

RAFAEL FRANCISCO THIBES

**ANÁLISE DE DESEMPENHO DE TRÁFEGO DE REDE IPV4/IPV6 EM
UMA INTRANET FAST ETHERNET/GIGABIT ETHERNET**

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências da Computação da Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso Administração de Redes Linux para obtenção do título Especialista em Administração de Redes Linux

Orientador
Ricardo Martins de Abreu Silva

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL 2005

RAFAEL FRANCISCO THIBES

**ANÁLISE DE DESEMPENHO DE TRÁFEGO DE REDE IPV4/IPV6 EM
UMA INTRANET FAST ETHERNET/GIGABIT ETHERNET**

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências da
Computação da Universidade Federal de Lavras como parte das
exigências do curso Administração de Redes Linux para obtenção do
título Especialista em Administração de Redes Linux

Aprovada em __ de _____ de ____

Prof. _____

Prof. _____

Dr. Ricardo Martins de Abreu Silva
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

AGRADECIMENTOS

Gostaria de prestar esta homenagem para as queridos familiares que me acompanharam desde o início.

A minha namorada pela sua dedicação e amor durante este percurso.

Aos amigos que ajudavam a resfriar a cabeça nos momentos de lazer.

Aos companheiros de profissão que com suas dicas muitas vezes iluminaram a escuridão das dúvidas.

Ao meu orientador por ajudar a percorrer e traçar novos caminhos e dificuldades neles encontrados, principalmente por ter aceitado e cumprido em curto período o pedido de orientação.

RESUMO

Este projeto apresentará como integrar uma pequena rede de testes em linux em velocidades de 100Mbps, 1000Mbps, com cabeamentos de categoria 5e, 6 e principalmente com os protocolos em questão: IPv4, dando ênfase ao IPv6.

A nova versão do protocolo IP foi desenvolvida pensando nas melhorias a serem realizadas com base na versão atual, tendo em mente que deveria ser um passo evolucionário em relação à versão 4 , não um passo radicalmente revolucionário. Funções desnecessárias foram removidas; funções que trabalhavam bem foram mantidas e novas funcionalidades foram acrescentadas.

As mudanças nas tecnologias de redes geram expectativas e curiosidades por parte dos principais interessados: os Administradores de Redes. Uma delas é quanto ao desempenho do protocolo IPv6, o ganho com cabeamento cat 6 com velocidades de 1 *Gigabit*.

ABSTRACT

This project will present how to integrate a small net of tests in linux in speeds of 100Mbps, 1000Mbps, with cables of category 5e, 6 and mainly with the protocols in question: IPv4, giving emphasis to the IPv6.

The new version of protocol IP was developed thinking the improvements to be carried through on the basis of the current version, having in mind that would have to be a evolutionary pacing in relation to version 4, not a radix revolutionary pacing. Unnecessary functions had been removed; functions that worked well had been kept and new functionalities had been added.

The changes in the technologies of nets generate interested expectations and curiosity on the part of the main ones: the Administrators of Nets. One of them is how much to the performance of the protocol IPv6, the profit in cable cat 6 and with speeds of 1 *Gigabit*.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS	08
LISTA DE FIGURAS	09
LISTA DE TABELAS	11
1 INTRODUÇÃO	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 TCP/IP	24
2.2 IPV4.....	28
2.3 IPV6.....	33
2.4 IPV4 VERSUS IPV6	42
2.5 Cabeamento Categoria 5e e 6	48
2.6 Fast Ethernet (100BaseT) e Gigabit (1000BaseT).....	51
3 METODOLOGIA DA AVALIAÇÃO	53
3.1 Características da Rede.....	53
3.2 Método de Coleta.....	56
4 RESULTADOS E AVALIAÇÕES	61

5 CONCLUSÃO.....	74
5.1 Perspectivas e propostas para pesquisas futuras	75
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
ANEXO 1	78

LISTA DE ABREVIATURAS

6Bone	IPv6 Backbone
ARP	Address Resolution Protocol
DARPA	Defense Advanced research Projects Agency
DNS	Domain Name Server
ESP	Encapsulating Security Payload
ICMP	Internet Control Message Protocol
ICMPv6	Internet Control Message Protocol version 6
IETF	Internet Engineering Task Force
IP	Internet Protocol
IPng	Internet Protocol Next Generation
IPv4	Internet Protocol version 4
IPv6	Internet Protocol version 6
LAN	Local Área Network
RFC	Request for Comments
RNP	Rede Nacional de Pesquisa
TCP	Transmission Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol
WAN	Wide Área Network
WWW	World Wide Web

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Todos os registros efetuados de 01/04/1996 a 06/03/2005.....	22
Figura 2 - As quatro camadas do protocolo TCP/IP	24
Figura 3 – Protocolos e Aplicações	25
Figura 4 - Cabeçalho IPv4	28
Figura 5 - Cabeçalho IPv6	35
Figura 6 - Cabeçalho Hop-by-Hop	35
Figura 7 - Cabeçalho de Roteamento.....	37
Figura 8 - Cabeçalho de Roteamento tipo 0.....	38
Figura 9 - Cabeçalho de Fragmentação	39
Figura 10 - Cabeçalho de Autenticação	40
Figura 11 - Cabeçalho de Segurança	42
Figura 12 – Encapsulamento IPv6	47
Figura 13 – Estrutura de Cabos categoria 5e(à esq) e 6.....	49
Figura 14 – Protocolos de Transmissão Gigabit Ethernet.....	50
Figura 15 - Entrega do datagrama IP do host para o host2	54

Figura 16 - Velocidade de Transmissão com pacotes de 64 bytes.....	61
Figura 17 - Velocidade de Transmissão com pacotes de 200 bytes.....	62
Figura 18 - Velocidade de Transmissão com pacotes de 400 bytes.....	63
Figura 19 - Velocidade de Transmissão com pacotes de 600 bytes.....	64
Figura 20 - Velocidade de Transmissão com pacotes de 750 bytes.....	65
Figura 21 - Velocidade de Transmissão com pacotes de 900 bytes.....	66
Figura 22 - Velocidade de Transmissão com pacotes de 1100 bytes.....	67
Figura 23 - Velocidade de Transmissão com pacotes de 1300 bytes.....	68
Figura 24 – Velocidade de Transmissão com pacotes de 1500 bytes	69
Figura 25 –Médias de todos Modelos de 100 Mhz.....	71
Figura 26 – Médias de todos Modelos de 1000 Mh.....	72
Figura 27 – Desvio Padrão de todos Modelos de 100 Mhz	73
Figura 28 – Desvio Padrão de todos Modelos de 1000 Mhz	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Performance TCP.....	26
Tabela 2 – 10Mbps Performance Ethernet.....	27
Tabela 3 - 100Mbps Performance Fast Ethernet.....	27
Tabela 4 - 1000Mbps Gigabit Performance Ethernet	27
Tabela 5 - Exemplos de tipo de quadro	32
Tabela 6 - Protocolo Overhead	32
Tabela 7 - Tráfego com Ping	57
Tabela 8 – Análise de Desempenho.....	70
Tabela 9 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 64 Bytes, cat6 a 100 MHZ	78
Tabela 10 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 200 Bytes, cat6 a 100 MHZ	78
Tabela 11 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 400 Bytes, cat6 a 100 MHZ	79
Tabela 12 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 600 Bytes, cat6 a 100 MHZ	79

Tabela 13 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 750 Bytes, cat6 a 100 MHZ	79
Tabela 14 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 900 Bytes, cat6 a 100 MHZ	79
Tabela 15 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 1100 Bytes, cat6 a 100 MHZ	72
Tabela 16 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 1300 Bytes, cat6 a 100 MHZ	80
Tabela 17 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 1500 Bytes, cat6 a 100 MHZ	80
Tabela 18 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 64 Bytes, cat5e a 100 MHZ	80
Tabela 19 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 200 Bytes, cat5e a 100 MHZ	81
Tabela 20 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 400 Bytes, cat5e a 100 MHZ	81
Tabela 21 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 600 Bytes, cat5e a 100 MHZ	81
Tabela 22 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 750 Bytes, cat5e a 100 MHZ	81

Tabela 23 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 900 Bytes, cat5e a 100 MHZ	82
Tabela 24 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 1100 Bytes, cat5e a 100 MHZ	82
Tabela 25 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 1300 Bytes, cat5e a 100 MHZ	82
Tabela 26 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 1500 Bytes, cat5e a 100 MHZ	82
Tabela 27 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 64 Bytes, cat6 a 100 MHZ	83
Tabela 28 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 200 Bytes, cat6 a 100 MHZ	83
Tabela 29 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 400 Bytes, cat6 a 100 MHZ	83
Tabela 30 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 600 Bytes, cat6 a 100 MHZ	83
Tabela 31 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 750 Bytes, cat6 a 100 MHZ	84
Tabela 32 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 900 Bytes, cat6 a 100 MHZ	84

Tabela 33 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 1100 Bytes, cat6 a 100 MHZ	84
Tabela 34 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 1300 Bytes, cat6 a 100 MHZ	84
Tabela 35 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 1500 Bytes, cat6 a 100 MHZ	85
Tabela 36 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 64 Bytes, cat5e a 100 MHZ	85
Tabela 37 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 200 Bytes, cat5e a 100 MHZ	85
Tabela 38 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 400 Bytes, cat5e a 100 MHZ	85
Tabela 39 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 600 Bytes, cat5e a 100 MHZ	86
Tabela 40 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 750 Bytes, cat5e a 100 MHZ	86
Tabela 41 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 900 Bytes, cat5e a 100 MHZ	86
Tabela 42 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 1100 Bytes, cat5e a 100 MHZ	86

Tabela 43 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 1300 Bytes, cat5e a 100 MHZ	87
Tabela 44 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 1500 Bytes, cat5e a 100 MHZ	87
Tabela 45 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 64 Bytes, cat6 1000 MHZ	87
Tabela 46 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 200 Bytes, cat6 1000 MHZ	87
Tabela 47 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 400 Bytes, cat6 1000 MHZ	88
Tabela 48 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 600 Bytes, cat6 1000 MHZ	88
Tabela 49 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 750 Bytes, cat6 a 1000 MHZ	88
Tabela 50 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 900 Bytes, cat6 a 1000 MHZ	88
Tabela 51 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 1100 Bytes, cat6 a 1000 MHZ	89
Tabela 52 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 1300 Bytes, cat6 a 1000 MHZ	89

Tabela 53 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 1500 Bytes, cat6 a 1000 MHZ	89
Tabela 54 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 64 Bytes, cat5e a 1000 MHZ	89
Tabela 55 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 200 Bytes, cat5e a 1000 MHZ	90
Tabela 56 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 200 Bytes, cat5e a 1000 MHZ	90
Tabela 57 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 600 Bytes, cat5e a 1000 MHZ	90
Tabela 58 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 750 Bytes, cat5e a 1000 MHZ	90
Tabela 59 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 900 Bytes, cat5e a 1000 MHZ	91
Tabela 60 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 1100 Bytes, cat5e a 1000 MHZ	91
Tabela 61 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 1300 Bytes, cat5e a 1000 MHZ	91
Tabela 62 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 1500 Bytes, cat5e a 1000 MHZ	91

Tabela 63 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 64 Bytes, cat6 a 1000 MHZ	92
Tabela 64 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 200 Bytes, cat6 a 1000 MHZ	92
Tabela 65 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 400 Bytes, cat6 a 1000 MHZ	92
Tabela 66 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 600 Bytes, cat6 a 1000 MHZ	92
Tabela 67 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 750 Bytes, cat6 a 1000 MHZ	93
Tabela 68 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 900 Bytes, cat6 a 1000 MHZ	93
Tabela 69 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 1100 Bytes, cat6 a 1000 MHZ	93
Tabela 70 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 1300 Bytes, cat6 a 1000 MHZ	93
Tabela 71 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 1500 Bytes, cat6 a 1000 MHZ	94
Tabela 72 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 64 Bytes, cat5e a 1000 MHZ	94

Tabela 73 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 200 Bytes, cat5e a 1000 MHZ	94
Tabela 74 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 400 Bytes, cat5e a 1000 MHZ	94
Tabela 75 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 600 Bytes, cat5e a 1000 MHZ	95
Tabela 76 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 750 Bytes, cat5e a 1000 MHZ	95
Tabela 77 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 900 Bytes, cat5e a 1000 MHZ	95
Tabela 78 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 1100 Bytes, cat5e a 1000 MHZ	95
Tabela 79 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 1300 Bytes, cat5e a 1000 MHZ	96
Tabela 80 – Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 1500 Bytes, cat5e a 1000 MHZ	96
Tabela 81 – Média de todos os Modelo de Tratamentos	96
Tabela 82 – Desvio Padrão de todos os Modelo de Tratamentos	97

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a Internet demonstrou uma altíssima taxa de crescimento que superou as mais otimistas expectativas de uma década atrás. Isto, eventualmente, trouxe problemas que não estavam previstos. Com o grande número de *hosts* conectados, os endereços IP tornaram-se escassos principalmente pela maneira ineficiente como foram divididos em classes.

Estes dois fatos contribuíram para gerar um crescimento das tabelas utilizadas para roteamento, o que tornou esta atividade lenta e ineficiente. As redes passaram a ter tráfegos maiores devido ao fato das aplicações tornarem-se mais volumosas.

Claramente, o protocolo de rede utilizado, o IPv4 (*internet protocol version 4*) necessita ser substituído. Assim, em 1990, o *Internet Engineering Task Force* (IETF) começou a trabalhar no desenvolvimento da nova versão deste protocolo: o IPv6, que foi inicialmente conhecido como IPng (*IP Next Generation*). Finalmente, em 1995, o IPv6 estava sendo implementado.

A rede Ethernet teve mudanças que poderiam ser consideradas como um upgrade nas suas características, pois não foram totalmente remodeladas e sim melhoradas tanto no que diz respeito ao cabeamento quanto ao protocolo mais difundido para estas redes: o TCP/IP.

Esta pesquisa abrange testes de velocidade em cabeamento cat 5e e 6 em velocidades de 100 Mbps e 1000 Mbps com os protocolos IPv4 e IPv6. No segundo capítulo será apresentado um breve histórico da Internet, dos protocolos TCP/IP, IPv4, IPv6, Cabeamento Categorias 5e e 6, *Fast Ethernet*(100Mbps) e *Gigabit*.

No terceiro capítulo será mostrada a Metodologia da Avaliação, o laboratório utilizado, as características e configurações da rede.

No quarto capítulo serão apresentados os relatórios e avaliações através dos testes realizados, sendo visualizado através de gráficos e tabelas comparativas.

O tema deste projeto foi escolhido por se tratar de uma assunto atual, onde há a necessidade do estudo para compreender as diferenças das mudanças no funcionamento de redes de computadores baseadas no conjunto de protocolos TCP/IP, devido ao grande papel que o protocolo desempenha em relação à Internet e a grande maioria das redes mundiais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Em um mundo onde quem comercializa de forma mais eficiente mantém o cliente gera uma necessidade natural de se traçar estratégias para agilizar, coletar, transportar, armazenar, organizar e processar informações de forma a ganhar mercado.

O objetivo inicial da Internet era permitir que pesquisadores acessassem os novos recursos de *hardware* da época, a Internet demonstrou excelentes níveis de velocidade e de eficiência e acabou transcendendo sua missão original, ela se encaixaria perfeitamente nos quesitos acima citados e viria revolucionar a comunicação.

A Internet teve sua origem em meios militares norte-americanos no período da guerra fria, anteriormente chamava-se ARPANET. Apresentando uma estrutura de informação distribuída por múltiplas bases, tinha por finalidade servir de veículo de troca de informações científicas e de segurança nacional capaz de resistir a um ataque nuclear.

Com a implantação de novos serviços que deram a feição atual como a World Wide Web (WWW) lançado em 1991, que viabiliza a transmissão de imagens, som e vídeo pela rede. Até então circulavam praticamente só textos pela Internet. Com a WWW, a Internet se populariza entre os usuários comuns de computador. Nesta época surgem os provedores de acesso, empresa comerciais que vendem aos clientes o meio de navegar na Internet.

Em 1994 já tinha por volta de 40 mil redes, em 1996 já eram 100 mil redes e daí em diante passou a crescer extraordinariamente e já não dependia mais das Universidades ou dos centros de pesquisa. O site Registro.br, órgão

responsável pelo registro de domínios para Internet no Brasil disponibiliza mensalmente o crescimento dos domínios no Brasil (Figura 1) .

Fonte: <http://registro.br/stat/all.html>

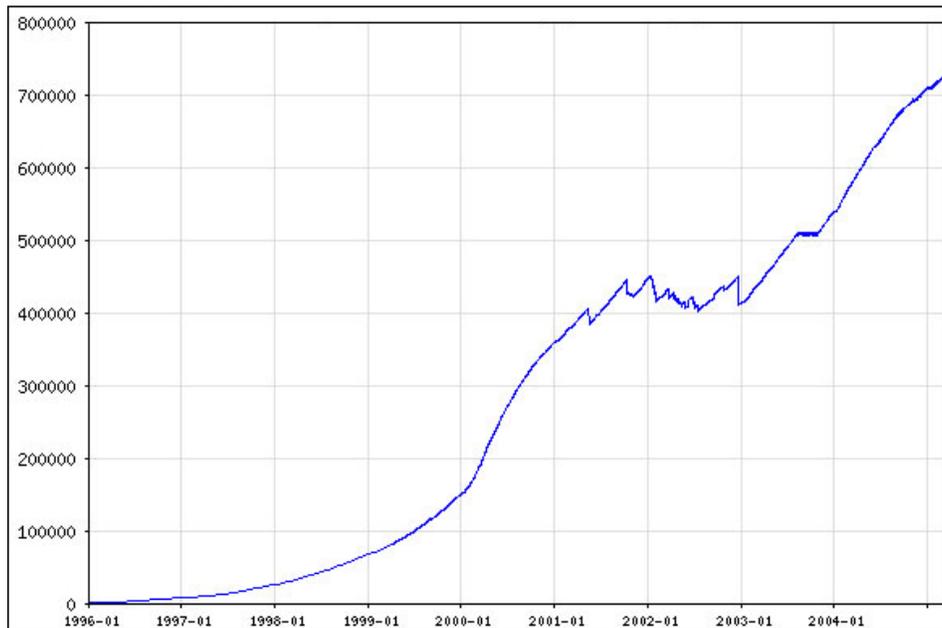


Figura 1: Todos os registros efetuados de 01/01/1996 a 06/03/2005

A Internet2 foi criada com o objetivo de dinamizar o desenvolvimento de tecnologias e aplicações de redes na Internet para universidades de vários países, centros de pesquisa, além de agências do governo e indústria, tecnologia estas que seriam desenvolvidas, testadas e posteriormente, lançadas no mercado.

Entre as principais aplicações de serviços destacam-se: projetos em 3D, Telemedicina, Bibliotecas Digitais com reprodução de imagens de áudio e vídeo, entre outros estudos.

No Brasil o acompanhamento do desenvolvimento da Internet2 vem sendo realizado através do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT e Rede Nacional de Pesquisa – RNP.

2.1 TCP/IP

Surgiu com o objetivo de padronizar um protocolo de comunicação para diferentes sistemas operacionais, criados pelo DARPA em meados de 1970. O grande destaque do TCP/IP ter se difundido foi a compatibilidade com diversos sistemas operacionais e modelos de hardware, possibilitando a diversidade de várias tecnologias com uma mesma forma de comunicação.

Vejamos as quatro camadas do protocolo TCP/IP:

Fonte: Richard Stevens, TCP/IP Ilustred Volume 1

Aplicação	Telnet, FTP, E-mail, etc.
Transporte	TCP, UDP
Rede	IP, ICMP, IGMP
Link	driver do dispositivo e placa de rede

Figura 2: As quatro camadas do protocolo TCP/IP

Cada camada tem uma diferente aplicação:

1. A camada *link*, também chamada de camada *data-link* ou *network* interface, normalmente inclui os drivers de dispositivos no sistema operacional e corresponde a interface da placa de rede do computador.
2. A camada *rede* (algumas vezes chamada de Internet layer) negocia o movimento dos pacotes em toda a rede. Roteando os pacotes.

3. A camada de transporte providencia o controle de dados entre dois hosts, para a camada de aplicação acima. O protocolo TCP/IP tem dois diferentes protocolos de Transporte: TCP e UDP.
4. A camada de aplicação negocia os detalhes em particular de cada aplicação.

Para organizar seu livro: *TCP/IP Ilustred Vol 1: The Protocols*, Richard Stevens ilustra a conexão entre vários protocolos e aplicações(Figura 3):

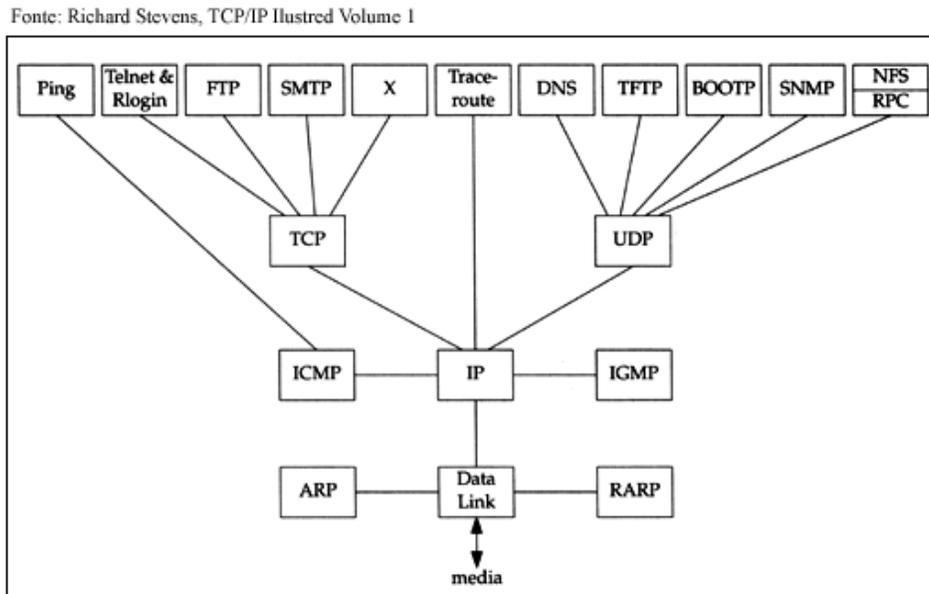


Figura 3: Protocolos e Aplicações

Performance TCP

O desempenho do TCP é uma medida da habilidade de uma rede de transportar dados do usuário do TCP. Os cálculos do desempenho esclarecem a

ligação de dados e o protocolo de TCP/IP associados, transportado do usuário do TCP para vários tamanhos do pacote.

Seguindo os cálculos de Richard Stevens na Seção 24 podemos ter uma noção da performance do TCP. O volume dos cálculos do desempenho é baseado na operação em uma LAN do Ethernet 10Mbps.

Performance para MTU 1500, MSS 1460

Tabela 1: Performance TCP

Field	Data #bytes	ACK #bytes
Ethernet preamble	8	8
Ethernet destination address	6	6
Ethernet source address	6	6
Ethernet type field	2	2
IP Header	20	20
TCP Header	20	20
User data	1460	0
Pad (to Ethernet minimum)	0	6
Ethernet CRC	4	4
Interpacket gap (9.6 microsecond)	(12)	(12)
Total	1538	84

Supondo que o remetente transmite dois segmentos de dados sem redução *back-to-back*, e então o receptor emite um ACK para estes dois segmentos. E supondo que se a janela do TCP estiver aberta a seu tamanho máximo (65535, não usando a opção da escala da janela), esta permite uma janela de 44 segmentos 1460-byte. Se o receptor emitir a um ACK cada 22 segmentos *o throughput* máximo (dados do usuário).

$$\text{Throughput} = (22 * 1460 / 22 * 1538 + 84) * (10000000 / 8) = 1,55,063 \text{ bytes/seg}$$

Abaixo temos uma estimativa da frequência do pacote que observaria durante um intervalo onde os 22 pacotes dos dados do TCP e o ACK:

$$\text{Throughput} = (22 + 1/22 * 1538 + 84) * (10000000 / 8) = 848 \text{ pacotes/seg}$$

Com base nos dados calculados tendo 848 pacotes por segundo para 10 Mbps da tabela 2 podemos fazer uma associação para 100Mbps(tabela 3) de 8.480 e 1000 Mbps(tabela 4) 84.800.

Tabela 2: 10Mbps Performance Ethernet

10Mbps Ethernet Performance Summary		
	TCP Throughput bytes/sec	Packet Frequency Pkt/Sec
MTU 1500, MSS 1460	1.183.667	848

A escala usada no sumário é simples, é extrapolado para os 100Mbps *Fast Ethernet* e a *Ethernet* LANs do *Gigabit* 1000Mbps.

Tabela 3: 100Mbps Performance *Fast Ethernet*

100Mbps Ethernet Performance Summary		
	TCP Throughput bytes/sec	Packet Frequency Pkt/Sec
MTU 1500, MSS 1460	11.836.670	8.480

Tabela 4: 1000Mbps *Gigabit* Performance Ethernet

1000Mbps Ethernet Performance Summary		
	TCP	Packet

	Throughput bytes/sec	Frequency Pkt/Séc
MTU 1500, MSS 1460	118.366.700	84.800

2.2 IPv4

É o protocolo responsável pela comunicação entre máquinas em uma estrutura de rede TCP/IP. As funções mais importantes são a atribuição de um esquema de endereçamento independente do endereçamento da rede utilizada abaixo e independente da própria topologia de rede utilizada. Vejamos a estrutura do Cabeçalho IPv4:

Fonte: Gupta, Mocta: TCP/IP A Biblia

Version	IHL	Type of Service	Total Length	
Identification			Flags	Fragment Offset
Time to Live		Protocol	Header Checksum	
Source Address				
Destination Address				
Options				Padding

Figura 4 - Cabeçalho IPv4

Existem muitos campos de cabeçalho no cabeçalho IP, cada qual com uma função a ser determinada pela estação de recebimento. O primeiro campo é VERS, ou versão, ele define a versão atual do IP implementado pela estação da rede.

O comprimento do cabeçalho do IP (todos os campos, exceto o campo de dados do IP) pode variar. Nem todos os campos no cabeçalho do IP precisam ser usados. Esses campos são medidos na quantidade de palavras de 32 bits. O

cabeçalho mais curto do IP terá 20 bytes; portanto esse campo conteria um 5(20 bytes = 160 bits; 160 bits/32 bits = 5). Esse campo é necessário para que o cabeçalho varie de comprimento de acordo com o campo chamado *options*(opções).

O campo de serviço trata de uma entrada que permitiria que os aplicativos indicassem o tipo de percurso de roteamento de que gostariam (o ponto principal é que o aplicativo escolhesse o campo). Por exemplo, um protocolo em tempo real escolheria baixo retardo, rendimento alto e confiabilidade alta – uma transferência de arquivos não precisa disso.

O tipo de serviço (*Type of Service*) é formado pelos seguintes campos: precedência, retardo, rendimento e confiabilidade. No entanto, aceitar esse campo fez o roteador suportar várias tabelas de roteamento por roteador, e essa complicação nunca evoluiu com os fornecedores de roteadores.

O comprimento total é o comprimento do datagrama (e não do pacote) medido em bytes(esse campo designa 16 bits, o que significa que a área de dados do datagrama o IP pode apresentar 65535 bytes de comprimento).

A fragmentação permite que um datagrama muito grande seja encaminhado para o próximo segmento de LAN a ser dividido em segmentos menores para serem remontados no destino. Um datagrama de IP fragmentado contém os seguintes campos: *Identification*, *Flags*, *Offset*.

O campo *Identification* indica quais fragmentos de datagrama pertencem a determinado datagrama, para que estes não se confundam. A camada IP de recebimento usa esse campo e o endereço IP de origem para identificar quais fragmentados pertencem a determinado datagrama.

As *Flags* indicam se mais fragmentos chegarão ou se não serão enviados mais dados para esse datagrama(mais nenhum fragmento). Indicam se o datagrama deve ou não ser fragmentado. Se um roteador receber um pacote que deverá fragmentar para ser encaminhado e se o bit de não-fragmentação for definido, ele descartará o pacote e enviará uma mensagem de erro (através de um protocolo conhecido como ICMP, que será analisado mais adiante) para a estação de origem.

No campo *Offset* todos os cabeçalhos do IP de cada um dos datagramas fragmentados são quase idênticos. Esse campo indica o *offset*(em bytes) do datagrama anterior que continua o datagrama completo.

O campo *TTL*(*Time to Live*) indica a quantidade de tempo que um datagrama pode permanecer na rede. Existem duas funções para o campo *TTL*: limitar o tempo de vida de um segmento TCP(dados transmitidos) e finalizar os loops de roteamento.

O campo de protocolo é usado para indicar qual protocolo de nível mais alto deve receber os dados do datagrama(isto é, TCP, UDP, OSPF ou possivelmente outro protocolo).

O campo *Header Checksum* serve para garantir a integridade do cabeçalho. Toda vez que o datagrama é recebido por um roteador, esse roteador recalcula a soma de verificação. Por que alterá-la? Porque o campo *TTL* é alterado por todo roteador que o datagrama atravessa.

Os campos a seguir são os campos *Source* e *Destination Address*. Eles são importantes para a identificação da rede e da estação IP individual em uma rede IP. Os usuários irão perceber sua importância quando iniciarem sua estação

de trabalho ou tentarem acessar outras estações sem usar o servidor de nome de domínio ou um arquivo de host atualizado.

Esses campos indicam o originador do datagrama, o endereço IP de destino final para o qual o pacote será transmitido e o endereço IP da estação que transmitiu o pacote originalmente. Todos os hosts em uma ligação entre redes IP serão identificados por esses endereços.

O campo *IP Options* contém informações sobre o roteamento de origem, traçando uma rota, marcando o tempo do pacote à medida que ele atravessa os roteadores e as entradas de segurança. Esses campos podem ou não constar do cabeçalho.

Quadro Ethernet

Através do quadro ethernet podemos tirar conclusões à respeito do desempenho do protocolo. Não existem quadros ethernet menores que 64 octetos ou maiores que 1.518 octetos (cabeçalhos, dados e CRC), os campos do frame são:

- Preâmbulo (8 octetos) -
- Destino (6 octetos) -
- Origem (6 octetos) -
- Tipo de Quadro (2 octetos) - Este campo contém um número inteiro de 16 bits que identifica o tipo de informação que está sendo transportada no quadro. Para a Internet, o campo tipo de quadro é fundamental porque demonstra que os quadros da ethernet são auto-identificáveis. Quando um quadro chega a determinado equipamento, o sistema operacional utiliza o tipo de quadro para determinar qual módulo do

software do protocolo deve processar o quadro. Podemos ver exemplos de tipos de quadro na tabela 1.

Tabela 5: Exemplos de tipo de quadro

0806	ARP - Address Resolution Protocol
8035	RARP - Reverse Address Resolution Protocol
814C	SNMP - SNMP Over Ethernet

- Dados (64 ~ 1500 octetos) -
- CRC - *Cyclic Redundancy Check* (4 octetos)

Tabela 6: Protocolo Overhead

Frame Part	Minimum Size Frame
Inter Frame Gap (9.6µs)	12 Bytes
<u>MAC Preamble (+ SFD)</u>	8 Bytes
MAC Destination Address	6 Bytes
MAC Source Address	6 Bytes
MAC Type (or Length)	2 Bytes
Payload (Network PDU)	46 Bytes
<u>Check Sequence (CRC)</u>	4 Bytes
<i>Total Frame Physical Size</i>	<i>84 Bytes</i>

Interframe Gap significa que os dispositivos do Ethernet devem reservar um período inativo mínimo entre a transmissão dos frames descobertos como a abertura interframe (IFG) ou a abertura *do interpacket* (IPG). A abertura interframe mínima é 96 vezes, que é 9.6 microssegundos para Ethernet de 10 Mb/s, 960 nanossegundos para Ethernet de 100 Mb/s, e 96 nanossegundos para Ethernet de Gb/s.

Philip Dykstra fez alguns cálculos para determinarmos o overhead que influenciará na largura de banda,:

Ethernet overhead bytes:

$$12 \text{ gap} + 8 \text{ preamble} + 14 \text{ header} + 4 \text{ trailer} = 38 \text{ bytes/packet}$$

Ethernet Payload data rates are thus:

$$1500/(38+1500) = 97.5293 \%$$

TCP over Ethernet:

Assuming no header compression (e.g. not PPP)

Add 20 IPv4 header or 40 IPv6 header (no options)

Add 20 TCP header

Add 12 bytes optional TCP timestamps

Max TCP Payload data rates over ethernet are thus:

$$(1500-40)/(38+1500) = 94.9285 \% \text{ IPv4, minimal headers}$$

$$(1500-52)/(38+1500) = 94.1482 \% \text{ IPv4, TCP timestamps}$$

$$(1500-60)/(38+1500) = 93.6281 \% \text{ IPv6, minimal headers}$$

$$(1500-72)/(38+1500) = 92.8479 \% \text{ IPv6, TCP timestamps}$$

2.3 IPv6

O protocolo IPv6 ou IPng (*Internet Protocol Next Generation*) foi projetado principalmente para atuar com melhoras com relação ao IPv4 em redes de alta performance mantendo-se eficiente em redes de baixa performance. Entre

outros fatores está a escassez de endereços para as atuais redes, questões não projetadas no IPv4 como a segurança e Qualidade de Serviço.

O IPv6 vem sendo estudado e implementado em redes de testes. A rede global 6Bone é responsável pela ligação de redes independentes, a primeira conexão foi estabelecida em 1998 com a Cisco System, nos EUA.

Segundo ALVES, o projeto IPng sofreu várias evoluções de diferentes propostas da IETF juntamente com diversos grupos de trabalho. Diversos esforços paralelos começaram então explorar maneiras resolver estas limitações do endereço ao mesmo tempo fornecer a funcionalidade adicional

SIP e PIP, deram origem à proposta. Em 1994 é aprovado o documento The Recommendation for the IP Next Generation Protocol como norma oficial de desenvolvimento do IPNG(ALVES, Marcos Vinicius B).

A IETF criou o Backbone IPv6 , ou 6Bone que consiste em criar pequenas redes IPv6 e conectar estas redes entre si através de túneis, ou *links* virtuais, sobre as redes IPv4 existentes. No Brasil foi criado o Br6Bone, um backbone nacional que interligaria todas as instituições dentro do Brasil e que desejassem participar do projeto.

A coordenação do 6Bone é de responsabilidade do CEO (Centro de Engenharia e Operações) da RNP, é ele responsável pela distribuição de endereços e a interligação do Br6Bone com o 6Bone, feito através de um túnel IPv4 com a Cisco no Estados Unidos.

O datagrama IPv6 possui um cabeçalho(header) com menos campos, cabeçalhos estendidos(opcionais) e campos para dados. O menor datagrama tem o cabeçalho base seguido dos dados (Figura 5).

Fonte: RFC 1883

Version	Priority	Flow Label	
Payload Length		Next Header	Hop Limit
Source Address			
Destination Address			

Figura 5: Cabeçalho IPv6

Version- Versão do cabeçalho, o valor padrão é 0110, 4 bit.

Priority – Valor da prioridade. Nela estão protocolos capazes de diminuir o fluxo de envio caso ocorra congestionamento, 4 bit.

Flow Label – Está à informação se o datagrama deve ou não ser tratado de maneira especial, reservando o recurso que exija uma alta qualidade de serviço, 24 bit.

Payload length, É o tamanho do pacote sem contar o campo header, pode ter até 8 bit.

Next header – Identifica o próximo cabeçalho – 8bit.

Hop Limit – Número máximo de hops pelos quais o pacote pode trafegar. Decrementando em 1 a cada nó que repassa o pacote. Quando seu valor for igual a 0 o pacote é descartado, 8 bit.

Source Address – Endereço origem do pacote, 128 bit.

Destination Address – Endereço destino do pacote – 128 bit.

Mecanismos adicionais são suportados mas incluídos em cabeçalhos extras somente quando necessários. Para seguir a seqüência, cada cabeçalho de extensão deve ter o campo *next header*. Nunca há ambigüidade em relação ao próximo cabeçalho, pois existe um identificador único para cada tipo.

Cabeçalhos Hop-by-Hop e Destination

Os cabeçalhos *Hop-by-Hop* e *Destination* têm o mesmo formato. No *Hop-by-Hop* estão informações que precisam ser processadas por cada roteador intermediário (Figura 6) .

Fonte: Bradner, S, Mankin: The Recommendation for the IP Next Generation Protocol

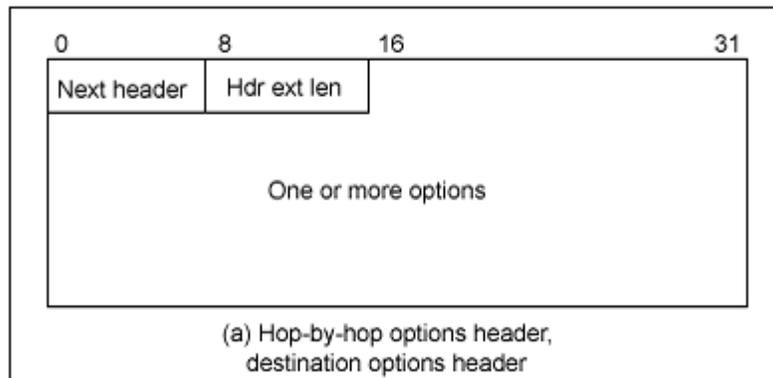


Figura 6 - Cabeçalho Hop-by-Hop

Cabeçalho Genérico de Roteamento

Possui uma lista de um ou mais nodos que devem ser percorridos no caminho para o destino. Os cabeçalhos de roteamento sempre começam com um bloco de 32 bit divididos em 4 campos de 8 bit cada (Figura 7) .

Fonte: Deering S, Internet Protocol Version 6

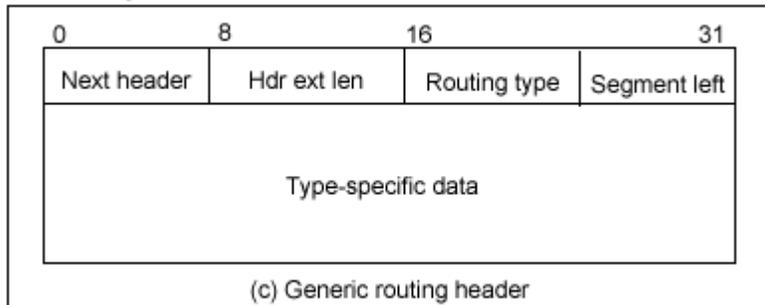


Figura 7: Cabeçalho de Roteamento

Next header - indica o próximo cabeçalho, 8 bit.

Header extension length – Não inclui os primeiros 8 octetos, o bit.

Routing type – identifica um tipo de roteamento, se ele não for compreensível por algum nodo no caminho, o pacote deve ser descartado, 8 bit.

Segments left – número de nodos intermediários que devem ser visitados antes do destino, 8 bit.

Type-specific data – formato determinado pelo tipo de distribuição, o cabeçalho completo da distribuição é um múltiplo de inteiro de 8 octetos.

Cabeçalho de Roteamento tipo 0

Este cabeçalho contém entre outras informações uma lista de endereços de roteadores intermediários por onde o datagrama precisa passar. Além dos 32 bit do cabeçalho de roteamento, esse tipo 0 de cabeçalho de roteamento, foi definido com mais 8 bit reservados e 24 bit de strict/loose bitmap. Esses bits são numerados da esquerda para a direita, cada um corresponde a um hop, indicando

se o próximo destino deve ser um vizinho deste(1=strict) ou não (0=loose)
(Figura 8).

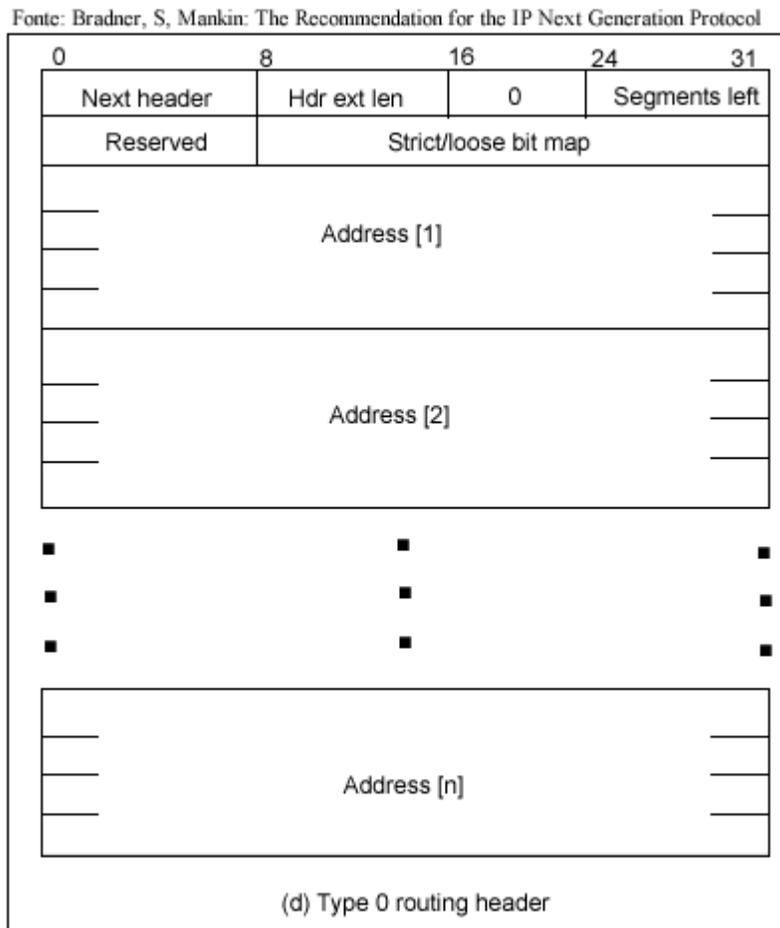


Figura 8: Cabeçalho de Roteamento tipo 0

Cabeçalho Simplificado

Com a reestruturação do cabeçalho IPv6 foram simplificados alguns campos como o checksum do IPv4. No IPv6 cada roteador precisa decrementar o TTL(*Time To Live*) com objetivo de processar mais rapidamente os datagramas

do roteador. O cabeçalho. O cabeçalho é composto pelo trecho inicial de 64 bit mais dois campos com endereço origem e destino com 128 bit cada um. Assim o tamanho total constante é 320 bit ou 40 bytes.

Cabeçalho de Fragmentação

A fragmentação é feita na origem, é realizada a fragmentação do datagrama de tal modo que ele passe por todas as redes no caminho até seu destino sendo calculado através do *MTU Discovery* para descobrir qual é o menor MTU(*Maximum Transfer Unit*) ao longo do caminho a ser percorrido. Vejamos o Cabeçalho de Fragmentação abaixo:

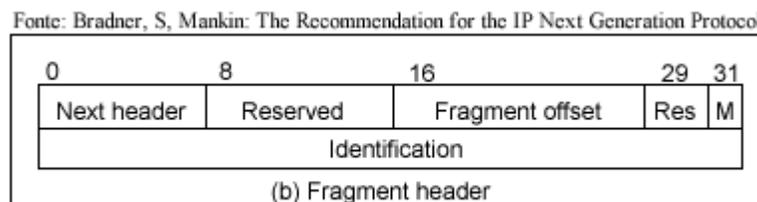


Figura 9: Cabeçalho de Fragmentação

Next header – indica o próximo cabeçalho, 8 bit.

Reserved – reservado para o futuro, 8 bit.

Fragment Offset: Indica o local onde o fragmento deve ser inserido no pacote original, 13 bit

Res – Reservado para o futuro, 2 bit.

MFlag – indica se existem mais fragmentos (1) ou se este é o último (0), 1 bit.

Identification – identificação do pacote original, 32 bit.

Autenticação

O cabeçalho de autenticação é um mecanismo para fornecer a integridade e a autenticação fortes para datagramas IP. Para o exemplo, o uso de um algoritmo digital e da assinatura assimétrica, tal como RSA, podia fornecer non- repudiation. A confiabilidade, e a proteção da análise de tráfego não são fornecidas pelo cabeçalho de autenticação. Os usuários que desejam confiabilidade devem considerar usar o protocolo encapsulado da segurança do IP (ESP) no lugar ou juntamente com do cabeçalho de autenticação(ATKINSON, R).

O cálculo de autenticação deve tratar o campo de dados separadamente e todos os campos de autenticação que são modificados normalmente no tráfego (limite por exemplo, do TTL ou do hop) como se todos aqueles campos tivessem 0. Todos campos restantes do cabeçalho de autenticação são incluídos no cálculo normalmente (Figura 10).

Fonte: RFC 1826

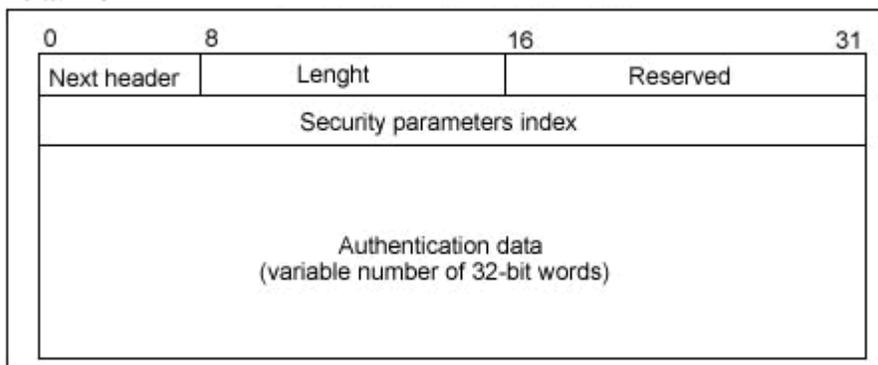


Figura 10: Cabeçalho de Autenticação

O cabeçalho de autenticação do IP tem a seguinte sintaxe:

Next header – identifica o próximo cabeçalho, 8 bit.

Length – tamanho do campo de dados em palavras de 32 bit.

Reserved – reservado para uso futuro, 16 bit.

Security parameters index – identifica uma associação de segurança, 32 bit.

Authentication data(variável) – dados em palavra de 32 bit.

Dependendo do algoritmo de autenticação usado irá ser representado o campo de dados. Cabeçalhos de fragmentação podem ser incluídos no cálculo.

Segurança

O *Encapsulating Security Payload(ESP)* provê integridade e confiabilidade para os datagramas. Ele é mais simples que alguns protocolos de segurança similares e possui flexibilidade e independência. Uma palavra chave em termos de segurança é a associação.

Uma associação é um relacionamento unidirecional entre um transmissor e um receptor, se os dois nodos de uma conexão vão transmitir então duas associações são necessárias. Cada associação é identificada por um endereço destino e um SPI – *security parameter index*.

O (ESP) pode aparecer em qualquer lugar após o cabeçalho do IP e antes do protocolo final de transporte de camada.

O ESP consiste em um cabeçalho não criptografado seguido por dados criptografados. Os dados criptografados incluem os campos ESP protegidos do cabeçalho e os dados protegidos do usuário, que são um datagrama IP inteiro ou um frame do protocolo da camada superior (por exemplo, TCP ou UDP). Abaixo segue um datagrama seguro:

Fonte: RFC 1827

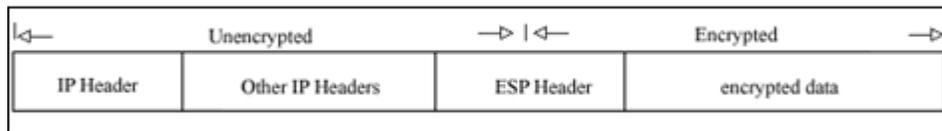


Figura 11: Cabeçalho IPv6 de Segurança

Existem dois modos para a autenticação ocorrer:

Na criptografia fim-a-fim a carga e os cabeçalhos estendidos são criptografados.

No modo de tunelamento, requerido para criptografia entre sistemas e *gateways* seguros ou entre dois *gateways* seguros, o datagrama IP completo é criptografado e encapsulado por um novo datagrama não criptografado. Esta é uma alternativa do IPv6 quando as VPN (*Virtual Private Network*). Um exemplo da comunicação de um *gateway* seguro e o sistema final e o caso do acesso discado onde se utiliza uma linha telefônica comum ou comunicação sem fio são baseadas em um backbone público não seguro da informação que foi enviada.

2.4 IPv4 versus IPv6

O IPv6 agora é totalmente integrado com o IPv4, além de ter muitos melhoramentos. As maiores diferenças entre as duas versões são:

Quanto ao cabeçalho:

- *Hlength* eliminado (fixo).
- Informação de fragmentação: cabeçalhos de extensão.
- O campo TTL foi substituído pelo limite de saltos(*Hop Limit*).
- O campo protocolo passou a ser o campo *next header* (próximo header).
- Campo *Checksum* do cabeçalho eliminado, pois assume que a detecção de erros é efetuada nas camadas superiores ou inferiores.
- O cabeçalho IPv6 tem um comprimento estático de 40 bytes.
- O campo de comprimento total(*Total Length*) foi substituído pelo tamanho da carga(*Payload Length*).
- O IPv6 permite jumbogramas (com mais de 64 k).

O endereçamento do IPv6 é organizado de forma hierárquica, de modo que exista uma instância superior para distribuir os endereços a uma instância inferior, que por sua vez os distribuem para outras instâncias. A intenção é diminuir o tamanho das tabelas de roteamento, uma vez que a distribuição das instâncias se dará de uma forma estruturada e lógica a partir de prefixos do endereço IP.

O modo de comunicação na rede também foi modificado, se com o IPv4 a comunicação se dá através do envio de datagramas para todos os endereços de interfaces dentro de uma mesma subrede, modo de comunicação chamado de *broadcasting*, no IPv6 a comunicação é sempre direcionada à interface ou ao grupo de interfaces a que se deseja comunicar.

O IPv6 apresenta três tipos de endereçamentos: *multicasting*, onde o datagrama é enviado a uma ou mais interfaces diretamente sem que as outras que não foram indicadas recebam o datagrama, *unicasting*, onde o datagrama é enviado a uma interface unicamente sendo este o modo padrão nas implementações do protocolo IPv6; e, por fim, o modo *anycasting*, onde o

datagrama é enviado a um conjunto de interfaces e apenas uma desse conjunto recebe o datagrama.

O desempenho de uma rede IPv6 está relacionado diretamente ao desempenho do roteamento de seus datagramas. O tráfego de datagramas IP que deixam uma rede e conseqüentemente têm de passar pelo roteador é crescente devido à incorporação de novos serviços na Internet.

Apesar do cabeçalho do datagrama do IPv6 necessitar do dobro de quantidade de bits de um cabeçalho do IPv4 ele possui menos campos que este, o que diminui o tempo de processamento dos datagramas no roteador, além disso, os cabeçalhos de extensão que não importam ao roteamento não são processados nos roteadores, o que melhora significativamente o desempenho do roteamento.

É importante observar, também, que o IPv6 fragmenta os datagramas com mais eficiência de modo que a fragmentação e a remontagem destes somente ocorra nos equipamentos de origem e destino dos mesmos, diminuindo a sobrecarga de trabalho nos roteadores.

É possível a otimização do desempenho do IPv6 através do campo Rótulo de Fluxo do cabeçalho do datagrama. Nesse campo é possível controlar serviços nos roteadores ao longo do caminho, como prioridade de envio de datagrama, atrasos, requerimento de largura de banda, tratamento de congestionamentos e outros requisitos de qualidade desses serviços. As otimizações pelo cabeçalho IPv6 valem para todos os outros datagramas da seqüência, não sendo necessário à reavaliação desse campo em cada datagrama.

O protocolo Neighbor Discovery do IPv6 corresponde a uma combinação dos protocolos ARP, ICMP *Router Discovery* e ICMP *Redirect* do IPv4. No IPv4, não há um protocolo ou mecanismo de comum acordo para a detecção da inacessibilidade de vizinhos, embora as RFCs 1122 e 1123, referentes aos requisitos do host, especifiquem alguns algoritmos possíveis para a detecção de *gateways* inativos.

Ao contrário do IPv4, o destinatário de um redirecionamento do IPv6 presume que o novo próximo salto pode ser encontrado no *link* (na mesma sub-rede em que ele está). No IPv4, o host ignora redirecionamentos que especifiquem um próximo salto que não se encontre no *link*, de acordo com a máscara de rede do *link*.

Como o IPv4, o IPv6 não faz detecções de erro, essa é uma função do ICMPv6. O ICMPv6 substituiu o ICMPv4, principalmente no que diz respeito às mensagens de controle que não foram usadas (deixaram de ser identificadas especificamente como mensagens do ICMP: carimbo de hora, resposta de carimbo de hora, retardamento de origem, solicitação e resposta de informações).

Quanto aos nós móveis e IP Móvel coexistem eficientemente com encaminhadores que fazem uso do *ingress filtering*. Um nó móvel agora usa o seu endereço *care-of* como endereço de origem no cabeçalho IP dos datagramas que ele envia, permitindo que estes passem normalmente através de encaminhadores *ingress filtering*. O uso do endereço *care-of* como endereço de origem em cada cabeçalho IP dos datagramas também simplifica o encaminhamento de datagramas no modo multicast enviados por um nó móvel.

No IPv4 o nó móvel tinha que fazer o tunneling de datagramas *multicast* para seu agente domiciliar para fazer uso da transparência de seu endereço domiciliar como origem dos datagramas *multicast*. No IPv6, o uso da opção do endereço domiciliar permite que o endereço domiciliar seja usado, mas ainda seja compatível com encaminhamento multicast que é baseado em parte no endereço de origem dos datagramas.

Não há mais necessidade de determinar *routers* especiais como agentes estrangeiros (usados no IPv4). No IPv6, os nós móveis fazem uso de modelos para operarem em qualquer local distante da rede domiciliar sem precisar de um suporte especial requerido pelo seu *router* local.

O mecanismo de detecção de movimento no IPv6 fornece confirmação bidirecional da habilidade do nó móvel comunicar com seu *router default* na sua localização atual (datagramas que o *router* envia, chegam ao nó móvel, e datagramas que o nó móvel envia chegam ao *router*). Esta confirmação permite uma detecção da situação de buracos negros, o que não ocorria com o IPv4 (somente a direção *router* => nó móvel era confirmada).

Na maioria dos datagramas enviados para um nó móvel, quanto longe da sua rede domiciliar, é aplicada o *tunneling* no IPv6, usando um cabeçalho de encaminhamento, enquanto que o IPv4 tem que usar o encapsulamento para todos os datagramas. O uso do cabeçalho de encaminhamento requer menos bytes adicionais ao cabeçalho a serem adicionados ao datagrama, reduzindo seu *overhead*.

Enquanto um nó móvel estiver longe de sua rede domiciliar, o seu agente domiciliar intercepta qualquer datagrama com destino a este nó móvel que chega à rede domiciliar, fazendo uso do *Neighbor Discovery*. No IPv4 é usado o ARP.

O uso do *Neighbor Discovery* implementa a robustez do protocolo e simplifica a implementação do IP Móvel.

Transição IPv4/IPv6

Os mecanismos(RFC1933) fornecem execuções completas de ambas as versões do Internet Protocol (IPv4 e IPv6), e tunelamento dos pacotes IPv6 sobre infra-estruturas da distribuição IPv4. São projetados para permitir que os nós IPv6 mantenham a compatibilidade completa com IPv4, e deve simplificar a distribuição de IPv6 na Internet, e facilitar a eventual transição IPv6 (GILLIGAN, R.; NORDMARK E.) .

Além a adicionar ao cabeçalho IPv4, o nó que ira encapsular também tem que determinar quando fragmentar e quando achar um erro pacote do ICMP à fonte, como refletir erros de ICMPv4 dos roteadores ao longo do trajeto do túnel à fonte como erros de ICMPv6. O encapsulamento IPv6 em IPv4 é mostrado abaixo:

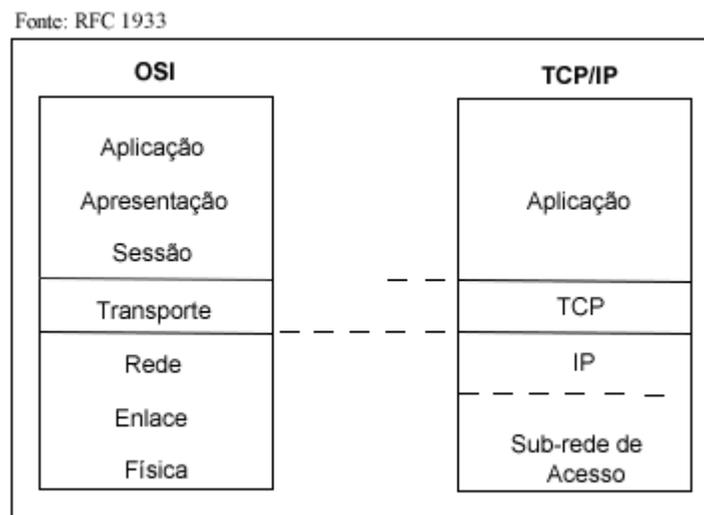


Figura 12 - Encapsulamento IPv6

Vejamos algumas preocupações que devem ser levadas em conta com relação à migração:

- * Minimizar o impacto de migração facilitando o trabalho dos administradores e Operadores de redes.

- * O único pré-requisito é que os servidores de DNS devem ter a sua versão trocada antes.

- * Requisitos mínimos para roteadores: nenhum

- * Quando as máquinas fizerem a transição devem poder manter seus endereços IPv4, sem a necessidade de muitos planos de reendereçamento.

- * As especificações do IPv6 permitem que os fabricantes de hosts e roteadores implementem-no conforme sua própria prioridade e conveniência.

- * Nodos IPv6 devem poder se comunicar com outros nodos IPv6, mesmo que a infra-estrutura entre eles seja IPv4.

2.5 Cabeamento Categoria 5e e 6

Com o aumento da velocidade de transmissão de informações, houve a necessidade de melhorar as características dos acessórios integrantes da camada física do modelo OSI. Em função disto, em junho de 2001 foi publicado o adendo número 1, contendo todas as especificações necessárias de requerimento de transmissão e procedimentos de testes para acessórios categoria 6.

Segundo a Revista RTI(out 2004), apesar de ter uma estrutura muito parecida, o cabo de categoria 6 tem uma tolerância muito mais restrita a ruídos e

trabalha a uma velocidade muito mais alta em relação aos cabos de categoria 5E. Vejamos abaixo a estrutura de Cabos Categoria 5e e 6.

Fonte: Revista RTI, out 2004

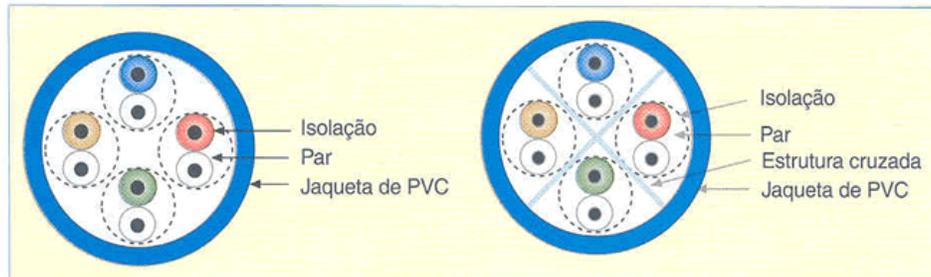


Figura 13: Estrutura de Cabos categoria 5e à (esq) e 6

Os sistemas Categoria 6 foram projetados para atender os seguintes objetivos:

- Manter boa relação custo x benefício dos sistemas UTP, bem como facilitar a instalação e operação;
- Garantir a interoperabilidade com os sistemas cat 5e;
- Iniciar a instalação de uma nova infra-estrutura com capacidade para serviços futuros.

Os acessórios do canal Categoria 6, conforme norma TIA/EIA 568-B.2-1, são especificados para operar em faixa de frequência de até 250 MHz. Contudo, os cabos Fast-Lan são avaliados e possuem performance estável, até a frequência de 600MHz. A figura 14 apresenta as margens de ACR exigidas para categoria 5e e 6, bem como os valores típicos do cabo Fast-Lan Cat6.

Vejamos uma comparação dos protocolos de transmissão de *Gigabit* Ethernet para sistemas cat 5e e 6:

Fonte: Furukawa, Informativo Técnico Março 2003

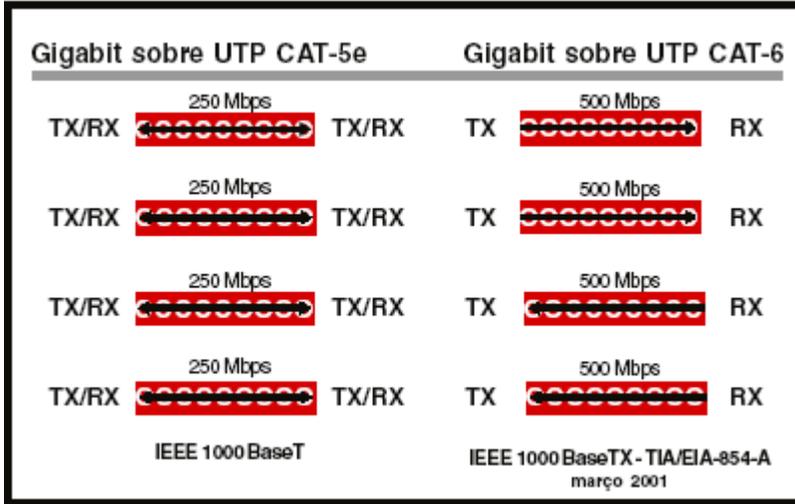


Figura 14: Protocolos de Transmissão Gigabit Ethernet

2.6 Fast Ethernet(100 BaseT) e Gigabit(1000 BaseT)

O aumento da utilização da banda, a necessidade de qualidade de serviço, a mudança no perfil do tráfego, entre outros fatores impulsionaram a evolução da ethernet.

Esta crescente demanda por mais velocidade para uso das diversas aplicações nas redes locais ocasionou a evolução desta tecnologia de forma gradativa, partindo da velocidade de 10Mbps para 100Mbps.

A evolução do Ethernet passou do 10Base-T compartilhado para o 10Base-T comutado, depois para o 100Base-T (compartilhado e comutado) e então para o 1000Base-X (compartilhado e comutado), que vem a ser a terceira onda do Ethernet.

Diversas tecnologias de rede de alta-velocidade foram propostas, entre elas a Fast Ethernet, ou 100Base-T, projetada para oferecer uma evolução tranqüila à já saturada Ethernet, ou 10Base-T.

Com a tendência de conexões 100Base-T às estações de trabalho, a necessidade de conexões ainda mais velozes com os servidores e mesmo com o *backbone* torna-se obrigatória.

O padrão *Gigabit* Ethernet agregou valor não só ao tráfego de dados como também ao de voz e vídeo. O *Gigabit* ethernet foi desenvolvido para suportar o quadro padrão ethernet, isto significa manter a compatibilidade com a base instalada de dispositivos ethernet e fast ethernet e não requerer tradução do quadro. Possui taxa de transmissão de 1Gbps e, na sua essência, segue o padrão

ethernet com detecção de colisão, regras de repetidores, aceita modo de transmissão *halfduplex* e *full-duplex*.

3. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

Para avaliar o desempenho dos protocolos IPv4/IPv6 é necessário um ambiente para realizar a coleta de dados a serem analisados. A primeira rede de testes consistiu em três computadores interligados entre si através de cabos de par trançado categoria 5e e 6.

Cada computador é considerado uma estação de trabalho específica. Visto que uma das estações estava realizando o mesmo trabalho de gerar tráfego na rede como as outras, foi desativada para simplificar o entendimento dos testes.

A rede passou a funcionar com apenas duas máquinas ligadas em *cross-over* no intuito de garantir um tráfego mais homogêneo e eliminar o atraso no tempo de propagação do datagrama pelo *switch* e/ou por colisões com outros datagramas de outras estações.

3.1 Características da Rede

A estação host1 possui o sistema operacional Linux Fedora Core 3 com as pilhas IPv4 e IPv6 ativadas. A estação host2 possui o sistema operacional Linux Red Hat 9. A ligação entre as placas de rede é feita utilizando a pinagem *cross-over*, que permite a comunicação direta entre as interfaces de rede sem a necessidade de um elemento de ligação de rede entre eles, como por exemplo um *hub* ou um *switch*.

O modelo de rede analisado constitui-se de um equipamento emissor e um equipamento receptor de datagramas IPv4/IPv6 (Figura 15).

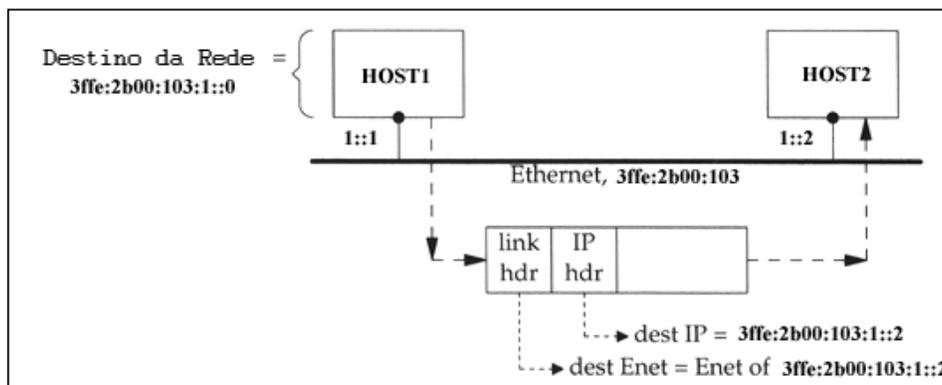


Figura 15: Entrega do datagrama IP do host1 para o host2

Vale lembrar que cada estação está associada a uma função específica apenas para fins didáticos e dentro do contexto da coleta de dados, uma vez que qualquer uma das estações pode ser tanto emissora quanto receptora de datagramas.

Será apresentada a metodologia empregada para configuração da pilha TCP/IPv6 apenas, considerando que a configuração da pilha IPv4 é uma tarefa mais comum para um administrador de redes.

Configuração da placa de Rede Gigabit 3Com 3C996:

1. Instalar o pacote de origem RPM:

```
#rpm -ivh bcm5700-<version>.src.rpm
```

```
#rpmbuild -bb SPECS/bcm5700.spec
```

2. Instalar o pacote gerado:

```
#rpm -ivh RPMS/i386/bcm5700-  
<version>.i386.rpm
```

3. Carregar o driver:

```
#insmod bcm5700
```

4. Inserir o módulo no /etc/modules.conf:

```
#alias eth0 bcm5700
```

Para melhor compreensão é necessário conceitos básicos de Redes em linux.

Os endereços de rede dos dispositivos:

[1] Host1: IPv4: 10.1.0.1/ IPv6: 3ffe:2b00:103:1::1

[2] Host2: IPv4: 10.1.0.2/ IPv6: 3ffe:2b00:103:1::2

Requisitos: Duas placas de rede, já configuradas com IPv4 e comunicando.

Vejamos abaixo a configuração do IPv6 na máquina

1. Insere no /etc/rc.local

```
#modprobe IPv6
```

2. Para visualizar os endereços:

```
#ifconfig
```

3. Para remover o endereço da eth0:

```
#ifconfig eth0 del fe80::20a:5eff:fe19:bcff/64
```

4. Para adicionar endereços de rede configurados para a sub-rede 1000.

```
#ifconfig eth0 add 3ffe:2b00:103:1::1/64
```

5. Edita o arquivo `/etc/sysconfig/network`

```
IP6NETWORKING=yes
```

```
IP6HOSTNAME="IP6.REDE"
```

```
IP6GATEWAYCONFIG=yes
```

3.2 Método de Coleta

Os itens a serem avaliados:

- Protocolos IPv4 e IPv6
- Cabeamento Ethernet Categoria 5e e 6.
- *Link* Gigabit e 100Mbps

Para avaliação do desempenho do uso do IPv6 está sendo levado em conta o tempo de propagação apenas do datagrama IPv6, sem nenhum cabeçalho de extensão entre a estação 1 e a estação 2.

O método utilizado para gerar tráfego consiste no envio de 30 pacotes de diferentes tamanhos através do aplicativo de rede ping que envia um datagrama com um tamanho predefinido através da rede e retorna o tempo gasto para o datagrama sair do emissor e retornar a ele, vejamos o esquema na Tabela 1:

Tabela 7 – Tráfego com Ping

Modelo de Tratamento	Protocolo	Tamanho	Cabo	Velocidade
Modelo I	Ping6	64 bytes	Cat 6	100 Mbs
Modelo II	Ping6	200 bytes	Cat 6	100 Mbs
Modelo III	Ping6	400 bytes	Cat 6	100 Mbs
Modelo IV	Ping6	600 bytes	Cat 6	100 Mbs
Modelo V	Ping6	750 bytes	Cat 6	100 Mbs
Modelo VI	Ping6	900 bytes	Cat 6	100 Mbs
Modelo VII	Ping6	1100 bytes	Cat 6	100 Mbs
Modelo VIII	Ping6	1300 bytes	Cat 6	100 Mbs
Modelo IX	Ping6	1500 bytes	Cat 6	100 Mbs
Modelo X	Ping6	64 bytes	Cat5e	100 Mbs
Modelo XI	Ping6	200 bytes	Cat5e	100 Mbs
Modelo XII	Ping6	400 bytes	Cat5e	100 Mbs
Modelo XIII	Ping6	600 bytes	Cat5e	100 Mbs
Modelo XIV	Ping6	750 bytes	Cat5e	100 Mbs
Modelo XV	Ping6	900 bytes	Cat5e	100 Mbs
Modelo XVI	Ping6	1100 bytes	Cat5e	100 Mbs
Modelo XVII	Ping6	1300 bytes	Cat5e	100 Mbs
Modelo XVIII	Ping6	1500 bytes	Cat5e	100 Mbs
Modelo XIX	Ping	64 bytes	Cat 6	100 Mbs
Modelo XX	Ping	200 bytes	Cat 6	100 Mbs
Modelo XXI	Ping	400 bytes	Cat 6	100 Mbs
Modelo XXII	Ping	600 bytes	Cat 6	100 Mbs
Modelo XXIII	Ping	750 bytes	Cat 6	100 Mbs
Modelo XXIV	Ping	900 bytes	Cat 6	100 Mbs
Modelo XXV	Ping	1100 bytes	Cat 6	100 Mbs

Modelo XXVI	Ping	1300 bytes	Cat 6	100 Mbs
Modelo XXVII	Ping	1500 bytes	Cat 6	100 Mbs
Modelo XXVIII	Ping	64 bytes	Cat5e	100 Mbs
Modelo XXIX	Ping	200 bytes	Cat5e	100 Mbs
Modelo XXX	Ping	400 bytes	Cat5e	100 Mbs
Modelo XXXI	Ping	600 bytes	Cat5e	100 Mbs
Modelo XXXII	Ping	750 bytes	Cat5e	100 Mbs
Modelo XXXIII	Ping	900 bytes	Cat5e	100 Mbs
Modelo XXXIV	Ping	1100 bytes	Cat5e	100 Mbs
Modelo XXXV	Ping	1300 bytes	Cat5e	100 Mbs
Modelo XXXVI	Ping	1500 bytes	Cat5e	100 Mbs
Modelo XXXVII	Ping6	64 bytes	Cat 6	1 Gb
Modelo XXXVIII	Ping6	200 bytes	Cat 6	1 Gb
Modelo XXXIX	Ping6	400 bytes	Cat 6	1 Gb
Modelo XXXX	Ping6	600 bytes	Cat 6	1 Gb
Modelo XXXXI	Ping6	750 bytes	Cat 6	1 Gb
Modelo XXXXII	Ping6	900 bytes	Cat 6	1 Gb
Modelo XXXXIII	Ping6	1100 bytes	Cat 6	1 Gb
Modelo XXXXIV	Ping6	1300 bytes	Cat 6	1 Gb
Modelo XXXXV	Ping6	1500 bytes	Cat 6	1 Gb
Modelo XXXXVI	Ping6	64 bytes	Cat5e	1 Gb
Modelo XXXXVII	Ping6	200 bytes	Cat5e	1 Gb
ModeloX XXXXVIII	Ping6	400 bytes	Cat5e	1 Gb
Modelo XXXXIX	Ping6	600 bytes	Cat5e	1 Gb
Modelo XXXXX	Ping6	750 bytes	Cat5e	1 Gb
Modelo XXXXXI	Ping6	900 bytes	Cat5e	1 Gb
Modelo XXXXXII	Ping6	1100 bytes	Cat5e	1 Gb

Modelo XXXXXXIII	Ping6	1300 bytes	Cat5e	1 Gb
Modelo XXXXXXIV	Ping6	1500 bytes	Cat5e	1 Gb
Modelo XXXXXXV	Ping	64 bytes	Cat 6	1 Gb
Modelo XXXXXXVI	Ping	200 bytes	Cat 6	1 Gb
Modelo XXXXXXVII	Ping	400 bytes	Cat 6	1 Gb
Modelo XXXXXXVIII	Ping	600 bytes	Cat 6	1 Gb
Modelo XXXXXXIX	Ping	750 bytes	Cat 6	1 Gb
Modelo XXXXXXX	Ping	900 bytes	Cat 6	1 Gb
Modelo XXXXXXXXI	Ping	1100 bytes	Cat 6	1 Gb
Modelo XXXXXXXXII	Ping	1300 bytes	Cat 6	1 Gb
Modelo XXXXXXXXIII	Ping	1500 bytes	Cat 6	1 Gb
Modelo XXXXXXXXIV	Ping	64 bytes	Cat5e	1 Gb
Modelo XXXXXXXXV	Ping	200 bytes	Cat5e	1 Gb
Modelo XXXXXXXXVI	Ping	400 bytes	Cat5e	1 Gb
Modelo XXXXXXXXVII	Ping	600 bytes	Cat5e	1 Gb
Modelo XXXXXXXXVIII	Ping	750 bytes	Cat5e	1 Gb
Modelo XXXXXXXXIX	Ping	900 bytes	Cat5e	1 Gb
Modelo XXXXXXXXX	Ping	1100 bytes	Cat5e	1 Gb
Modelo XXXXXXXXXI	Ping	1300 bytes	Cat5e	1 Gb
Modelo XXXXXXXXXII	Ping	1500 bytes	Cat5e	1 Gb

Foram utilizados pacotes com tamanhos de 64 bytes, 750 bytes e 1500 bytes, de forma que possa avaliar o tempo de propagação para diferentes cargas.

Como o meio é o Ethernet, o quadro máximo é de 1500 bytes, acima disso o quadro é fragmentado, o que acarreta um aumento do tempo de propagação de toda informação, que desta vez estará em mais de um datagrama.

O valor de 750 bytes corresponde ao meio termo no tamanho do datagrama e o valor 64 bytes é o valor padrão sugerido pelo aplicativo de rede ping. Os dados coletados serão apresentados no Anexo 1.

A sintaxe do comando ping nesse caso é a seguinte:

```
Ping -c [numero_pacotes] -s [tamanho_pacote] [ip_destino]
```

Gerando estes pacotes também podemos verificar a taxa de transmissão em que está sendo enviado o pacote, e a partir daí tiramos conclusões.

4 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO

Conforme apresentado na tabela 7 o Modelo de Tratamento da coleta é realizado através do aplicativo ping, assim os dados são medidos através do tempo de reposta da máquina. Veremos todos os gráficos divididos pelos tamanhos dos pacotes e ao final uma tabela com a análise dos desempenhos.

Vejamos o gráfico da análise da transmissão de 64 bytes:

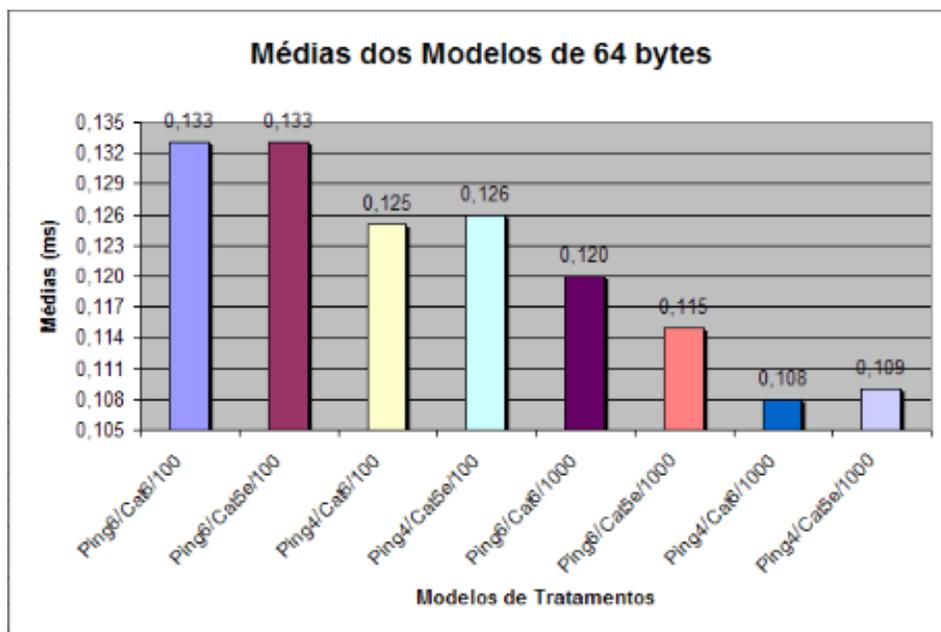


Figura 16 - Velocidade de Transmissão com pacotes de 64 bytes

Vejamos agora o gráfico da análise da transmissão de 200 bytes:

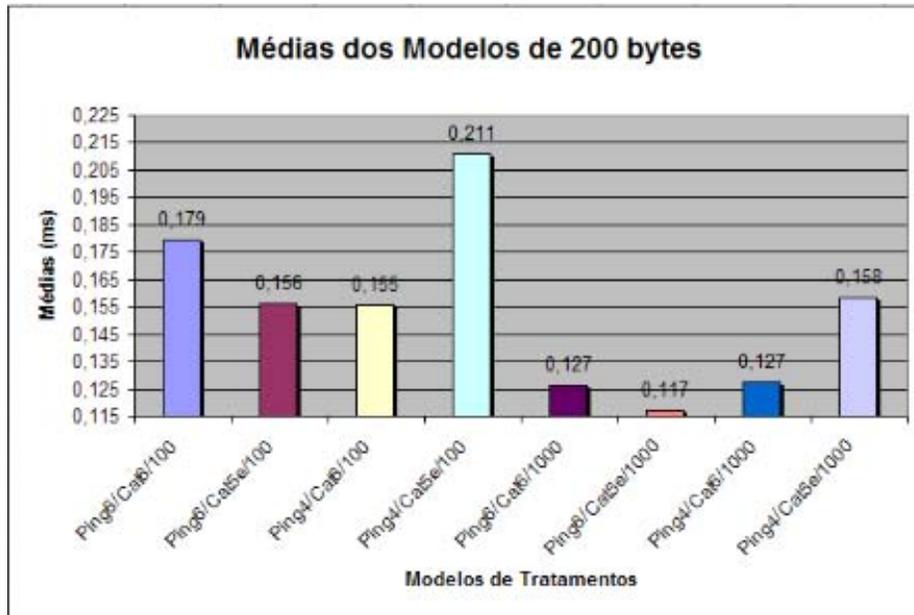


Figura 17 - Velocidade de Transmissão com pacotes de 200 bytes

Vejamos agora o gráfico da análise da transmissão de 400 bytes:

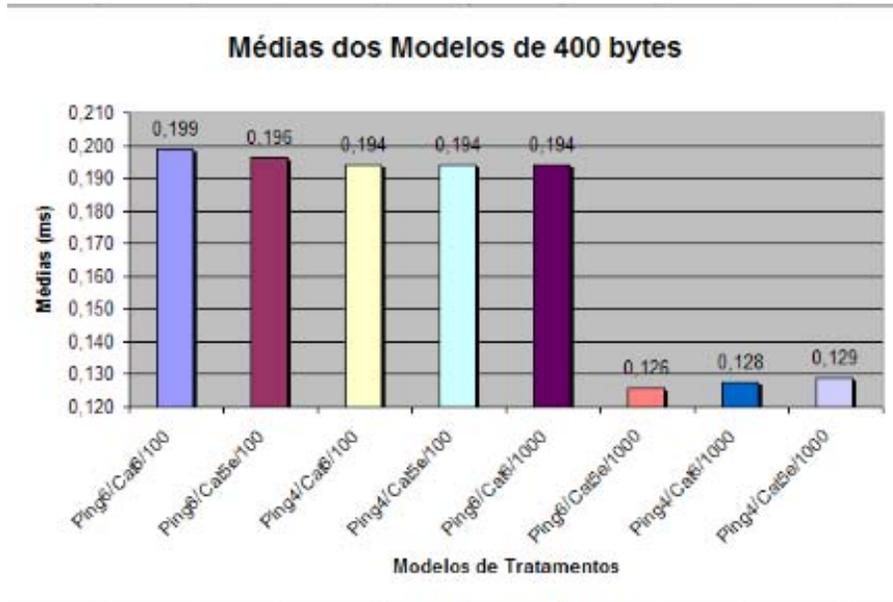


Figura 18 - Velocidade de Transmissão com pacotes de 400 bytes

Vejamos agora o gráfico da análise da transmissão de 600 bytes:

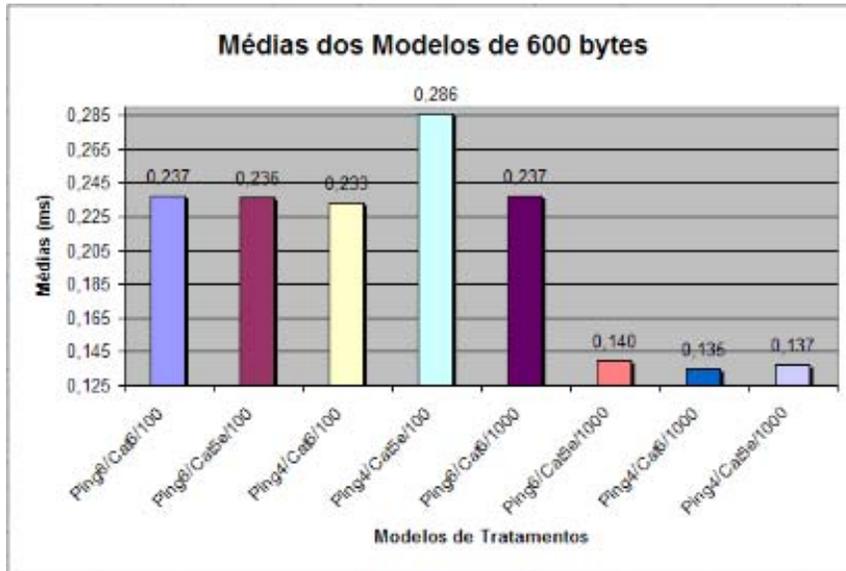


Figura 19 - Velocidade de Transmissão com pacotes de 600 bytes

Vejam agora o gráfico da análise da transmissão de 750 bytes:

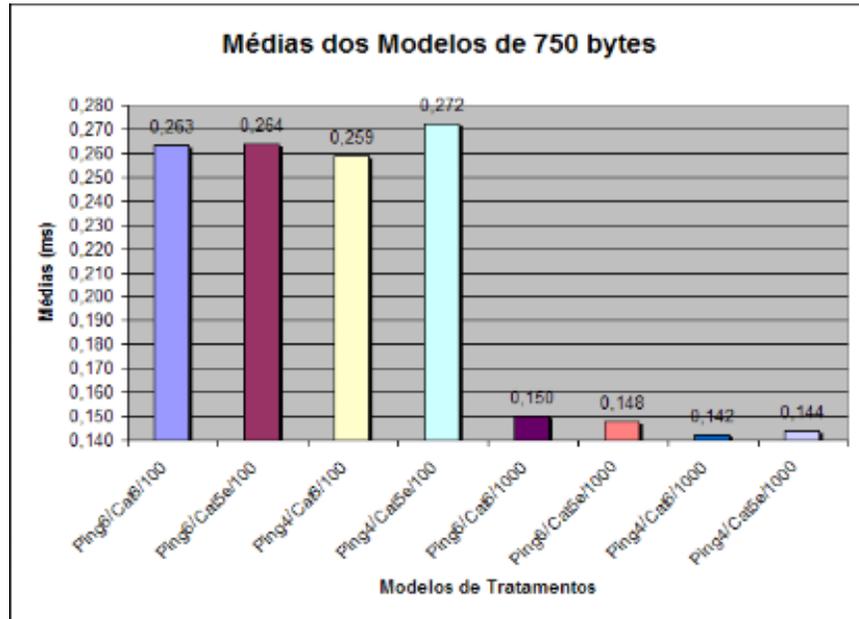


Figura 20 -Velocidade de Transmissão com pacotes de 750 bytes

Vejamos agora o gráfico da análise da transmissão de 900 bytes:

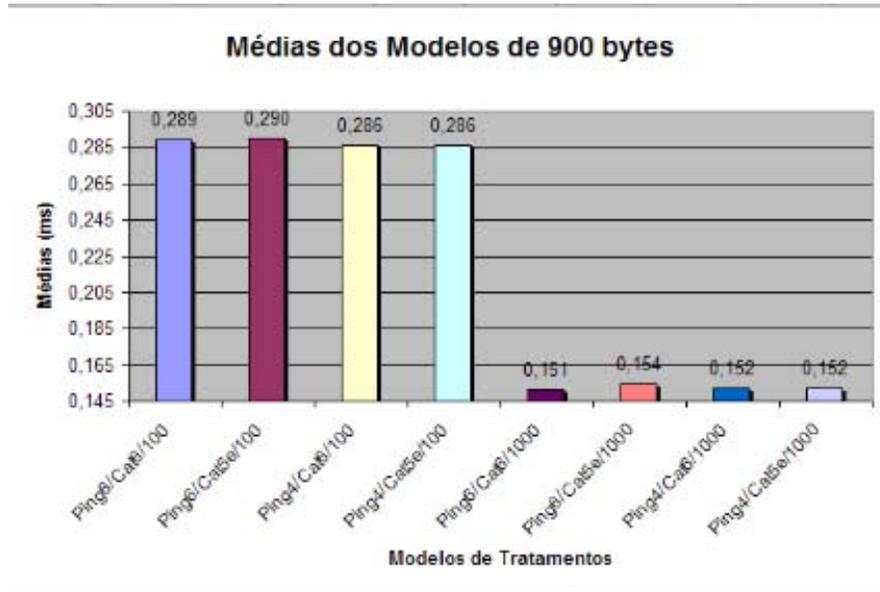


Figura 21 -Velocidade de Transmissão com pacotes de 900 bytes

Vejamos agora o gráfico da análise da transmissão de 1100 bytes:

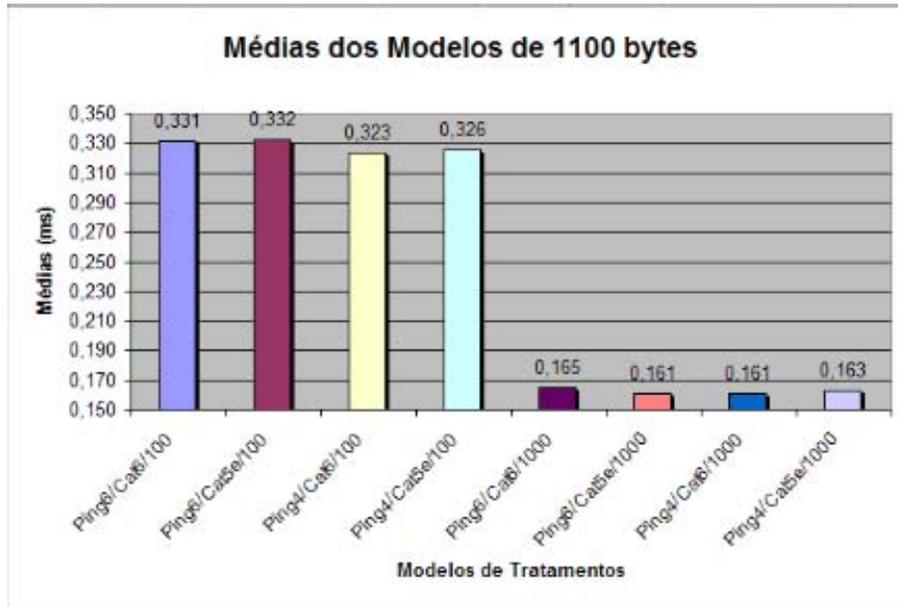


Figura 22 - Velocidade de Transmissão com pacotes de 1100 bytes

Vejamos agora o gráfico da análise da transmissão de 1300 bytes:

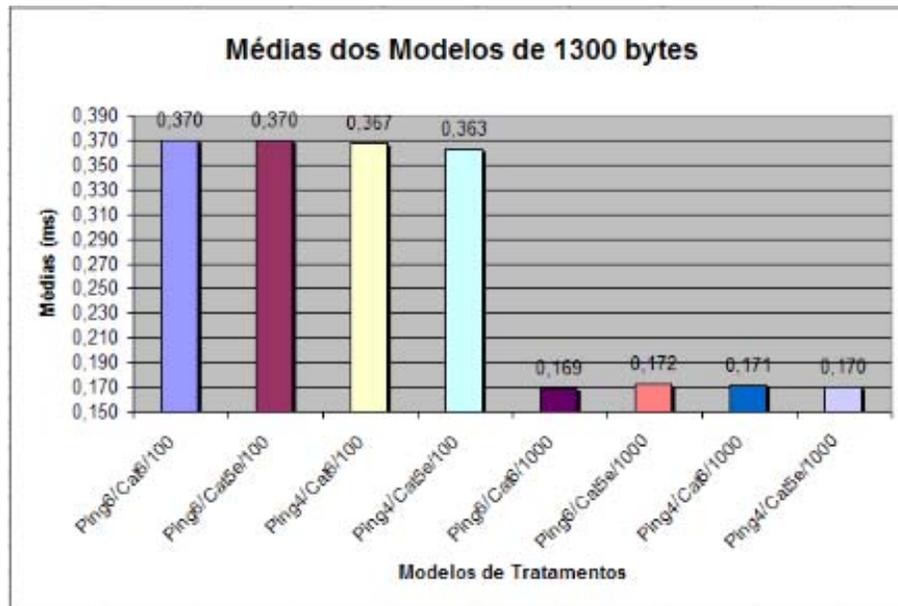


Figura 23 - Velocidade de Transmissão com pacotes de 1300 bytes

Vejamos agora o gráfico da análise da transmissão de 1500 bytes:

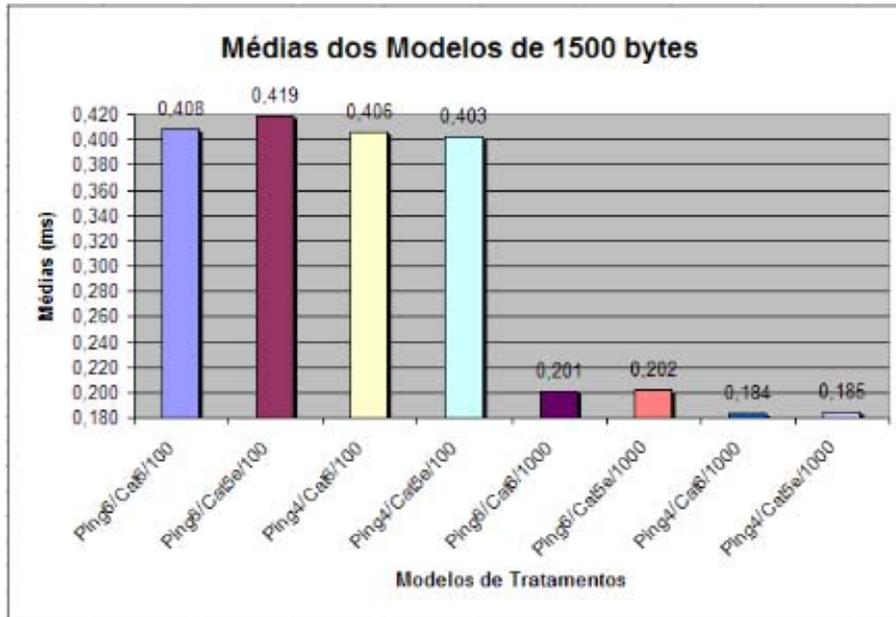


Figura 24 - Velocidade de Transmissão com pacotes de 1500 bytes

Analisando os cabeamentos e os protocolos de todos os modelos de forma geral marcamos pontos para o modelo que tem desempenho superior:

Tabela 8: Análise de Desempenho

Modelos	1-3		2-4		1-2		3-4	
	5-7		6-8		5-6		7-8	
Pacotes	IPv6	=	IPv4	Cat6	=	Cat5e		
64			IIII	II	I	I		
200	II	I	I	II		II		
400	I		III	I	I	II		
600	I		III	II		II		
750	I		III	II	I	I		
900	I		III	II	II			
1100	I		III	II	I	I		
1300	I		III	I	I	II		
1500			IIII	III		I		
Total	8	1	27	17	7	12		

Podemos notar que o IPv4 teve desempenho superior ao IPv6, e o cabeamento categoria 6 foi superior ao cabeamento de categoria 5e.

A solução que melhor se apresentou foi : Protocolo Ipv4 + Cabeamento categoria6 + Fast Ethernet ou Gigabit.

Para os gráficos das Médias e do Desvio Padrão para o eixo x foi utilizado apenas o número dos modelos.

Vejamos agora o gráfico de todas as médias de 100 Mhz:

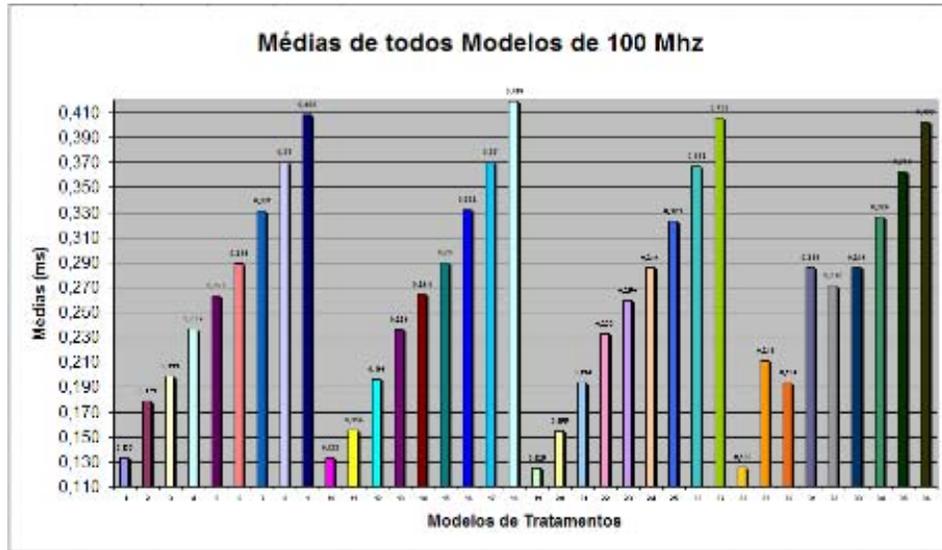


Figura 27 - Médias de todos modelos de 100 Mhz

Vejamos agora o gráfico de todas as médias de 100 Mhz:

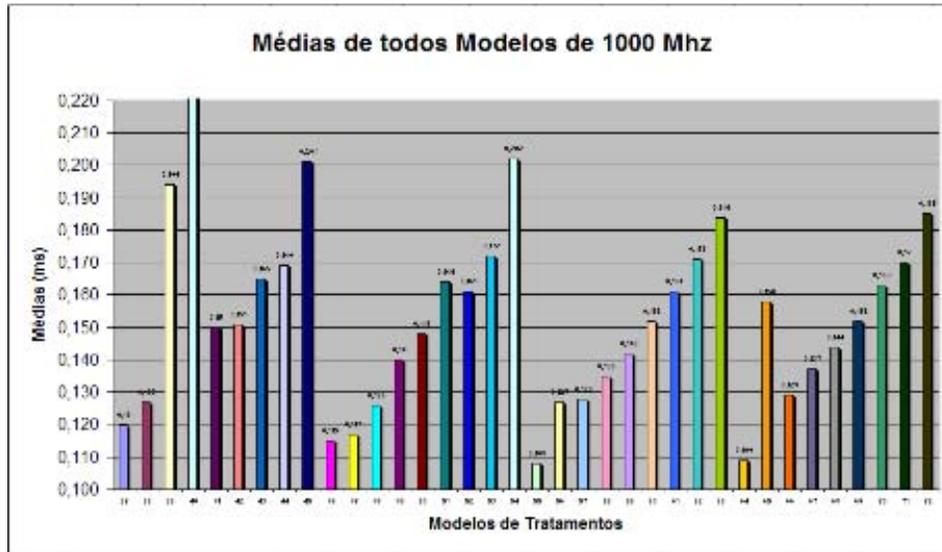


Figura 20 - Média de todos modelos de 1000 Mhz

Para o gráfico de Desvio Padrão podemos analisar que a dispersão dos dados é baixa, vejamos os gráficos abaixo:

Vejamos agora o gráfico do Cálculo de Desvio Padrão de 100 Mhz:

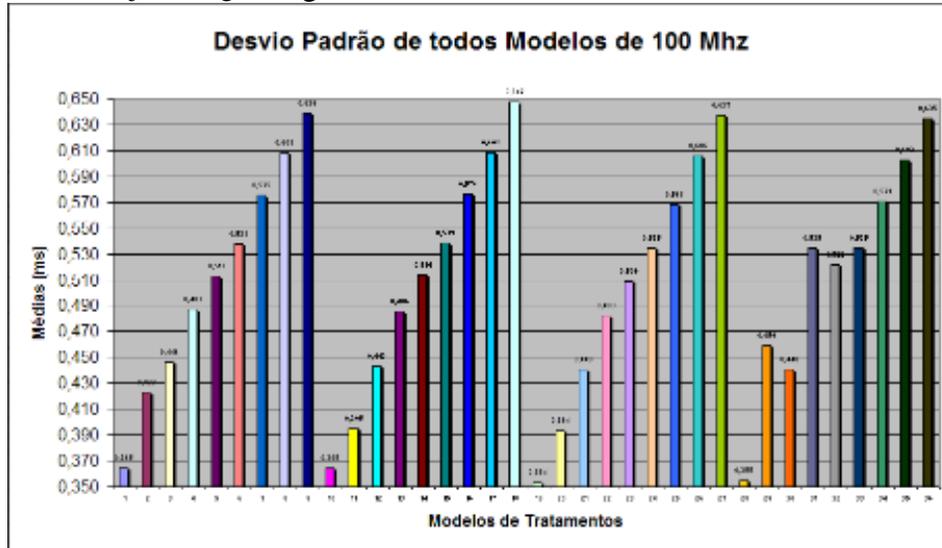


Figura 27 - Desvio Padrão de todos modelos de 100 Mhz

Vejamos agora gráfico o Cálculo de Desvio Padrão de 1000 Mhz:

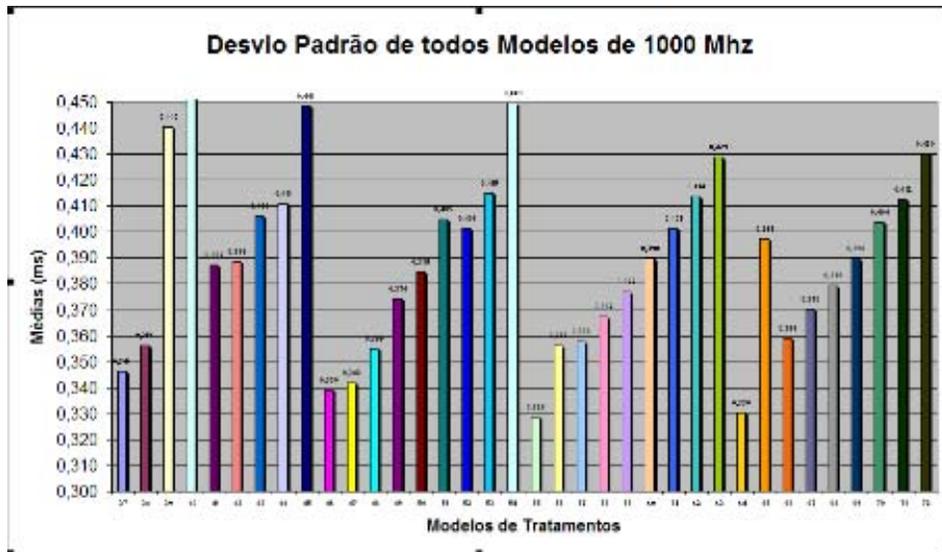


Figura 28 - Desvio Padrão de todos modelos de 1000 Mhz

5 CONCLUSÃO

A necessidade de migração é real pois o IPv4 não atende mais a todas as exigências que surgiram após a sua criação. O IPv6 mostra-se eficiente em realizar seu serviço porém aguarda o total amadurecimento para entrar em cena.

Os dados obtidos a partir da avaliação analítica e da comparação real de valores medidos na rede implementada são compatíveis, de forma que as descrições matemáticas apresentadas foram comprovadas através dos resultados alcançados no ambiente real.

Estes dados indicam que o desempenho do IPv6 é inferior ao do IPv4, ainda que a diferença seja pouca, como vista nos gráficos apresentados. Apesar do menor número de campos a serem tratados pelo cabeçalho IPv6, este é o dobro do tamanho do IPv4. O desempenho do IPv6 deve se mostrar eficiente quando a rede se tornar mais complexa, com mais roteadores, como é o caso da Internet.

Analisando o protocolo overhead (tabela 6), podemos notar que o quadro ethernet do IPv4 é menor que o do IPv6, fator que também justifica o desempenho maior do protocolo IPv4.

Quanto ao desempenho de cabeamento o cat 6 se demonstrou superior com o protocolo IPv4 e praticamente igualável com IPv6.

Quanto ao *link* de velocidade o desempenho em *Gigabit* foi em média 72% mais veloz que o *link Fast Ethernet*.

5.1 Perspectivas e propostas para pesquisas futuras

A demonstração pública do interesse de grandes empresas em relação ao protocolo IPv6, deve fazer com que avance as pesquisas e surjam novas aplicações.

Várias empresas ligadas à pesquisa e construção de equipamentos de redes, demonstram interesse em desenvolver soluções para o IPv6. Assim como a grande contribuição da RNP e 6Bone.

Os estudos sobre IPv6 estão em fase de amadurecimento e o campo para pesquisas neste assunto é muito vasto.

As novidades introduzidas pelo IPv6 precisam ter seus desempenhos e funcionalidades testados e entendidos. Na área de aplicações, merecem um estudo mais aprofundado.

Como proposta de pesquisa futura poderia: expandir os testes para uma rede local, com mais máquinas, criação de sub-redes testes de aplicações e de desempenho. Fazer testes também em redes de Alto Desempenho e na Internet. Pesquisas com IPv6 móvel.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, Fernando. **TCP/IP Internet Protocols & Tecnologias**. Rio de Janeiro. Axcel Books do Brasil Editora. 1998.

ALVES, Marcos Vinicius B. **Guia Internet de conectividade. Cyclades Brasil**. 9. ed. São Paulo. SENAC, 2002.

ATKINSON, R. **IP Authentication Header**. RFC1826. Agosto de 1995.

ATKINSON R. **IP Encapsulating Security Payload (ESP)**. Network Working Group, RFC1827, August 1995.

BACHMANN, Fabiano; MARTINS, Ivan L. ; FARINES, Jean-Marie. **Endereçamento Multicast e Aplicações Multimídia Distribuídas na RMAV-FLN. NewsGeneration**, v. 4 nº 4. Disponível em: <<http://www.rnp.br/newsgen/0007/art5.shtml>>. Acesso em: Janeiro de 2005.

BRADNER, S, MANKIN A. **The Recommendation for the IP Next Generation Protocol**. RFC1752. Janeiro de 1995,

CRAWFORD Matt. **IPv6 Node Information Queries, IPng Working Group, Internet Draft**. draft-ietf-ipngwg-icmp-name-lookups-09.txt . Maio de 2002.

CHIOZZOTTO, Mauro; Luís Antonio Pinto da Silva. **TCP/IP Tecnologia e Implementação**. São Paulo .Editora Érica Ltda, 1999.

CONNECTIVA, **Segurança de Redes: Firewall**, 2001.

DYKSTRA, Phillip. **Protocol Overhead**. San Diego, CA. Disponível em: <<http://sd.wareonearth.com/~phil/net/overhead/>>. Acesso em: abril, 2005.

DEERING S.; HINDEN R.. **Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification. IETF**. RFC1883, Dezembro de 1995.

DEERING S.; HINDEN R. **Internet Protocol, IP Version 6 Addressing Architecture**. IETF. RFC 1884, Dezembro de 1995.

DROMS R. **Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6)**. IETF. draft-ietf-dhc-dhcpv6-26.txt, Junho, 2002.

FRAZÃO, Ari Jr. **O que vai mudar na sua vida com o IPv6.** RNP NEWS GENERATION. Disponível em: <<http://www.rnp.br/newsgen/ascii/n2.txt>>. Acesso em: Janeiro, 2005.

GILLIGAN, R.; NORDMARK E. , **Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers** . IETF. RFC1933, Abril del 1996 .

GUPTA, MOETA; LASALLE, Paul; PARIHAR, MRIDULA; SCRINGER ROB. Tradução: Furmankiewicz, Dowcware Traduções Técnicas. TCP/IP A Bíblia. Editora Campus, 2002.

LEHTOVIRTA, Juha. **Transition from IPv4 to IPv6.** Network World Fusion. Disponível em: <<http://www.tascomm.fi/~jlv/ngtrans/>>. Acesso em: Fevereiro, 2005.

Portal FCCn. **Fundação para a Computação Científica Nacional.** IPv6. Disponível em: <http://www.fccn.pt/projectos/IPv6/index_html> . Acesso em: Março, 2005.

Stevens, **Richard.** **TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Procols.** Editora Addison Wesley. Primeira Edição, 15 de dezembro de 1993.

ANEXO 1: DADOS COLETADOS NOS MODELOS PROPOSTOS

Neste anexo estão listados os valores de tempo de propagação do datagrama na rede IPv6 utilizada para a avaliação analítica. Todos os gráficos e análises realizadas referenciam-se a esses dados. As tabelas estão referenciadas a tabela da página 40.

Dados Recolhidos entre host1 e host2

Como as medidas foram feitas com diferentes cargas, cada tabela informa em seu cabeçalho o protocolo ,a carga correspondente, o cabeamento e a velocidade da medição.

Modelo de Tratamento I

Tabela 9: Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 64 Bytes, cat6 a 100 MHZ

0,141	0,130	0,133	0,139	0,132	0,136	0,129	0,106	0,131	0,133
0,134	0,151	0,130	0,135	0,133	0,132	0,133	0,130	0,135	0,129
0,132	0,135	0,128	0,138	0,128	0,133	0,130	0,137	0,139	0,132

Modelo de Tratamento II

Tabela 10: Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 200 Bytes, cat6 a 100 MHZ

0,726	0,157	0,164	0,158	0,160	0,133	0,162	0,164	0,159	0,159
0,143	0,160	0,181	0,162	0,164	0,161	0,156	0,161	0,173	0,168
0,160	0,164	0,162	0,158	0,161	0,159	0,164	0,164	0,156	0,163

Modelo de Tratamento III

Tabela 11: Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 400 Bytes, cat6 a 100 MHZ

0,208	0,196	0,197	0,199	0,199	0,183	0,199	0,192	0,195	0,200
0,174	0,247	0,202	0,193	0,198	0,197	0,197	0,197	0,193	0,222
0,199	0,199	0,198	0,194	0,199	0,198	0,200	0,196	0,193	0,197

Modelo de Tratamento IV

Tabela 12: Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 600 Bytes, cat6 a 100 MHZ

0,297	0,241	0,239	0,235	0,234	0,218	0,239	0,238	0,246	0,233
0,211	0,234	0,235	0,234	0,259	0,233	0,232	0,233	0,229	0,236
0,233	0,236	0,230	0,234	0,237	0,252	0,238	0,233	0,230	0,240

Modelo de Tratamento V

Tabela 13: Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 750 Bytes, cat6 a 100 MHZ

0,267	0,285	0,268	0,263	0,263	0,237	0,266	0,259	0,263	0,260
0,238	0,263	0,260	0,261	0,258	0,263	0,269	0,261	0,264	0,259
0,258	0,262	0,265	0,278	0,265	0,261	0,292	0,265	0,268	0,265

Modelo de Tratamento VI

Tabela 14: Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 900 Bytes, cat6 a 100 MHZ

0,294	0,290	0,284	0,289	0,293	0,290	0,29	0,287	0,286	0,305
0,271	0,294	0,289	0,288	0,289	0,270	0,29	0,287	0,286	0,294
0,292	0,291	0,292	0,291	0,289	0,294	0,285	0,289	0,291	0,287

Modelo de Tratamento VII

Tabela 15: Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 1100 Bytes, cat6 a 100 MHZ

0,342	0,329	0,33	0,332	0,334	0,329	0,333	0,326	0,326	0,329
0,34	0,327	0,327	0,327	0,331	0,331	0,334	0,327	0,326	0,329
0,333	0,324	0,332	0,33	0,328	0,347	0,33	0,331	0,329	0,335

Modelo de Tratamento VIII

Tabela 16: Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 1300 Bytes, cat6 a 100 MHZ

0,375	0,374	0,367	0,374	0,384	0,344	0,377	0,370	0,370	0,368
0,343	0,371	0,384	0,375	0,368	0,373	0,366	0,392	0,370	0,369
0,369	0,369	0,370	0,372	0,371	0,370	0,371	0,368	0,370	0,370

Modelo de Tratamento IX

Tabela 17 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 1500 Bytes, cat6 a 100 MHZ

0,424	0,417	0,411	0,414	0,415	0,419	0,428	0,413	0,425	0,435
0,444	0,400	0,462	0,397	0,399	0,401	0,395	0,397	0,404	0,398
0,398	0,394	0,396	0,389	0,395	0,398	0,399	0,397	0,389	0,394

Modelo de Tratamento X

Tabela 18 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 64 Bytes, cat5e a 100 MHZ

0,137	0,129	0,140	0,146	0,136	0,128	0,125	0,131	0,133	0,128
0,177	0,135	0,127	0,131	0,132	0,130	0,129	0,127	0,127	0,129
0,136	0,127	0,130	0,134	0,129	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130

Modelo de Tratamento XI

Tabela 19 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 200 Bytes, cat5e a 100 MHZ

0,161	0,155	0,154	0,154	0,155	0,155	0,155	0,151	0,159	0,163
0,157	0,156	0,153	0,175	0,162	0,158	0,157	0,155	0,157	0,138
0,161	0,157	0,155	0,158	0,136	0,156	0,156	0,154	0,159	0,164

Modelo de Tratamento XII

Tabela 20 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 400 Bytes, cat5e a 100 MHZ

0,207	0,199	0,193	0,197	0,195	0,185	0,200	0,198	0,192	0,194
0,176	0,201	0,198	0,192	0,196	0,196	0,196	0,195	0,193	0,198
0,198	0,213	0,200	0,197	0,193	0,197	0,198	0,196	0,195	0,194

Modelo de Tratamento XIII

Tabela 21 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 600 Bytes, cat5e a 100 MHZ

0,245	0,250	0,232	0,236	0,235	0,234	0,234	0,236	0,239	0,235
0,236	0,232	0,238	0,236	0,233	0,230	0,233	0,234	0,250	0,237
0,236	0,231	0,242	0,238	0,235	0,235	0,232	0,236	0,239	0,232

Modelo de Tratamento XIV

Tabela 22 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 750 Bytes, cat5e a 100 MHZ

0,264	0,257	0,288	0,272	0,270	0,264	0,270	0,259	0,247	0,263
0,263	0,263	0,262	0,238	0,271	0,258	0,261	0,255	0,261	0,268
0,262	0,260	0,266	0,258	0,268	0,264	0,266	0,278	0,265	0,289

Modelo de Tratamento XV

Tabela 23 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 900 Bytes, cat5e a 100 MHZ

0,294	0,293	0,286	0,311	0,308	0,267	0,291	0,294	0,291	0,290
0,273	0,290	0,290	0,290	0,290	0,286	0,289	0,289	0,289	0,289
0,292	0,288	0,290	0,294	0,287	0,293	0,287	0,289	0,304	0,288

Modelo de Tratamento XVI

Tabela 24 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 1100 Bytes, cat5e a 100 MHZ

0,333	0,327	0,33	0,336	0,331	0,331	0,33	0,332	0,339	0,327
0,331	0,332	0,328	0,329	0,328	0,328	0,329	0,382	0,341	0,335
0,33	0,327	0,327	0,341	0,328	0,332	0,329	0,326	0,31	0,339

Modelo de Tratamento XVII

Tabela 25 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 1300 Bytes, cat5e a 100 MHZ

0,365	0,347	0,369	0,365	0,369	0,369	0,372	0,368	0,366	0,366
0,414	0,380	0,366	0,364	0,369	0,368	0,373	0,363	0,366	0,367
0,367	0,372	0,368	0,370	0,384	0,368	0,373	0,372	0,364	0,366

Modelo de Tratamento XVIII

Tabela 26 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 1500 Bytes, cat5e a 100 MHZ

0,462	0,421	0,419	0,417	0,414	0,420	0,437	0,418	0,416	0,416
0,396	0,416	0,422	0,413	0,416	0,394	0,413	0,417	0,416	0,416
0,418	0,416	0,418	0,418	0,415	0,464	0,423	0,422	0,420	0,414

Modelo de Tratamento XIX

Tabela 27: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 64 Bytes, cat6 a 100 MHZ

0,134	0,122	0,122	0,125	0,124	0,129	0,124	0,123	0,126	0,116
0,131	0,122	0,125	0,122	0,137	0,154	0,125	0,121	0,125	0,122
0,125	0,123	0,122	0,123	0,124	0,122	0,122	0,122	0,123	0,122

Modelo de Tratamento XX

Tabela 28: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 200 Bytes, cat6 a 100 MHZ

0,168	0,155	0,153	0,157	0,155	0,155	0,152	0,168	0,154	0,153
0,153	0,152	0,154	0,151	0,153	0,156	0,153	0,155	0,154	0,149
0,150	0,161	0,155	0,152	0,150	0,157	0,166	0,155	0,166	0,151

Modelo de Tratamento XXI

Tabela 29: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 400 Bytes, cat6 a 100 MHZ

0,211	0,192	0,193	0,192	0,190	0,189	0,189	0,188	0,201	0,193
0,193	0,190	0,174	0,194	0,193	0,239	0,193	0,188	0,202	0,187
0,188	0,189	0,185	0,212	0,196	0,191	0,189	0,188	0,198	0,194

Modelo de Tratamento XXII

Tabela 30: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 600 Bytes, cat6 a 100 MHZ

0,235	0,229	0,228	0,229	0,252	0,218	0,232	0,23	0,229	0,23
0,253	0,233	0,234	0,234	0,229	0,239	0,229	0,229	0,231	0,231
0,243	0,228	0,231	0,232	0,237	0,226	0,227	0,228	0,235	0,247

Modelo de Tratamento XXIII

Tabela 31: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 750 Bytes, cat6 a 100 MHZ

0,279	0,261	0,262	0,258	0,259	0,245	0,254	0,259	0,260	0,258
0,260	0,255	0,256	0,259	0,259	0,257	0,274	0,261	0,261	0,259
0,265	0,257	0,259	0,255	0,255	0,260	0,253	0,257	0,255	0,260

Modelo de Tratamento XXIV

Tabela 32: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 900 Bytes, cat6 a 100 MHZ

0,299	0,287	0,282	0,285	0,284	0,285	0,288	0,279	0,282	0,281
0,285	0,285	0,282	0,285	0,282	0,285	0,284	0,284	0,286	0,283
0,356	0,285	0,287	0,285	0,269	0,286	0,286	0,281	0,281	0,281

Modelo de Tratamento XXV

Tabela 33: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 1100 Bytes, cat6 a 100 MHZ

0,334	0,324	0,320	0,324	0,321	0,320	0,318	0,318	0,374	0,329
0,324	0,318	0,319	0,323	0,321	0,322	0,319	0,321	0,321	0,319
0,321	0,318	0,320	0,319	0,322	0,324	0,318	0,317	0,318	0,323

Modelo de Tratamento XXVI

Tabela 34: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 1300 Bytes, cat6 a 100 MHZ

0,360	0,361	0,378	0,367	0,364	0,361	0,373	0,365	0,364	0,360
0,367	0,362	0,368	0,360	0,359	0,362	0,344	0,376	0,371	0,369
0,374	0,370	0,375	0,371	0,371	0,374	0,369	0,374	0,375	0,373

Modelo de Tratamento XXVII

Tabela 35 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 1500 Bytes, cat6 a 100 MHZ

0,420	0,408	0,413	0,405	0,402	0,391	0,407	0,408	0,398	0,407
0,426	0,407	0,407	0,403	0,411	0,402	0,405	0,418	0,405	0,404
0,400	0,402	0,410	0,404	0,410	0,401	0,403	0,406	0,406	0,410

Modelo de Tratamento XXVIII

Tabela 36: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 64 Bytes, cat5e a 100 MHZ

0,139	0,130	0,137	0,122	0,125	0,114	0,125	0,127	0,127	0,124
0,147	0,124	0,122	0,123	0,121	0,124	0,122	0,126	0,123	0,121
0,148	0,125	0,127	0,124	0,122	0,121	0,122	0,125	0,124	0,124

Modelo de Tratamento XXIX

Tabela 37 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 200 Bytes, cat5e a 100 MHZ

0,331	0,321	0,323	0,322	0,320	0,322	0,326	0,327	0,326	0,318
0,324	0,379	0,336	0,327	0,324	0,306	0,324	0,321	0,321	0,321
0,321	0,321	0,341	0,320	0,321	0,326	0,326	0,327	0,327	0,318

Modelo de Tratamento XXX

Tabela 38 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 400 Bytes, cat5e a 100 MHZ

0,208	0,192	0,191	0,210	0,188	0,189	0,193	0,195	0,191	0,200
0,194	0,196	0,195	0,191	0,192	0,190	0,176	0,192	0,187	0,191
0,192	0,239	0,194	0,190	0,188	0,189	0,195	0,193	0,190	0,193

Modelo de Tratamento XXXI

Tabela 39 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 600 Bytes, cat5e a 100 MHZ

0,302	0,288	0,290	0,287	0,284	0,274	0,283	0,281	0,284	0,281
0,289	0,286	0,279	0,284	0,282	0,307	0,286	0,288	0,285	0,289
0,285	0,283	0,282	0,283	0,284	0,285	0,287	0,285	0,277	0,290

Modelo de Tratamento XXXII:

Tabela 40 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 750 Bytes, cat5e a 100 MHZ

0,612	0,263	0,259	0,259	0,258	0,247	0,259	0,258	0,257	0,261
0,262	0,254	0,257	0,256	0,256	0,263	0,257	0,257	0,260	0,271
0,264	0,304	0,264	0,257	0,255	0,265	0,254	0,256	0,259	0,258

Modelo de Tratamento XXXIII:

Tabela 41 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 900 Bytes, cat5e a 100 MHZ

0,287	0,279	0,331	0,300	0,286	0,282	0,279	0,288	0,286	0,282
0,28	0,281	0,287	0,284	0,282	0,278	0,284	0,293	0,284	0,283
0,285	0,265	0,288	0,281	0,282	0,284	0,283	0,306	0,285	0,283

Modelo de Tratamento XXXIV:

Tabela 42 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 1100 Bytes, cat5e a 100 MHZ

0,331	0,321	0,323	0,322	0,320	0,322	0,326	0,327	0,326	0,318
0,324	0,379	0,336	0,327	0,324	0,306	0,324	0,321	0,321	0,321
0,321	0,321	0,341	0,320	0,321	0,326	0,326	0,327	0,327	0,318

Modelo de Tratamento XXXV:

Tabela 43 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 1300 Bytes, cat5e a 100 MHZ

0,365	0,360	0,357	0,362	0,364	0,359	0,362	0,359	0,362	0,367
0,359	0,362	0,362	0,360	0,370	0,361	0,360	0,306	0,348	0,387
0,362	0,361	0,363	0,361	0,372	0,362	0,361	0,362	0,360	0,366

Modelo de Tratamento XXXVI:

Tabela 44: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 1500 Bytes, cat5e a 100 MHZ

0,409	0,402	0,404	0,403	0,402	0,402	0,402	0,403	0,404	0,404
0,429	0,406	0,403	0,405	0,402	0,403	0,400	0,401	0,401	0,404
0,410	0,400	0,404	0,405	0,404	0,411	0,401	0,407	0,398	0,389

Modelo de Tratamento XXXVII:

Tabela 45 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 64 Bytes, cat6 1000 MHZ

0,383	0,117	0,117	0,113	0,105	0,088	0,114	0,110	0,110	0,116
0,087	0,107	0,109	0,123	0,117	0,106	0,105	0,106	0,109	0,155
0,114	0,112	0,108	0,109	0,113	0,105	0,107	0,108	0,103	0,114

Modelo de Tratamento XXXVIII:

Tabela 46 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 200 Bytes, cat6 1000 MHZ

0,398	0,118	0,119	0,114	0,118	0,096	0,117	0,118	0,113	0,116
0,094	0,117	0,122	0,118	0,114	0,116	0,115	0,119	0,117	0,112
0,119	0,163	0,125	0,117	0,114	0,118	0,115	0,116	0,117	0,120

Modelo de Tratamento XXXIX:

Tabela 47 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 400 Bytes, cat6 1000 MHZ

0,194	0,193	0,195	0,193	0,195	0,169	0,202	0,194	0,208	0,198
0,172	0,199	0,195	0,194	0,198	0,194	0,192	0,195	0,194	0,194
0,196	0,194	0,202	0,193	0,196	0,194	0,197	0,194	0,190	0,198

Modelo de Tratamento XXXX:

Tabela 48 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 600 Bytes, cat6 1000 MHZ

0,248	0,234	0,233	0,232	0,234	0,237	0,229	0,233	0,231	0,232
0,254	0,239	0,231	0,236	0,235	0,239	0,234	0,209	0,229	0,232
0,257	0,231	0,231	0,234	0,274	0,249	0,232	0,236	0,234	0,253

Modelo de Tratamento XXXXI:

Tabela 49 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 750 Bytes, cat6 a 1000 MHZ

0,164	0,158	0,150	0,146	0,149	0,127	0,152	0,147	0,143	0,149
0,124	0,154	0,150	0,152	0,143	0,173	0,155	0,150	0,161	0,140
0,151	0,152	0,170	0,151	0,146	0,154	0,153	0,150	0,150	0,149

Modelo de Tratamento XXXXII:

Tabela 50 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 900 Bytes, cat6 a 1000 MHZ

0,166	0,155	0,153	0,146	0,154	0,129	0,151	0,148	0,150	0,172
0,131	0,154	0,155	0,147	0,155	0,149	0,151	0,150	0,150	0,149
0,157	0,151	0,157	0,156	0,148	0,158	0,147	0,147	0,148	0,152

Modelo de Tratamento XXXXIII:

Tabela 51 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 1100 Bytes, cat6 a 1000 MHZ

0,181	0,166	0,165	0,164	0,161	0,166	0,160	0,164	0,163	0,159
0,167	0,161	0,163	0,165	0,166	0,161	0,157	0,161	0,212	0,172
0,165	0,165	0,160	0,161	0,164	0,166	0,161	0,157	0,158	0,163

Modelo de Tratamento XXXXIV:

Tabela 52 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 1300 Bytes, cat6 a 1000 MHZ

0,186	0,174	0,170	0,167	0,170	0,151	0,167	0,168	0,167	0,170
0,156	0,168	0,167	0,171	0,164	0,176	0,166	0,188	0,168	0,169
0,177	0,166	0,166	0,169	0,170	0,168	0,171	0,168	0,167	0,170

Modelo de Tratamento XXXXV:

Tabela 53 : Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 1500 Bytes, cat6 a 1000 MHZ

0,218	0,193	0,199	0,201	0,200	0,203	0,256	0,214	0,202	0,202
0,198	0,200	0,198	0,200	0,198	0,196	0,202	0,199	0,207	0,199
0,200	0,170	0,199	0,201	0,198	0,207	0,171	0,199	0,223	0,197

Modelo de Tratamento XXXXVI:

Tabela 54: Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 64 Bytes, cat5e a 1000 MHZ

0,135	0,123	0,118	0,114	0,117	0,090	0,110	0,111	0,112	0,125
0,093	0,111	0,113	0,117	0,117	0,137	0,112	0,111	0,115	0,118
0,113	0,113	0,112	0,111	0,118	0,118	0,112	0,110	0,113	0,117

Modelo de Tratamento XXXXVII:

Tabela 55: Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 200 Bytes, cat5e a 1000 MHZ

0,137	0,117	0,100	0,119	0,120	0,115	0,119	0,133	0,118	0,124
0,121	0,118	0,124	0,117	0,118	0,117	0,113	0,119	0,113	0,140
0,123	0,115	0,091	0,114	0,120	0,118	0,114	0,114	0,093	0,118

Modelo de Tratamento XXXXVIII:

Tabela 56: Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 400 Bytes, cat5e a 1000 MHZ

0,125	0,128	0,123	0,130	0,126	0,122	0,124	0,122	0,126	0,125
0,124	0,147	0,130	0,149	0,131	0,129	0,128	0,127	0,126	0,101
0,127	0,124	0,126	0,124	0,103	0,124	0,129	0,123	0,127	0,127

Modelo de Tratamento XXXXIX:

Tabela 57: Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 600 Bytes, cat5e a 1000 MHZ

0,160	0,138	0,139	0,133	0,136	0,138	0,134	0,139	0,134	0,135
0,168	0,140	0,112	0,138	0,136	0,148	0,138	0,110	0,135	0,134
0,161	0,132	0,136	0,137	0,180	0,150	0,139	0,139	0,136	0,134

Modelo de Tratamento XXXXX:

Tabela 58: Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 750 Bytes, cat5e a 1000 MHZ

0,168	0,146	0,148	0,155	0,150	0,128	0,148	0,145	0,149	0,144
0,123	0,142	0,146	0,149	0,145	0,147	0,168	0,146	0,162	0,148
0,143	0,157	0,145	0,143	0,166	0,144	0,150	0,144	0,152	0,150

Modelo de Tratamento XXXXXI:

Tabela 59: Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 900 Bytes, cat5e a 1000 MHZ

0,153	0,153	0,150	0,151	0,154	0,149	0,154	0,153	0,152	0,129
0,156	0,152	0,153	0,152	0,151	0,153	0,195	0,158	0,150	0,168
0,151	0,154	0,155	0,152	0,155	0,163	0,157	0,152	0,150	0,155

Modelo de Tratamento XXXXXII:

Tabela 60: Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 1100 Bytes, cat5e a 1000 MHZ

0,165	0,175	0,160	0,161	0,160	0,161	0,147	0,167	0,188	0,181
0,162	0,138	0,164	0,155	0,164	0,162	0,156	0,163	0,155	0,161
0,161	0,158	0,160	0,155	0,164	0,163	0,158	0,159	0,157	0,159

Modelo de Tratamento XXXXXIII:

Tabela 61: Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 1300 Bytes, cat5e a 1000 MHZ

0,194	0,171	0,171	0,167	0,168	0,146	0,171	0,169	0,174	0,169
0,147	0,174	0,168	0,173	0,170	0,168	0,170	0,169	0,179	0,183
0,170	0,174	0,168	0,179	0,171	0,214	0,177	0,179	0,170	0,171

Modelo de Tratamento XXXXXIV:

Tabela 62: Tempo de Propagação do Datagrama IPv6 de 1500 Bytes, cat5e a 1000 MHZ

0,207	0,201	0,195	0,201	0,202	0,195	0,223	0,203	0,213	0,208
0,207	0,189	0,199	0,192	0,261	0,211	0,197	0,194	0,196	0,171
0,205	0,190	0,198	0,193	0,176	0,203	0,204	0,216	0,209	0,203

Modelo de Tratamento XXXXXV:

Tabela 63: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 64 Bytes, cat6 a 1000 MHZ

0,125	0,109	0,111	0,108	0,110	0,113	0,107	0,103	0,105	0,143
0,113	0,107	0,108	0,103	0,108	0,104	0,106	0,104	0,107	0,106
0,105	0,104	0,102	0,104	0,109	0,107	0,108	0,102	0,104	0,105

Modelo de Tratamento XXXXXVI:

Tabela 64: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 200 Bytes, cat6 a 1000 MHZ

0,146	0,130	0,124	0,126	0,126	0,114	0,125	0,126	0,122	0,125
0,120	0,125	0,123	0,123	0,121	0,149	0,136	0,129	0,137	0,122
0,150	0,121	0,121	0,127	0,120	0,128	0,123	0,124	0,126	0,128

Modelo de Tratamento XXXXXVII:

Tabela 65: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 400 Bytes, cat6 a 1000 MHZ

0,127	0,132	0,126	0,129	0,124	0,108	0,125	0,128	0,131	0,121
0,125	0,127	0,127	0,126	0,125	0,123	0,123	0,126	0,146	0,123
0,171	0,133	0,125	0,127	0,124	0,122	0,128	0,124	0,127	0,126

Modelo de Tratamento XXXXXVIII:

Tabela 66: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 600 Bytes, cat6 a 1000 MHZ

0,139	0,134	0,133	0,139	0,128	0,118	0,149	0,136	0,134	0,136
0,129	0,137	0,135	0,151	0,138	0,136	0,135	0,134	0,136	0,136
0,131	0,137	0,135	0,136	0,130	0,134	0,132	0,137	0,134	0,132

Modelo de Tratamento XXXXXIX:

Tabela 67: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 750 Bytes, cat6 a 1000 MHZ

0,155	0,138	0,143	0,148	0,140	0,141	0,139	0,149	0,138	0,143
0,139	0,139	0,144	0,136	0,141	0,137	0,136	0,148	0,138	0,139
0,140	0,140	0,197	0,146	0,145	0,139	0,136	0,129	0,138	0,140

Modelo de Tratamento XXXXXX:

Tabela 68: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 900 Bytes, cat6 a 1000 MHZ

0,154	0,149	0,149	0,152	0,170	0,156	0,149	0,147	0,150	0,151
0,153	0,160	0,149	0,149	0,153	0,154	0,148	0,150	0,149	0,148
0,155	0,152	0,148	0,150	0,150	0,154	0,152	0,152	0,136	0,171

Modelo de Tratamento XXXXXXI:

Tabela 69: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 1100 Bytes, cat6 a 1000 MHZ

0,190	0,163	0,162	0,158	0,160	0,156	0,157	0,158	0,158	0,157
0,163	0,158	0,162	0,157	0,161	0,163	0,160	0,161	0,158	0,155
0,161	0,162	0,177	0,165	0,157	0,164	0,143	0,16	0,163	0,162

Modelo de Tratamento XXXXXXII:

Tabela 70: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 1300 Bytes, cat6 a 1000 MHZ

0,172	0,168	0,166	0,172	0,17	0,176	0,168	0,171	0,166	0,168
0,175	0,166	0,169	0,173	0,187	0,174	0,171	0,167	0,174	0,172
0,174	0,169	0,168	0,156	0,168	0,178	0,17	0,173	0,185	0,174

Modelo de Tratamento XXXXXXIII:

Tabela 71: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 1500 Bytes, cat6 a 1000 MHZ

0,186	0,179	0,183	0,181	0,183	0,181	0,185	0,184	0,182	0,179
0,181	0,185	0,184	0,186	0,181	0,238	0,191	0,187	0,181	0,180
0,181	0,184	0,182	0,180	0,182	0,181	0,181	0,189	0,182	0,179

Modelo de Tratamento XXXXXXIV:

Tabela 72: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 64 Bytes, cat5e a 1000 MHZ

0,127	0,107	0,106	0,105	0,102	0,095	0,106	0,105	0,102	0,102
0,109	0,105	0,103	0,105	0,105	0,107	0,103	0,106	0,120	0,108
0,110	0,104	0,104	0,152	0,108	0,112	0,111	0,106	0,106	0,114

Modelo de Tratamento XXXXXXV:

Tabela 73: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 200 Bytes, cat5e a 1000 MHZ

0,312	0,156	0,152	0,153	0,170	0,154	0,176	0,149	0,150	0,149
0,149	0,161	0,146	0,154	0,149	0,149	0,152	0,152	0,150	0,153
0,151	0,146	0,148	0,148	0,151	0,150	0,148	0,149	0,149	0,173

Modelo de Tratamento XXXXXXVI:

Tabela 74: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 400 Bytes, cat5e a 1000 MHZ

0,132	0,174	0,134	0,125	0,128	0,117	0,122	0,130	0,123	0,127
0,126	0,123	0,128	0,123	0,126	0,125	0,125	0,123	0,124	0,123
0,124	0,125	0,127	0,126	0,122	0,136	0,172	0,129	0,128	0,125

Modelo de Tratamento XXXXXXVII:

Tabela 75: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 600 Bytes, cat5e a 1000 MHZ

0,136	0,132	0,136	0,135	0,136	0,135	0,135	0,144	0,136	0,135
0,140	0,135	0,131	0,133	0,138	0,134	0,133	0,130	0,183	0,141
0,139	0,135	0,134	0,137	0,135	0,149	0,132	0,133	0,118	0,137

Modelo de Tratamento XXXXXXVIII:

Tabela 76: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 750 Bytes, cat5e a 1000 MHZ

0,157	0,139	0,145	0,140	0,145	0,162	0,143	0,149	0,144	0,129
0,146	0,141	0,143	0,138	0,139	0,146	0,141	0,141	0,148	0,143
0,164	0,138	0,145	0,142	0,140	0,147	0,141	0,143	0,140	0,141

Modelo de Tratamento XXXXXXIX:

Tabela 77: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 900 Bytes, cat5e a 1000 MHZ

0,172	0,151	0,151	0,153	0,151	0,148	0,152	0,149	0,171	0,151
0,150	0,151	0,151	0,152	0,146	0,151	0,154	0,149	0,153	0,149
0,145	0,158	0,135	0,152	0,152	0,150	0,176	0,149	0,153	0,148

Modelo de Tratamento XXXXXXX:

Tabela 78: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 1100 Bytes, cat5e a 1000 MHZ

0,176	0,160	0,162	0,158	0,156	0,159	0,161	0,158	0,161	0,159
0,160	0,163	0,160	0,159	0,158	0,163	0,160	0,160	0,163	0,157
0,151	0,164	0,161	0,158	0,173	0,212	0,163	0,162	0,161	0,159

Modelo de Tratamento XXXXXXXXI:

Tabela 79: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 1300 Bytes, cat5e a 1000 MHZ

0,188	0,166	0,169	0,171	0,173	0,169	0,169	0,166	0,154	0,186
0,173	0,174	0,168	0,166	0,171	0,173	0,167	0,167	0,164	0,167
0,173	0,163	0,172	0,165	0,168	0,173	0,173	0,167	0,166	0,169

Modelo de Tratamento XXXXXXXXII:

Tabela 80: Tempo de Propagação do Datagrama IPv4 de 1500 Bytes, cat5e a 1000 MHZ

0,205	0,183	0,190	0,182	0,185	0,170	0,187	0,188	0,183	0,186
0,181	0,185	0,182	0,181	0,179	0,186	0,188	0,182	0,182	0,180
0,235	0,194	0,183	0,183	0,179	0,187	0,187	0,183	0,180	0,180

Médias:

Tabela 81: Média de todos os Modelo de Tratamentos

0,133	0,179	0,199	0,237	0,263	0,289	0,331	0,370	0,408	0,133
0,156	0,196	0,236	0,264	0,290	0,332	0,370	0,419	0,125	0,155
0,194	0,233	0,259	0,286	0,323	0,367	0,406	0,126	0,211	0,194
0,286	0,272	0,286	0,326	0,363	0,403	0,120	0,127	0,194	0,237
0,150	0,151	0,165	0,169	0,201	0,115	0,117	0,126	0,140	0,148
0,164	0,161	0,172	0,202	0,108	0,127	0,128	0,135	0,142	0,152
0,161	0,171	0,184	0,109	0,158	0,129	0,137	0,144	0,152	0,163
0,170	0,185								

Desvio Padrão:

Tabela 82 : Desvio Padrão de todos os Modelo de Tratamentos:

0,365	0,423	0,446	0,487	0,513	0,538	0,575	0,608	0,639	0,365
0,395	0,443	0,486	0,514	0,539	0,576	0,608	0,647	0,354	0,394
0,440	0,483	0,509	0,535	0,568	0,606	0,637	0,355	0,459	0,440
0,535	0,522	0,535	0,571	0,602	0,635	0,346	0,356	0,440	0,487
0,387	0,389	0,406	0,411	0,448	0,339	0,342	0,355	0,374	0,385
0,405	0,401	0,415	0,449	0,329	0,356	0,358	0,367	0,377	0,390
0,401	0,414	0,429	0,330	0,397	0,359	0,370	0,379	0,390	0,404
0,412	0,430								