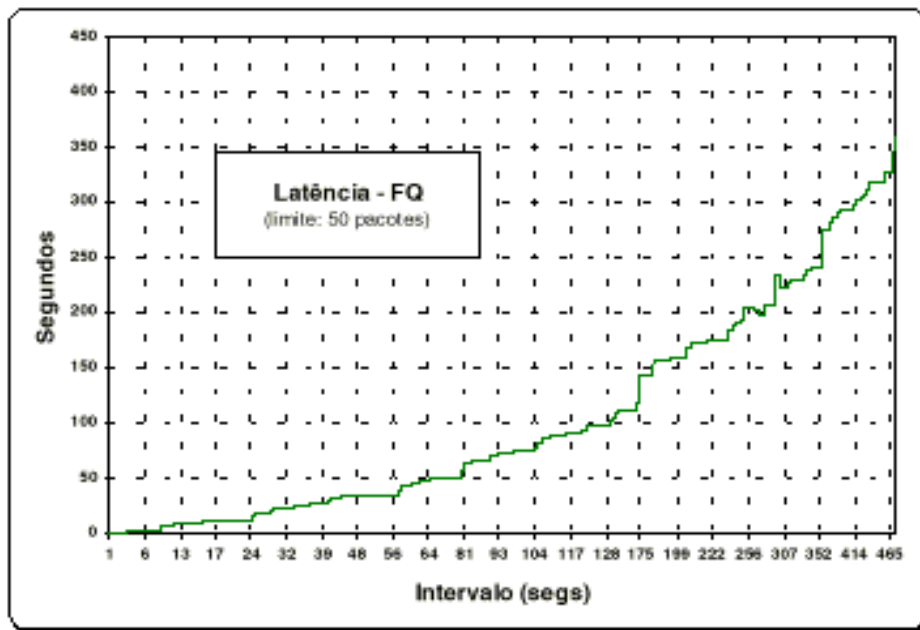


Figura 23: Latência FQ 50 pacotes (Bluetooth)

Fonte: Horstmann (2002).

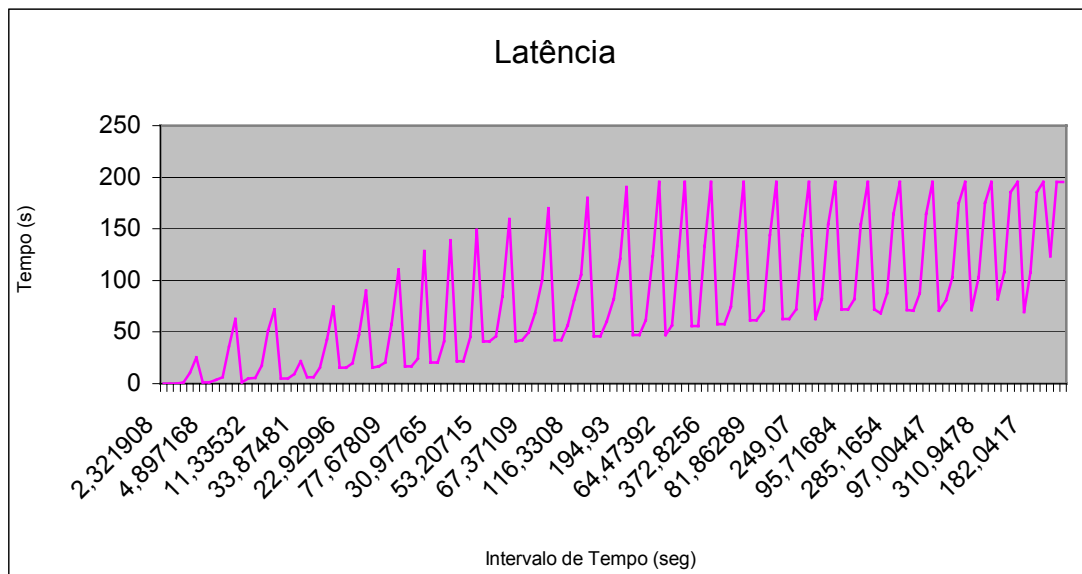


Figura 24: Latência FQ 50 pacotes (Padrão IEEE 802.11b)

Fonte: Dados da Pesquisa (2002).

O mecanismo FQ também apresentou bons resultados. Em relação à latência, usando Bluetooth chegou a 350 segundos enquanto que usando Padrão IEEE 802.11b não passou de 200 segundos. A perda de pacotes também foi menor: no Bluetooth 17 pacotes foram perdidos e no Padrão IEEE 802.11b 35 pacotes foram perdidos, conforme pode ser visto na tabela seguinte.

Tabela 6: Resultado da Simulação - FQ - 50 pacotes

Tamanho Pacote	Pacotes Recebidos	Pacotes Perdidos	%	Pacotes na Fila	Pacotes Atendidos	%
54	29	3	10%	0	26	90%
108	29	7	24%	0	22	76%
216	29	9	31%	0	20	69%
432	29	8	28%	0	21	72%
865	29	7	24%	0	22	76%
1730	29	1	3%	1	27	93%
TOTAL	174	35	20%		138	79%

Fonte: Dados da Pesquisa (2002).

4.2.1.1.5 Deficit Round Robin (DRR) 50 pacotes

O último esquema de filas testado foi o DRR com capacidade de enfileiramento de 50 pacotes.

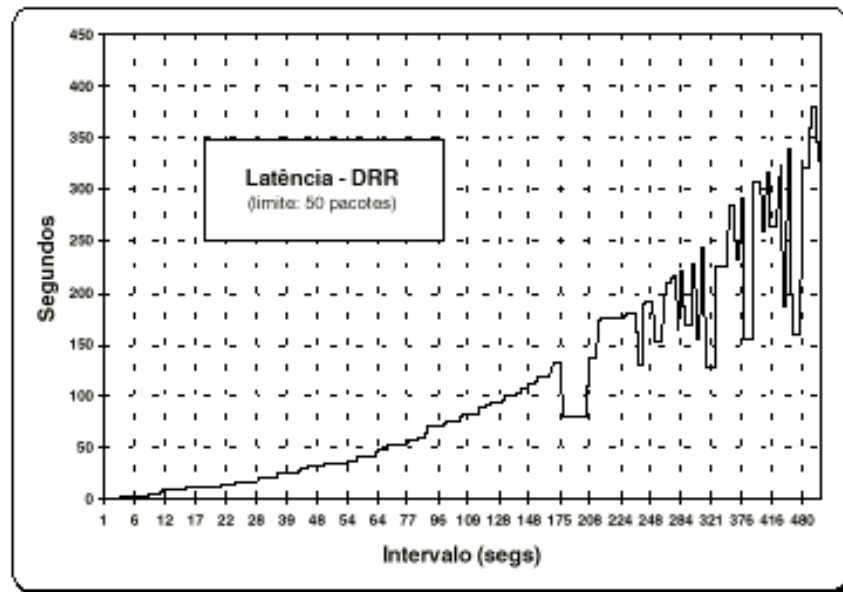


Figura 25: Latência DRR - 50 pacotes (Bluetooth)

Fonte: Horstmann (2002).

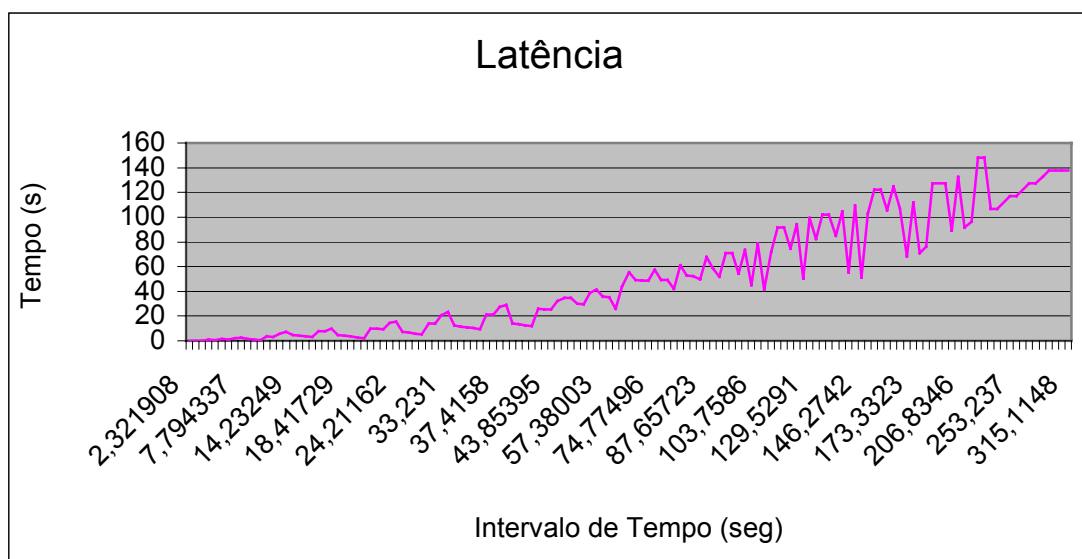


Figura 26: Latência DRR - 50 pacotes (Padrão IEEE 802.11b)

Fonte: Dados da Pesquisa (2002).

A grande diferença deste esquema e os anteriores esta relacionada diretamente com o processo de atendimento e descarte de pacotes. Enquanto que os mecanismos anteriores rejeitam a entrada de novos pacotes quando a fila está no seu limite, o

esquema DRR elimina pacotes já presentes na fila. O processo de descarte considera o tempo de presença na fila e o tamanho do pacote. Quanto mais tempo estiver na fila e maior o tamanho do pacote, maior a probabilidade de ser eliminado (Horstmann, 2002).

Nos gráficos acima, pode-se perceber mais uma vez que a diferença de latências entre as duas tecnologias é relativamente grande. Enquanto que no Bluetooth a latência chegou a quase 400 segundos, no Padrão IEEE 802.11b chegou a no máximo 150 segundos. A taxa de perda de pacotes neste esquema se igualou nas duas tecnologias: tanto o Bluetooth quanto o Padrão IEEE 802.11b perderam 25 pacotes. Este resultado pode ser considerado o melhor para o Padrão IEEE quando comparado com o Bluetooth. Com a latência baixa e com um taxa de perdas de pacotes igual ao Bluetooth o esquema DRR Padrão IEEE 802.11b com 50 pacotes de enfileiramento seria a melhor escolha observando os testes realizados neste trabalho. Como pode ser visto na tabela a seguir, não houve enfileiramento e o número de pacotes perdidos foi baixo.

Tabela 7: Resultado da Simulação - DRR - 50 pacotes

Tamanho Pacote	Pacotes Recebidos	Pacotes Perdidos	%	Pacotes na Fila	Pacotes Atendidos	%
54	29	0	0%	0	29	100%
108	29	0	0%	0	29	100%
216	29	0	0%	0	29	100%
432	29	7	24%	0	22	76%
865	29	12	41%	0	17	59%
1730	17	6	35%	0	11	65%
TOTAL	162	25	15%		137	85%

Fonte: Dados da Pesquisa (2002).

4.2.1.1.6 FIFO 70 pacotes

Conforme mencionado anteriormente, apresentam-se, agora, as simulações feitas usando o esquema FIFO com capacidade de enfileiramento de 70 e 90 pacotes.

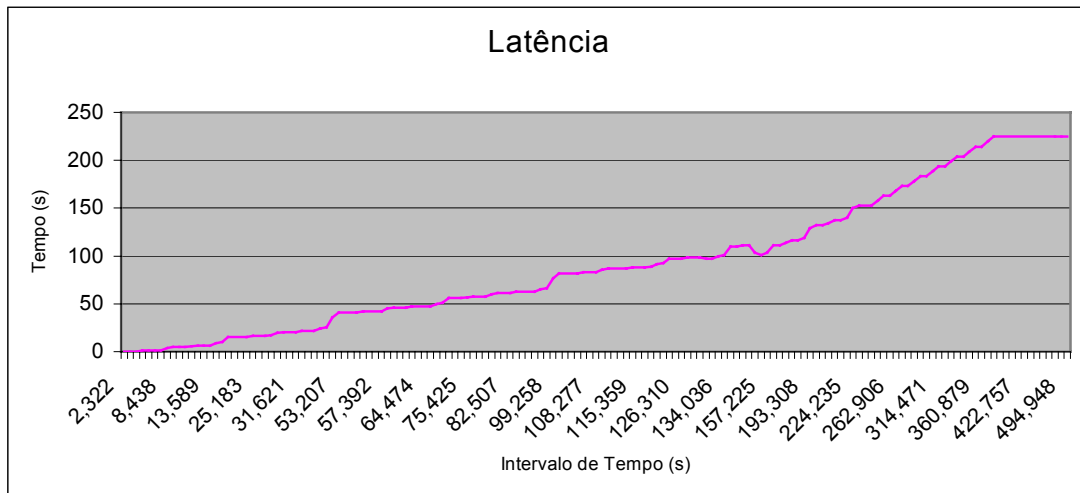


Figura 27: Latência FIFO 70 pacotes (Padrão IEEE 802.11b)

Fonte: Dados da Pesquisa (2002).

Observando o gráfico exposto, percebe-se que a latência do FIFO 50 e do FIFO 70 são praticamente as mesmas: 200 segundos. Lembrando que a latência do FIFO 30 é de um pouco mais de 150 segundos. Este comportamento, quase idêntico ao FIFO 50 e 70, se deve basicamente ao maior tempo em que os pacotes ficam na fila esperando para serem despachados. A principal diferença entre o FIFO 70 para os outros dois é a taxa de perda de pacotes. Enquanto que o FIFO 30 descartou 61 pacotes e o FIFO 50 descartou 36, o FIFO 70 descartou apenas 16 pacotes.

Tabela 8: Resultado da Simulação - FIFO - 70 pacotes

Tamanho Pacote	Pacotes Recebidos	Pacotes Perdidos	%	Pacotes na Fila	Pacotes Atendidos	%
54	29	0	0%	0	29	100%
108	29	1	3%	0	28	97%
216	29	4	14%	0	25	86%
432	29	5	17%	0	24	83%
865	29	5	17%	0	24	83%
1730	29	1	3%	4	24	83%
TOTAL	174	16	9%		154	89%

Fonte: Dados da Pesquisa (2002).

4.2.1.1.7 FIFO 90 pacotes

Para concluir os resultados das simulações apresenta-se o esquema FIFO com capacidade de enfileiramento de 90 pacotes.

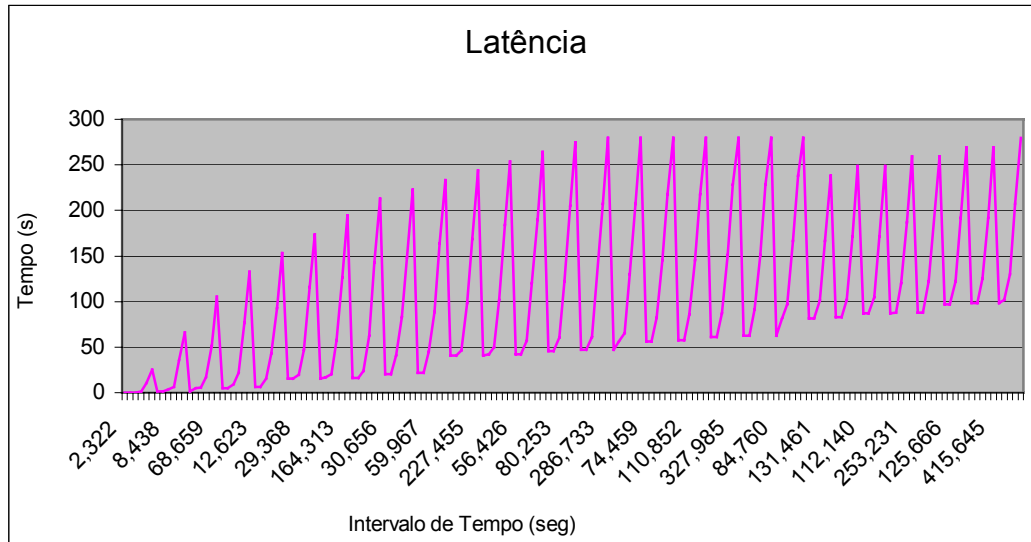


Figura 28: Latência FIFO 90 pacotes (Padrão IEEE 802.11b)

Fonte: Dados da Pesquisa (2002).

Nota-se que a latência aumentou neste esquema chegando a aproximadamente 280 segundos em alguns momentos da simulação. Em compensação, a taxa de perda de pacotes é zero, ou seja, não houve descarte de pacotes neste esquema. Na tabela a seguir, fica claro o acima exposto.

Tabela 9: Resultado da Simulação - FIFO - 90 pacotes

Tamanho Pacote	Pacotes Recebidos	Pacotes Perdidos	%	Pacotes na Fila	Pacotes Atendidos	%
54	29	0	0%	0	29	100%
108	29	0	0%	0	29	100%
216	29	0	0%	0	29	100%
432	29	0	0%	0	29	100%
865	29	0	0%	0	29	100%
1730	29	0	0%	9	20	69%
TOTAL	174	0	0%		165	95%

Fonte Dados da Pesquisa (2002).

5 CONCLUSÃO

Ao término deste estudo, faz-se justiça em considerar cumpridas as etapas propostas, tendo em vista que foram alcançados os objetivos previamente definidos, com observância dos fundamentos teóricos do tema.

Com relação ao problema levantado para a pesquisa de experimento e, conseqüente objetivo formulado, restou comprovar que, considerando a relação latência X perdas de pacotes, o melhor esquema para o Padrão IEEE 802.11b é o DRR, pois apresenta uma baixa latência e a perda de pacotes se iguala ao Bluetooth.

Por outro lado, se a preocupação for à perda de pacotes, o ideal seria a utilização do FIFO 70 ou até mesmo do FIFO 90, com a ressalva de que, neste último, a latência aumenta um pouco.

De tais colocações, pode-se deduzir que o objetivo foi atingido, ressaltando-se, porém, que este trabalho não é conclusivo, sendo passível de amplas e novas pesquisas sobre o tema.

Entretanto, espera-se que a contribuição deste experimento venha a suscitar novas experiências e que surjam novos parâmetros de medida, no sentido do aprimoramento dos mecanismos de rede sem fio.

Por fim, à guisa de conclusão, cabe referenciar que, além de alcançar o objetivo proposto, encontrou-se a resposta adequada a uma questão que permanecia não respondida, trazendo, com isso, a oportunidade de concorrer para um novo tratamento dos pacotes e dos processos de fila.

5.1 Trabalhos futuros

Como contribuição para este estudo, analisando os resultados obtidos, sugere-se a realização de outros trabalhos, que podem ser feitos nessa mesma linha de pesquisa.

Apresentam-se duas formas de fazer os mesmos testes, mas, usando mobilidade e tipos de algoritmos de roteamento diferentes.

Na primeira forma, sugere-se a realização de simulações com o *bluetooth* e mobilidade; a estratégia é focar mais o aspecto dos algoritmos de roteamento.

A segunda alternativa sugerida envolve realizar simulações com Padrão IEEE 802.11b e mobilidade, utilizando-se também como foco o aspecto de algoritmos de roteamento.

Além destas, outras abordagens quanto ao tema, poderão contribuir significativamente para o aprimoramento do estudo proposto, dentre os quais, poderíamos ainda destacar a Aplicação do Padrão 802.11b sob o tráfego IP, bem como a utilização de outros esquemas de fila como *Random Early Detection (RED)*, *Weighted Random Early Detection (WRED)* utilizando o Padrão 802.11b

Tais sugestões de experimentos certamente trarão novos diferenciais em seus resultados, possibilitando a expansão na teia de análise, de modo a contribuir com novas fontes de dados sobre o assunto.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AROCA, Rafael Vidal. **QoS visão geral**. Disponível em <http://www.geocities.com/rafaelaroca/qos/paper/node2.html> Acesso em 13 mar. 2002.

BENSI, Alexandre D. **Qualidade de Serviço – QoS**. Portal Aledon. Disponível em: <http://mail.dep.ufscar.br/qos.php3>. Acesso em 07/11/2002.

BROCH, Josh.; MALTZ, David A.; JOHNSON, David B.; HU, Yih-Chun.; JETCHEVA, Jorjeta. **A performance comparison of multi-hop wireless *ad hoc* network routing protocols**. Disponível em: <http://www.monarch.cs.cmu.edu/> Acesso em 23 nov. 2001.

CÂMARA, Daniel. **Redes de computação móvel *ad hoc***. (loureiro@dcc.ufmg.br) material recebido e-mail em 26 nov. 2001.

CÂMARA, Daniel. **Roteamento em redes *ad hoc***. Disponível em: www.dccc.ufmg.br/~danielc/redes/roteamento.html Acesso em 05 out. 2001.

CERQUEIRA, Romulo Curty,. **O Padrão 802.11** Disponível em: <http://www.ic.uff.br/~curty/ieee802.11.pdf>, acesso em 12/01/2003.

CHEN, Shigang and NAHRSTEDT, Klara. **Distributed Quality of Service Routing in *Ad Hoc* Network**. IEEE Journal on Selected Areas in Communications. Vol. 17, nº 8. August 1999.

CHOI, Sunghyun. **QoS Guarantees in Wireless/Mobile Networks**. Dissertation para o grau de Doctor of Philosophy. University of Michigan, 1999.

D'OLIVEIRA JUNIOR, Simith Tupinambá. **Análise de Tráfego de Dados em Redes Bluetooth**. Universidade Federal de Pernambuco. Julho de 2001.

CRAWFORD, Richard. **Na Era do Capital Humano**. São Paulo: Editora Atlas, 1994.

DIXIT, Sudhir; GUO Yile and Antoniou Zoe. **Resource Management and Quality of Service in Third-Generation Wireless Networks**. IEEE Communications Magazine. February 2001.

FALL, K., VARADHAN, K., editors (2001) “*The ns Manual (formerly ns Notes and Documentation)*”. The VINT Project, UC Berkeley, LBL, USC/ISI, and Xerox Parc, work in progress. (22/03/2002 disponível em <http://www.isi.edu/nsman/ns/ns-documentation.html>)

FLEISCHHAUER, Luciana Irene Amaral. **Propriedades de agentes**. Disponível em: www.eps.ufsc.br/disserta97/amaral/cap3.htm Acesso em 24 nov. 2001.

GOUVEA, Sidney. **Telecomunicações e Informática**. Disponível em: http://www.abalizado.hpg.ig.com.br/ciencia_e_educacao/7/index_pri_7.html

GTA/UFRJ – Grupo de Teleinformática e Automação. **QoS na internet**. www.gta.ufrj.br/pesquisa/internetqos.html acessado em 26/11/01

GTA/UFRJ – Grupo de Teleinformática e Automação. **Sistemas de comunicação com QoS**. www.gta.ufrj.br/pesquisa/sistcom.html acessado em 26/11/01

GTA/UFRJ Grupo de Teleinformática e Automação. **Tópicos especiais em comunicação multimídia: seminários**. Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/~apaulo/seminarios/adhoc-e-bluetooth/adhoc.html> Acesso em 05 out. 2001 e 24 nov. 2001.

HAAS, Zygmunt J. da. **Determination of critical transmission range in ad hoc networks**. School of Electrical Engineering Cornell University Ithaca, New York, USA. Disponível em http://www.ee.surrey.ac.uk/Personal/G.Aggelou/MANET_PUBLICATIONS.html

Acesso em 15 Mar. 2002.

HEKMAT, Ramin. **Routing in mobile *ad hoc* networks**. Disponível em http://www.tvs.et.tudelft.nl/people/ramin/routing_in_mobile_ad_hoc_network.htm.

Acesso em 25 nov. 2001.

HILLER, Kimberly. **Wireless LAN: An Overview**. Gartner Group Research. Disponível em: www.techrepublic.com. Publicado em 04/01/2001. Acessado em agosto/2002.

HORSTMANN, Gilson Norberto. **Avaliação de Mecanismos para Gerenciamento de Filas do buffer da Interface do Host Controller Bluetooth**. Dissertação para grau de Mestre em Ciências da Computação – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Outubro, 2002.

Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. **Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications**. Disponível em: <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11b-1999.pdf>. Acesso em 10/01/2003.

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – **Redes de Alto Desempenho**.

JOHNSON, David B.; MALTZ, David A. **Dynamic source routing in *ad hoc* wireless networks**. Disponível em: www.ics.uci.edu/~atm/adhoc/paper-collection/johnson-dsr.pdf Acesso em jun. 2001 e 25 nov. 2001.

JUNIOR, Célio Sormani.; BERNARDES, Josué Custódio.; MOREIRA, Robson Antonio. **Agentes móveis inteligentes**. Disponível em: www.fjaunet.com.br/informatica/links/agentes_moveis.htm Acesso em 24 nov. 2001.

KAMERMAN, A. **Spread Spectrum Techniques Drive WLAN Performance.** *Microwaves & RF*, September, 1996.

LEITE, Danilo Rangel Arruda. **Redes 802.11.** Disponível em: <http://sites.uol.com.br/helyr/drangel3.html> Acesso em 09 fev. 2002.

LIMA, Abiel Roche. **Proposta e validação de um mecanismo para garantir QoS em redes sem fio de topologia ad hoc.** Dissertação de Mestrado do curso de Pós-Graduação em Ciências da Computação da Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

LIN, Chunhung Richard and LIU, Jain-Shing. **QoS Routing in Ad Hoc Networks.** *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*. Vol. 17, nº 08. August 1999.

MARIANO, Antonio. **Wireless networks. O padrão IEEE 802.11b para redes sem fio.** Disponível em: www.networkdesigners.com.br/Artigos/wireless/wireless.html Acesso em 24 nov. 2001.

MEGUERDICHIAN, Seapahn.; KOUSHANFAR, Farinaz.; POTKONJAK, Miodrag.; SRIVASTAVA, Mani B. **Coverage problems in wireless ad hoc sensor networks.** Disponível em: <http://www.ieee-infocom.org/2001/paper/843.pdf> acesso em 24 nov. 2001.

MISHRA, Amitabh and TECH, Virginia. **QoS Issues in Ad Hoc Wireless Networks.** *IEEE Communications Magazine*. February 2001.

OLIVEIRA, Renato Donizete Vilela de; FARINES, Jean Marie. **Medições e Testes para Aplicações envolvendo Mídias Contínuas em Redes IP com Serviços Diferenciados.** Departamento de Automação e Sistemas – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

OLIVEIRA, Sergio de. SILVA, Soraia Lúcia da., MOURA, Paulo Ferreira de.,

LOUREIRO, Antonio Alfredo. **Telefonia IP para ambientes móveis compactos.** Disponível em www.lecom.dcc.ufmg.br/~sergiool/telefonia/compmovel.htm Acesso em 24 fev. 2002.

PRANGE, Cristian Ramos,; ROCHOL, Juergen. **Redes locais sem fio e o padrão IEEE 802.11: uma análise crítica.** Disponível em: http://labcom.inf.ufrgs.br/artigos_script/redes_sem_fio.pdf. Acesso em 01 mar. 2002.

RAGHUPATHY, Sivakumar Bevan Das; BHARGHAVAN, Vaduvur. **Spine routing in ad hoc network.** www.ee.surrey.ac.uk/Personal/G.Aggelou/PAPERS/baltzer.pdf acessado em 25/11/01

Redetronic Virtual. **Largura de banda.** Disponível em: http://www.redetronic.com.br/4_59.htm Acesso em 13 mar. 2002.

ROBERTS, Randy. **Introduction to Spread Spectrum.** Disponível em: <http://www.SSS-mag.com> Acesso em ago. 2002.

RUBINSTEIN, Marcelo G., REZENDE, José Ferreira de. **QUALIDADE DE SERVIÇO EM REDES 802.11.** Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/ftp/gta/TechReports/RuRe02.pdf>. Acesso em 12/01/2003.

SÁNCHEZ, Miguel,; MANZONI, Pietro. **Determination of critical transmission range in ad hoc networks.** Departamento de Informática de Sistemas e Computadores da *Universidad Politécnica de Valencia*, Espanha. Disponível em http://www.ee.surrey.ac.uk/Personal/G.Aggelou/MANET_PUBLICATIONS.html Acesso em 15 Mar. 2002.

SANTOS, Ana Paula Silva. **Qualidade de Serviço na Internet.** NewsGeneration – RNP. 12 de novembro de 1999, volume 03 número 06. Disponível em: <http://www.rnp.br/newsgen/9911/qos.shtml#p0>. Acesso em 07/11/2002.

SANTOS, Claudemberg Ferreira dos.; CÂMARA, Daniel.; LOUREIRO, Antonio A. F. **Uma metodologia para verificação formal de protocolos de roteamento para redes móveis *ad hoc***. SBRC 2001 – 19º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores Florianópolis, Santa Catarina, 21 a 25 de maio de 2001, adquirido por CD em maio 2001.

Serviços Diferenciados – DiffServ. Disponível em: www.geocities.com/rafaelaroca/qos/paper/node6.html. Acesso em 07/11/2002.

SMIRNOV, Michael. **QoS *Ad hoc* internetworking: dynamic adaptation of differentiated services boundaries.** Disponível em <http://www.cadenus.org/papers/iw00-mis-adhoc.pdf>. Acesso em 25 nov. 2001.

SOMANI, Arun K. **Issues in Design and Deployment of *Ad Hoc* Networks.** Mobile Networks and Applications 6, 315-316, 2001.

STARDUST.COM – Making Sense of New Internet Stuff. **The Need for QoS.** Disponível em: www.qosforum.com. Acesso em setembro de 2002.

SU, Willian and GERLA, Mario. Publications on Mobile *Ad hoc* Networks (MANETs), IEEE ICCCN'99, Boston, MA. ***Ad hoc* wireless multicast with mobility prediction.** Disponível em <http://www.ee.surrey.ac.uk/Personal/G.Aggelou/ABSTRACTS/SJLee2.html>. Acesso em 25 nov. 2001.

ULBRICH, Roberto Luis. **Gerenciamento hierárquico por exceção em ambiente ATM.** Disponível em: [www.penta/ufrgs.br/pesquisa/ulbrich/artigo.htm](http://www.penta.ufrgs.br/pesquisa/ulbrich/artigo.htm) acesso em 26 nov. 2001

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. **Introdução sobre qualidade de serviço (*QoS* – *Quality of Service*).** Disponível em

www.inf.ufrgs.br/granville/QoSManagement/analise/intro_qos.html Acesso em 26 nov. 2001.

WLANA – The Wireless Networking Industry’s Information Source. Disponível em: <http://www.wlana.org>. Acesso em ago. 2002

WU, Hsiao-Kuang,; CHUANG, Pei-Hung., **Dynamic QoS allocation for multimedia ad hoc wireless networks**. Department of Computer Science and Information Engineering, National Central University, Chun-Li, Taiwan. Material adquirido por CD.

CERQUEIRA, Romulo Curty. **Computação Aplicada & Automação**. o padrao IEEE 802.11, disponível em www.ic.uff.br/~curty/ieee802.11.pdf

www.networksdesigners.com.br/artigos/qos/qos/html. Acesso em 26 nov. 2001.

ZANETTI, Alberto René; GONÇALVES, Leandro de Carvalho. **Redes locais sem fio**. Disponível em: www.dc.ufscar.br/~carvalho/WLAN/WLAN1.html Acesso em 23 nov. 2001a.

ZANETTI, Alberto René; GONÇALVES, Leandro de Carvalho. **Redes locais sem fio**. Disponível em: www.dc.ufscar.br/~carvalho/WLAN/WLAN4.html Acesso em 23 nov. 2001b.

ZANETTI, Alberto René; GONÇALVES, Leandro de Carvalho. **Redes locais sem fio**. Disponível em: www.dc.ufscar.br/~carvalho/WLAN/WLAN3.html Acessado em 23 nov. 2001c.

7 ANEXOS

7.1 Anexo A: Jitter

Figura A1 jitter FIFO 30

Figura A2 jitter FIFO 50

Figura A3 jitter FIFO 70

Figura A4 jitter FIFO 90

Figura A5 jitter SFQ 30

Figura A6 jitter FQ 50

Figura A7 jitter DRR 50

7.2 Anexo B: Enfileiramento e perdas de pacotes

Figura B1: Enfileiramento e perdas FIFO 30

Figura B2: Enfileiramento e perdas FIFO 50

Figura B3: Enfileiramento e perdas FIFO 70

Figura B4: Enfileiramento e perdas FIFO 90

Figura B5: Enfileiramento e perdas SFQ 30

Figura B6: Enfileiramento e perdas FQ 50

Figura B7: Enfileiramento e perdas DRR 50

Anexo A: Jitter

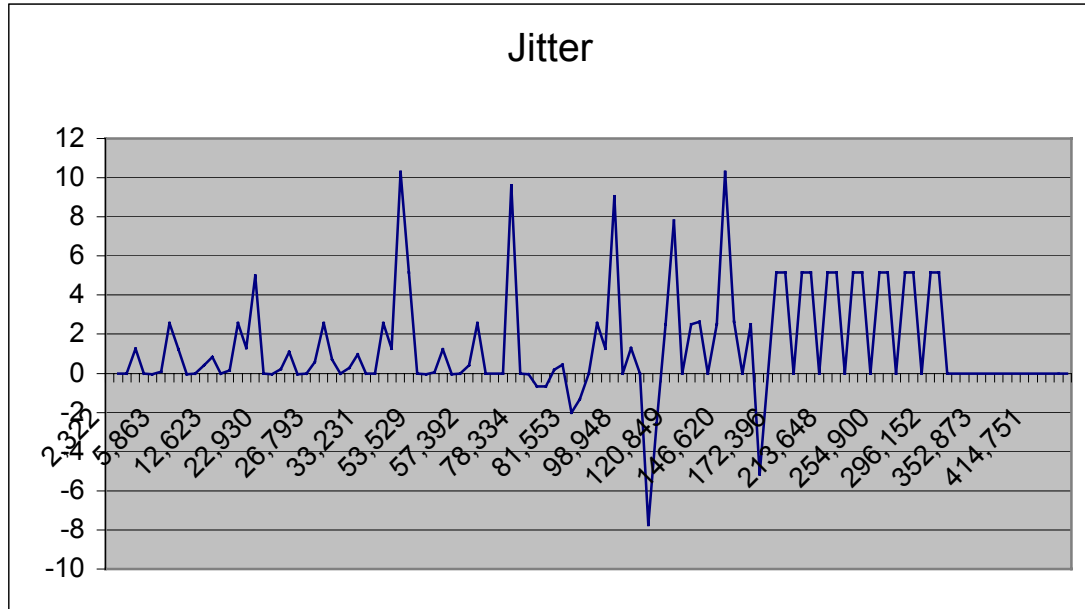


Figura A1: Jitter FIFO 30

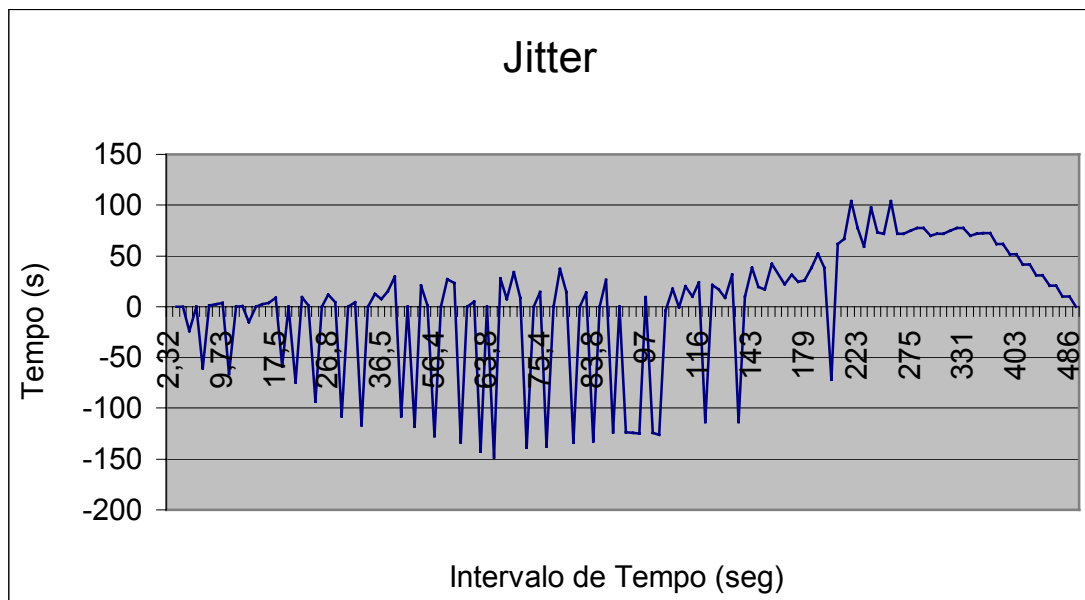


Figura A2: Jitter FIFO 50

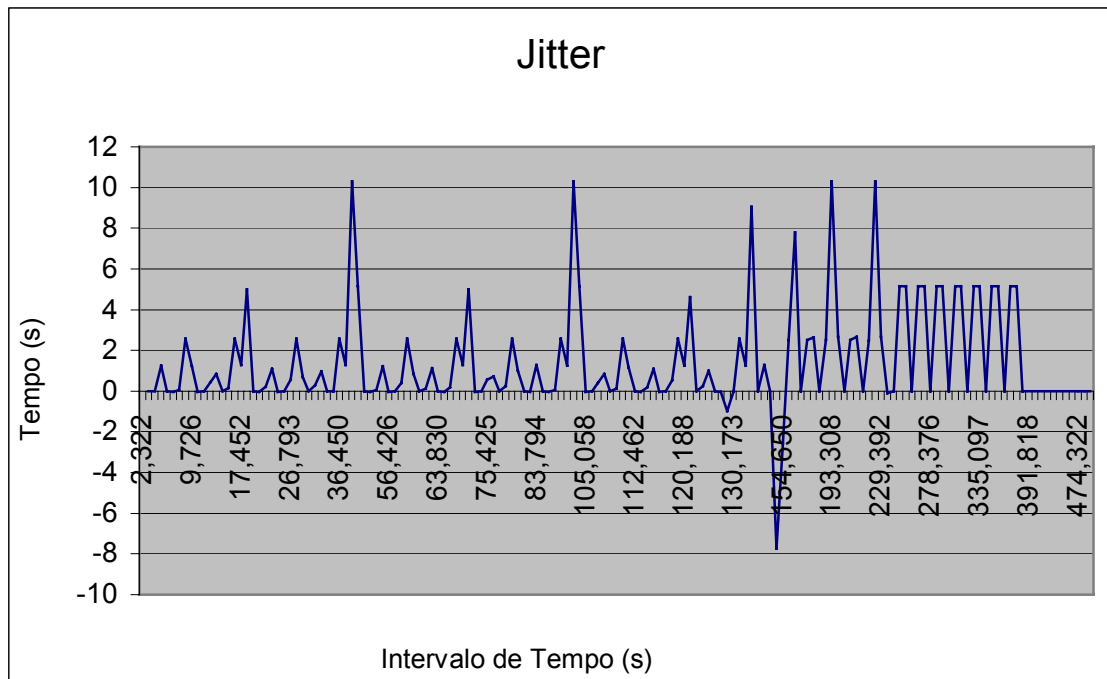


Figura A3: Jitter FIFO 70

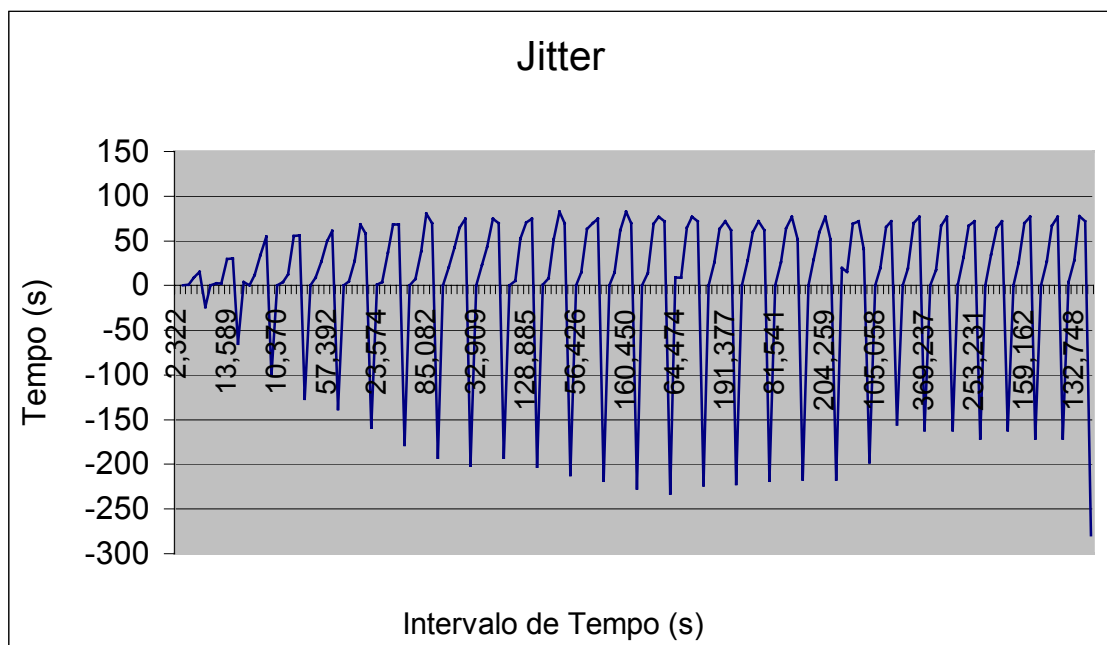


Figura A4: Jitter FIFO 90

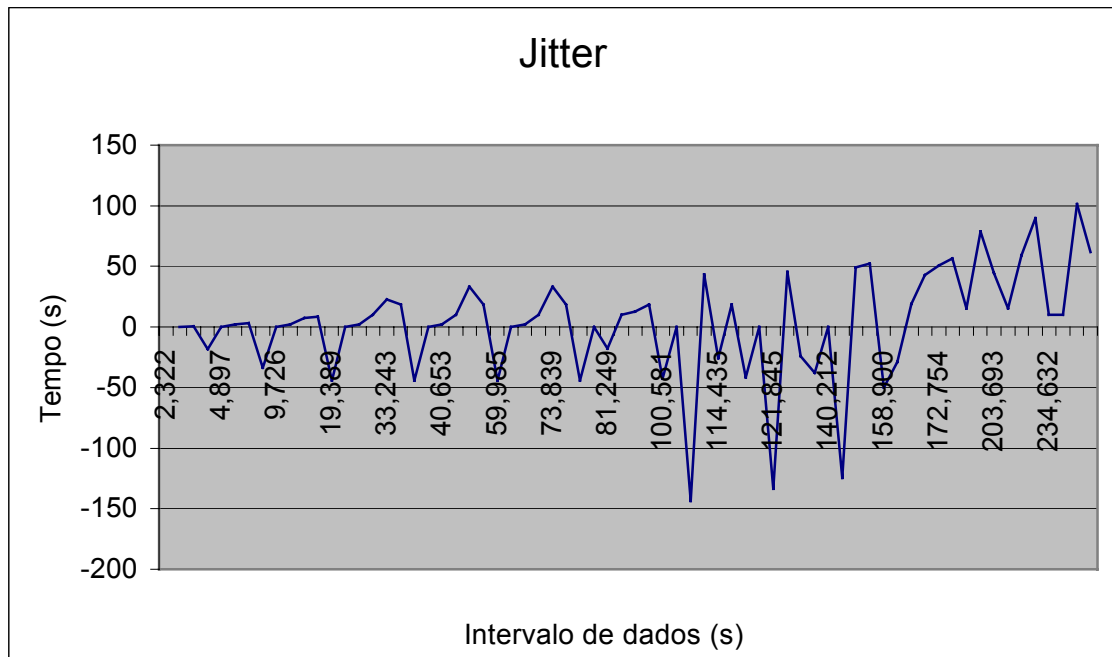


Figura A5: Jitter SFQ 30

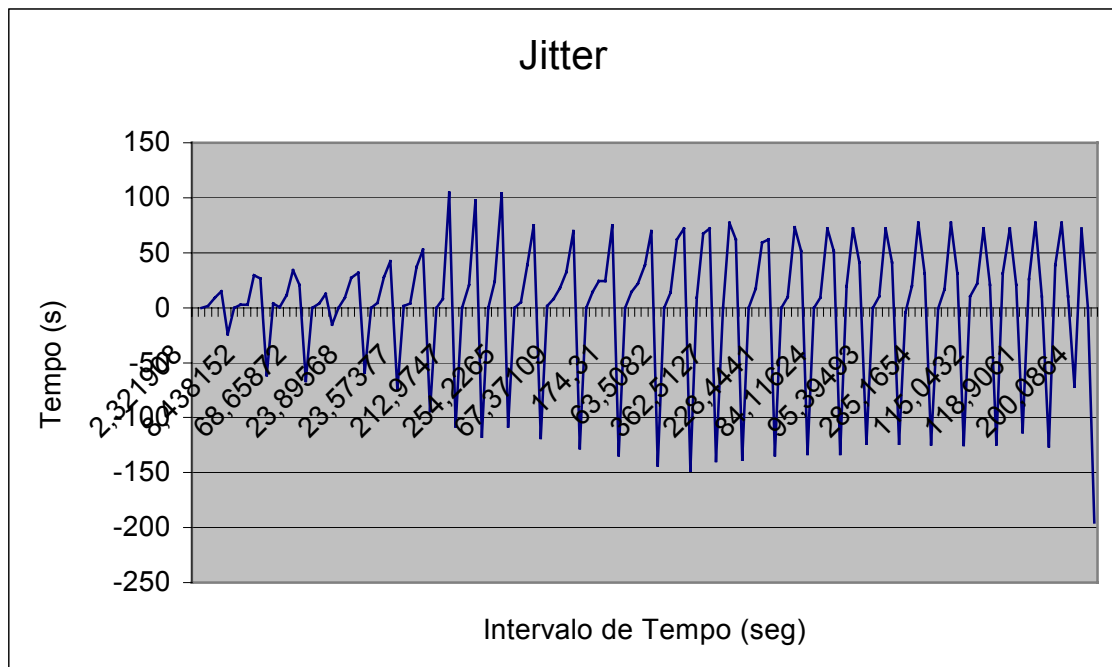


Figura A6: Jitter FQ 50

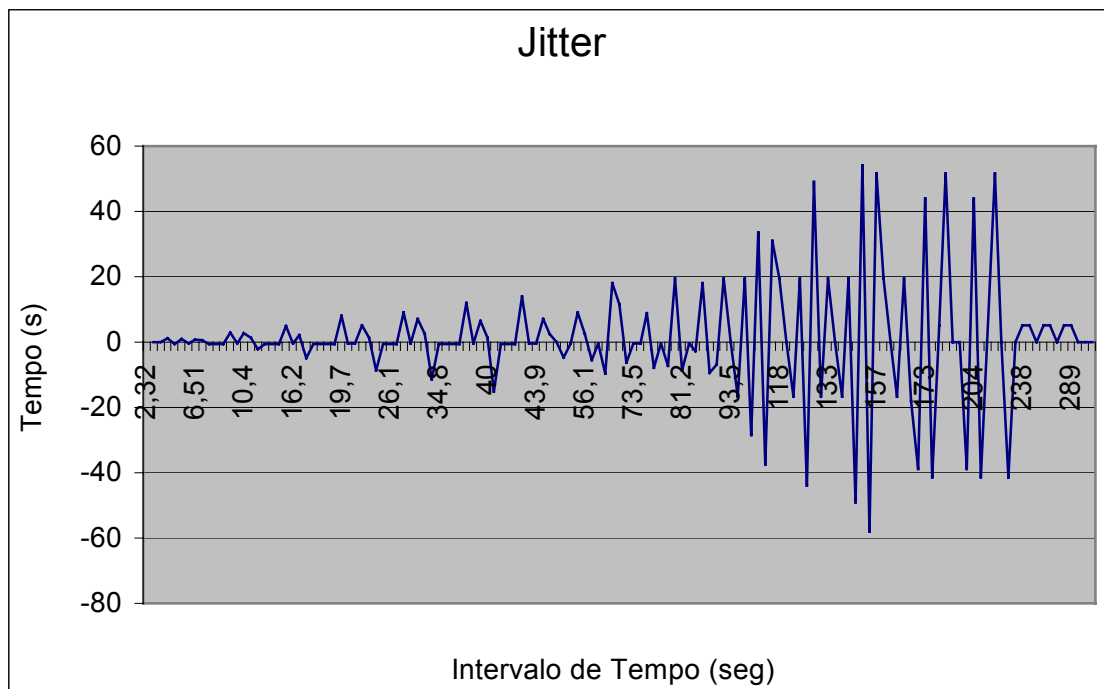


Figura A7: Jitter DRR 50

Anexo B: Enfileiramento e Perda de Pacotes

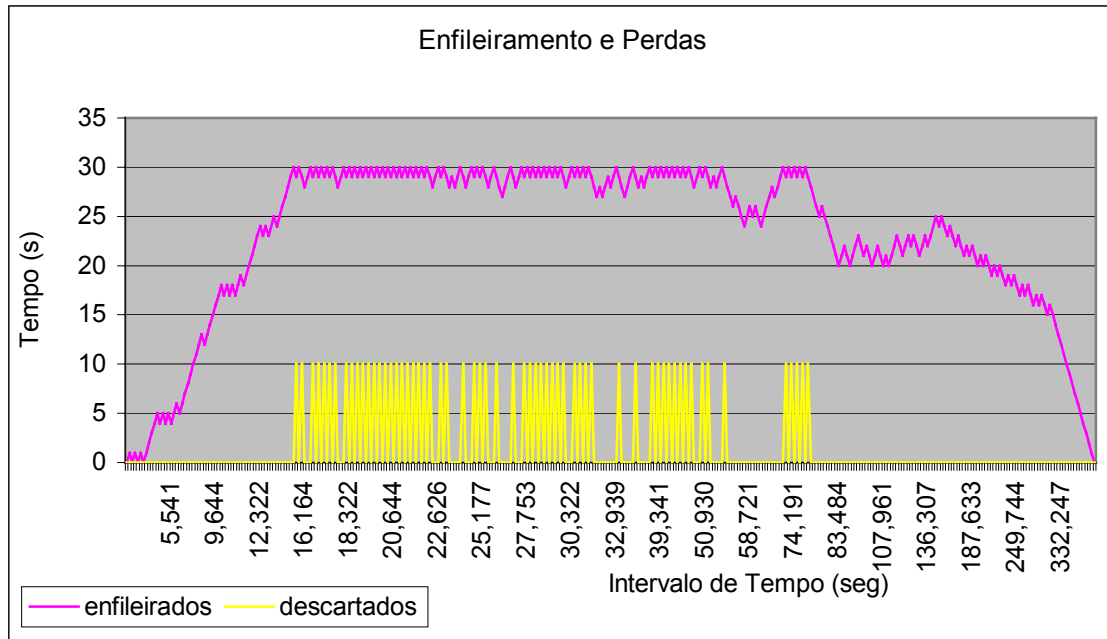


Figura B1: Enfileiramento e Perdas FIFO 30

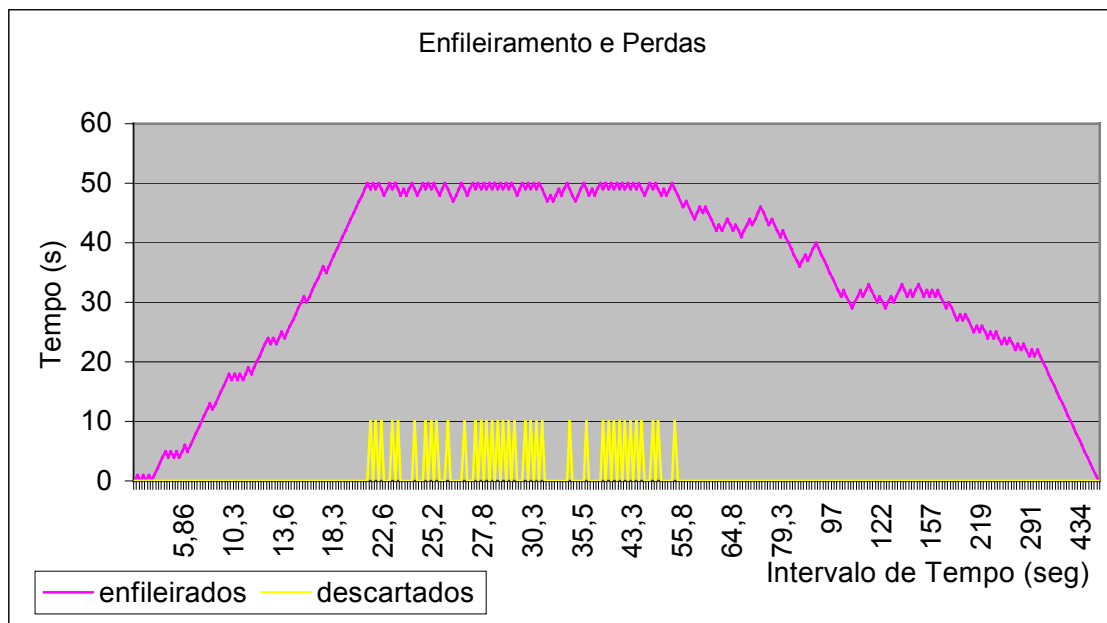


Figura B2: Enfileiramento e Perdas FIFO 50

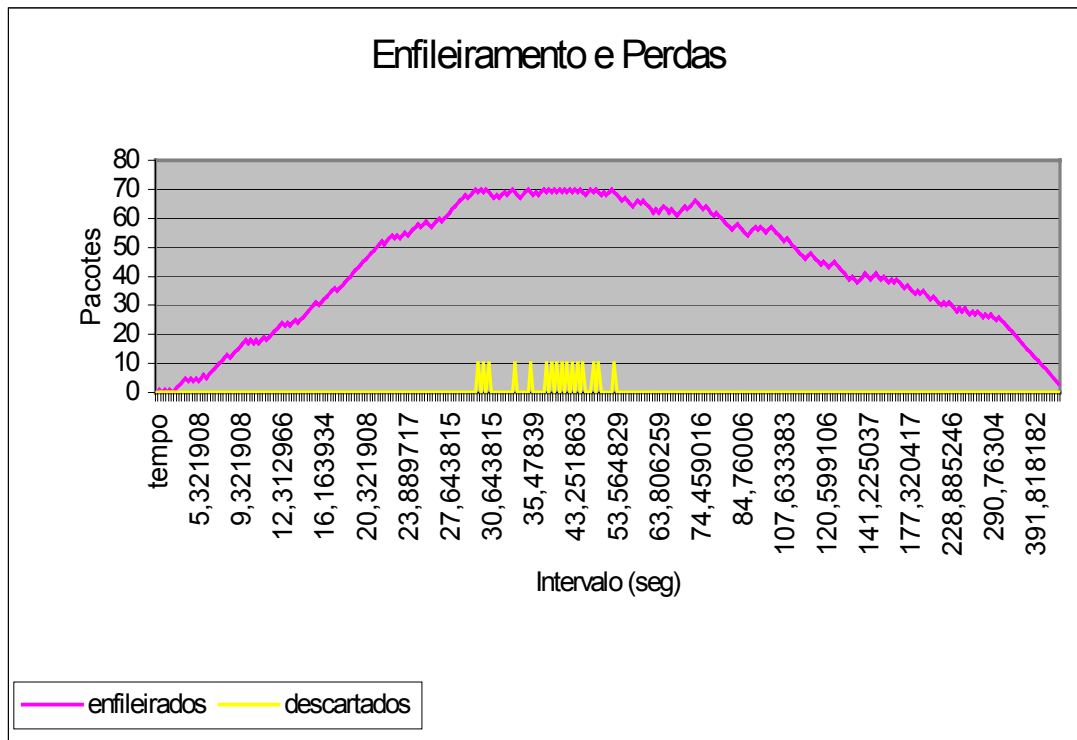


Figura B3: Enfileiramento e Perdas FIFO 70

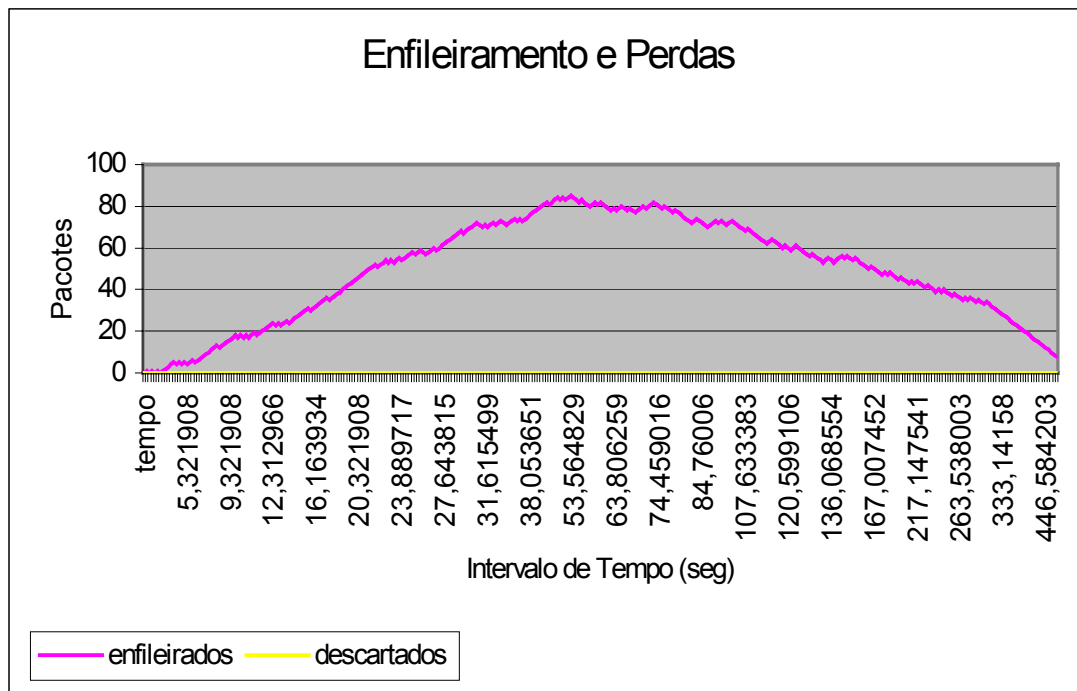


Figura B4: Enfileiramento e Perdas FIFO 90

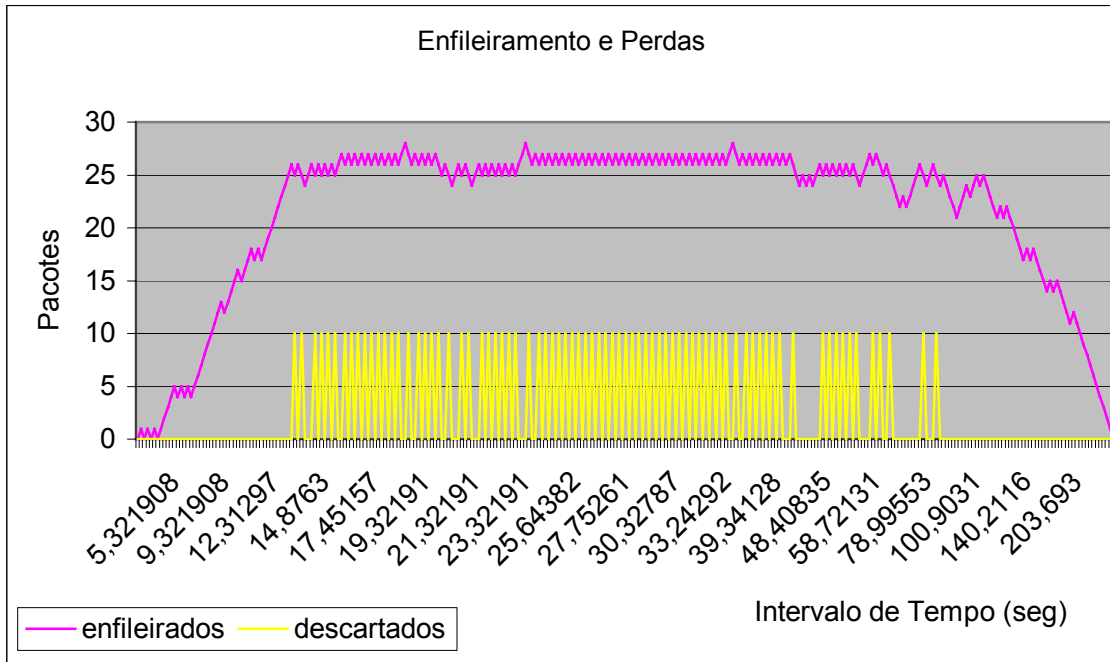


Figura B5: Enfileiramento e Perdas SFQ 30

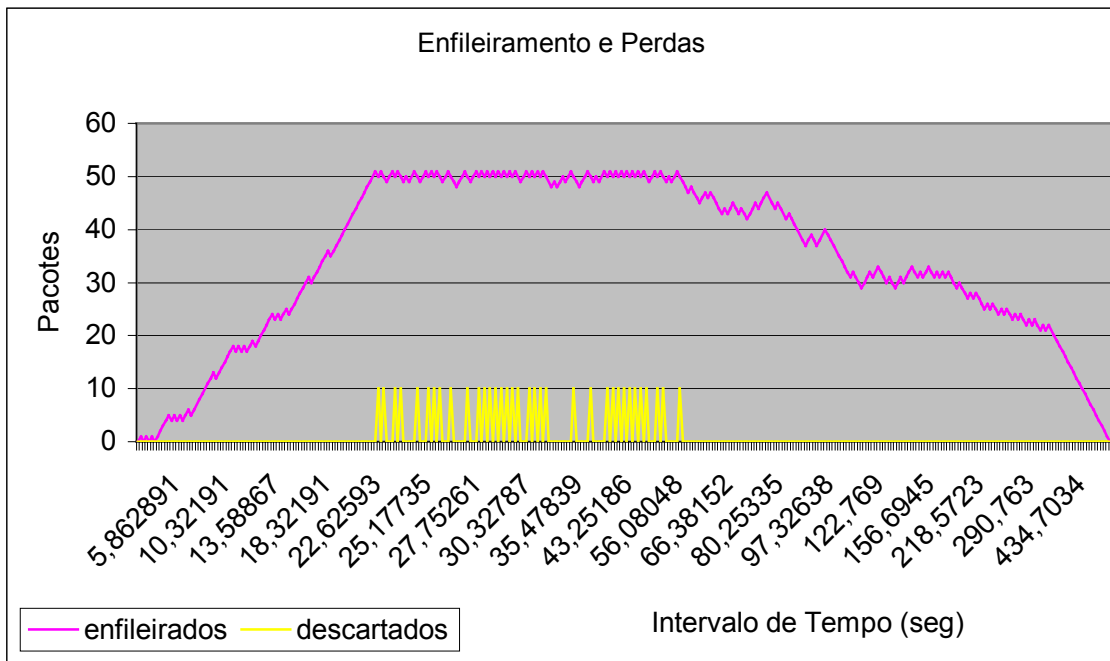


Figura B6: Enfileiramento e Perdas FQ 50

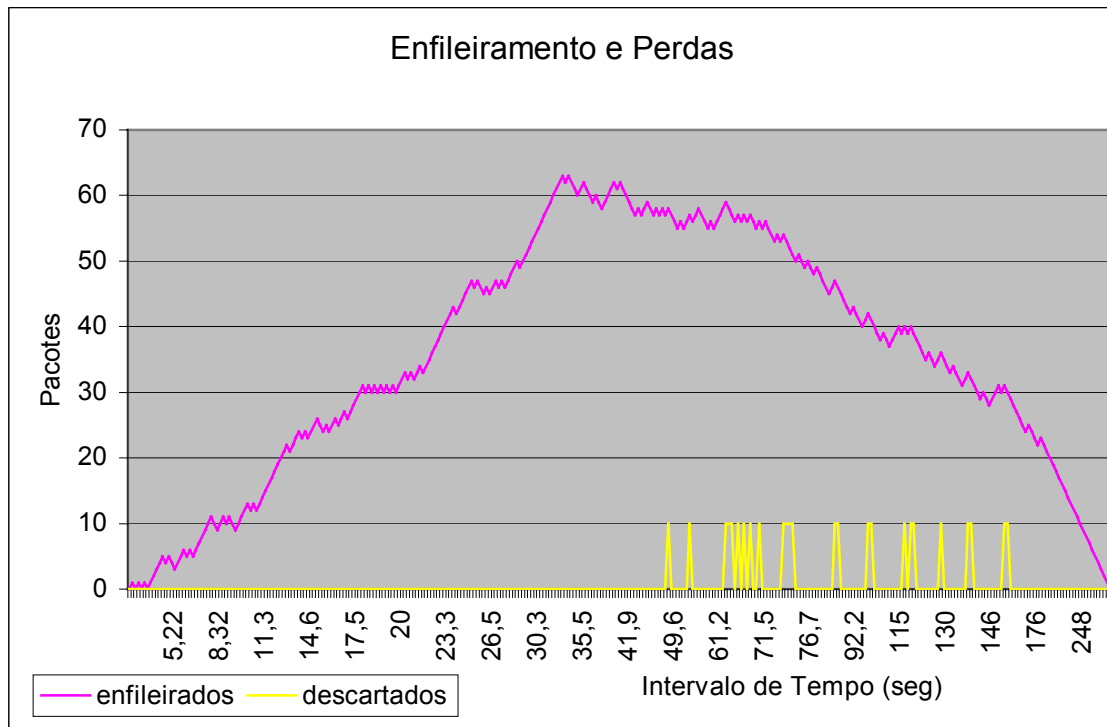


Figura B7: Enfileiramento e Perdas DRR 50