

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC CURSO DE  
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**SILVIO DE OLIVEIRA CARLOS**

**ANÁLISE DE DESEMPENHO DOS PROTOCOLOS IPV4 E IPV6:  
ESTUDO DE CASO COM AS MÉTRICAS LARGURA DE BANDA E  
LATÊNCIA**

**CRICIÚMA, JULHO DE 2011**

**SILVIO DE OLIVEIRA CARLOS**

**ANÁLISE DE DESEMPENHO DOS PROTOCOLOS IPV4 E IPV6:  
ESTUDO DE CASO COM AS MÉTRICAS LARGURA DE BANDA E  
LATÊNCIA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado para obtenção do Grau de  
Bacharel em Ciência da Computação da  
Universidade do Extremo Sul Catarinense.

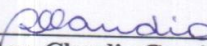
Orientador: Prof. MSc. Paulo João  
Martins.

**CRICIÚMA, JULHO DE 2011**


**SILVIO DE OLIVEIRA CARLOS**

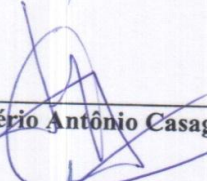
**Análise de Desempenho dos Protocolos IPv4 e IPv6: Estudo de Caso com  
as Métricas Largura de Banda e Latência**

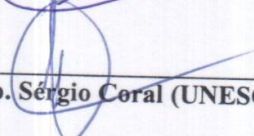
Submetido ao corpo docente do Curso de Ciência da Computação da  
Universidade do Extremo Sul Catarinense como um dos requisitos para obtenção do grau  
de Bacharel em Ciência da Computação.

  
\_\_\_\_\_  
**Profa. MSc. Ana Claudia Garcia Barbosa**  
Coordenadora do Curso de Ciência da Computação

Banca Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. MSc. Paulo João Martins (UNESC)**  
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. MSc. Rogério Antônio Casagrande (UNESC)**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Esp. Sérgio Coral (UNESC)**

*Aos meus pais Martinho e Sandra, e também  
aos demais familiares pela compreensão,  
paciência e apoio a mim oferecidos!*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus por todo o que ele fez até hoje e ainda fará por mim.

Aos meus pais, pois sem eles nada disso poderia ter sido realizado, sem eles eu não seria a pessoa que me tornei, eles são a fonte de minha inspiração, pai e mãe, amo vocês eternamente, e muito mais muito obrigado por tudo!

Agradeço ao meu orientador, que com grande paciência apesar dos nossos choques de horários, conseguimos cumprir as metas do trabalho. E da Ihe Grêmio!

Meus colegas e grandes amigos também são grandes responsáveis por essa felicidade, tanto colegas de trabalho, de sala de aula, quanto de residência como: Leonardo, Diego, Gabriel, Eduardo, Adinan, Felipe e Leandro entre outros.

Tive que me privar de certas coisas que aprendi com o tempo aprendi a dar valor, coisas como tomar chimarrão com familiares outras como jogar futebol no final de semana, e agradeço a todos que fizeram parte dessa longa caminhada, pois tiveram paciência para me aguentar todo esse tempo.

Também não posso esquecer-me de agradecer a uma verdadeira amiga, companheira, que me aturou sempre, teve paciência, sempre ao meu lado me apoiando me apoiando e entendendo. Muito obrigado Luana por tudo que você representa na minha vida.

Também não posso esquecer minha irmã Daiane amada, meu irmão Adriano, meu sobrinho Gabriel e cunha Gilnei para os íntimos Nei, pois sem eles não teria chegado ao meu objetivo, e jamais teria forças para seguir caminhando.

E obrigado a todos que me ajudaram nessa caminhada e nessa alegria!

## RESUMO

O crescimento acelerado da Internet e inúmeros outros fatores, como a falta de endereçamento IP e a falta de segurança do protocolo antigo - Internet Protocol version 4 (IPv4), fizeram com que a Internet Engineering Task Force (IETF) trabalhasse na criação de um novo protocolo que passou a ser conhecido como Internet Protocol version 6 (IPv6), com novas funcionalidades e novos recursos, capazes de satisfazerem inúmeras exigências da IETF. Este trabalho tem como objetivo apresentar características dos protocolos IP, visando o conhecimento dos benefícios do novo protocolo em relação à versão 4 que atualmente é a mais utilizada. Neste estudo, busca-se apresentar as principais características de cada protocolo bem como a comparação entre eles e algumas das melhorias que um protocolo tem sobre o outro, além de demonstrar, por meio de testes, o desempenho de cada um dos protocolos.

**Palavras-chaves:** IETF; Internet; Protocolo.

## **ABSTRACT**

The growth of the Internet and numerous other factors such as lack of IP addresses and lack of security from the old protocol - Internet Protocol version 4 (IPv4), caused the Internet Engineering Task Force (IETF) worked on creating a new protocol which became known as Internet Protocol version 6 (IPv6), with new features and new capabilities, able to meet numerous requirements of the IETF. This paper aims to present characteristics of IP, in order to know the benefits of the new protocol compared to version 4 which is currently the most used. In this study, we seek to present the main characteristics of each protocol and the comparison between them and some of the improvements that a protocol has on the other, and demonstrate, through testing, the performance of each of the protocols.

**Key-words:** IETF; Internet; Protocol.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Modelo de referência do modelo TCP/IP.....	22
Figura 2. Cabeçalho do protocolo IPv4.....	25
Figura 3. Cabeçalho do IPv6.....	32
Figura 4. Bandwidth gerado com a ferramenta JPERF.....	42
Figura 5. Jitter gerado com a ferramenta JPERF.....	43
Figura 6. Rede IPv4 ponto a ponto.....	47
Figura 7. Rede IPv6 ponto a ponto.....	48
Figura 8. Rede IPv4 multiponto.....	49
Figura 9. Rede IPv6 multiponto.....	50
Figura 10. Iperf sendo executado como servidor.....	52
Figura 11. Visualização do Jperf.....	53
Figura 12. Teste de Largura de Banda sem Tráfego na Rede.....	56
Figura 13. Teste de Latência sem Tráfego na Rede.....	56
Figura 14. Teste de Largura de Banda com Tráfego na Rede.....	57
Figura 15. Teste de Latência com Tráfego na Rede.....	58

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. O espaço de endereçamento IPv6, dividido em format prefix.....	35
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARIN	American Registry for Internet Numbers
ARPANET	Advanced Research Projects Agency Network
FP	Format Prefix
FTP	File Transfer Protocol
GAN	Global Area Networks
Gbps	Gigabit por Segundo
GPL	General Public License
IETF	Internet Engineering Task Force
IANA	Internet Assigned Numbers Authority
IP	Internet Protocol
IPSec	Internet Protocol Security
IPv4	Internet Protocol versão 4
IPv6	Internet Protocol versão 6
Kbps	Kilobits por Segundo
LAN	Local Area Network
MAN	Metropolitan Area Network
Mbps	Megabits por Segundo
NIC.BR	Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto <i>BR</i>
RFC	Request for Comments
RTT	Round-Trip Time
TCP	Transmission Control Protocol
TTL	Time to Live
UDP	User Datagram Protocol

UNESC

Universidade do Extremo Sul Caratinense

WAN

Wide Area Networks

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1 OBJETIVO GERAL.....	16
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.3 JUSTIFICATIVA.....	17
1.4 TÓPICOS DO TRABALHO .....	18
<b>2 REDES DE COMPUTADORES .....</b>	<b>20</b>
2.1 TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL/INTERNET PROTOCOL (TCP/IP).....	21
2.2 INTERNET PROTOCOL VERSION 4 (IPV4) .....	22
2.3 INTERNET PROTOCOL VERSION 6 (IPV6) .....	23
<b>3 INTERNET PROTOCOL VERSION 4 (IPV4) .....</b>	<b>24</b>
3.1 FORMATO DO CABEÇALHO DO IPV4.....	24
3.2 ENDEREÇAMENTO IPV4.....	26
<b>3.2.1 Classe A .....</b>	<b>27</b>
<b>3.2.2 Classe B .....</b>	<b>27</b>
<b>3.2.3 Classe C .....</b>	<b>28</b>
3.3 ROTEAMENTO .....	28
3.4 QUANDO O IPV4 VAI ACABAR. ....	29
<b>4 INTERNET PROTOCOL VERSION 6 (IPV6).....</b>	<b>31</b>
4.1 FORMATO DO CABEÇALHO DO IPV6.....	31
4.2 ENDEREÇAMENTO DO IPV6.....	34
4.3 ROTEAMENTO DO IPV6 .....	36
<b>5. INTERNET PROTOCOL VERSION 4 VS INTERNET PROTOCOL VERSION 6.....</b>	<b>38</b>
5.1 TRANSPORTE DE ENDEREÇOS IPV4 NO IPV6.....	38
5.2 INTEROPERAÇÃO IPV4 E IPV6.....	38
5.3 O EFEITO SOBRE OUTROS PROTOCOLOS .....	39

5.4 TÉCNICAS DE TRANSIÇÃO .....	39
5.5 REQUISITOS PARA O NOVO PROTOCOLO .....	40
5.6 DESEMPENHO DOS PROTOCOLOS IPV4 E IPV6 .....	41
<b>5.6.1 Largura de Banda .....</b>	<b>41</b>
<b>5.6.2 Latência .....</b>	<b>42</b>
<b>6 TRABALHOS CORRELATOS.....</b>	<b>44</b>
6.1 ESTUDOS COMPARATIVOS E ANÁLISE DE DESEMPENHO ENTRE OS PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO IPV4 E IPV6. ....	44
6.2 O PROTOCOLO IPv6 E SUA TRANSIÇÃO .....	44
6.3 ESTUDO DA TRANSIÇÃO ENTRE PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO IPV4 E IPV6. ....	45
<b>7 AMBIENTE DE TESTE .....</b>	<b>46</b>
7.1 EQUIPAMENTOS NECESSARIOS PARA TESTES .....	46
7.2 PROCESSO DE AVALIAÇÃO .....	47
7.3 IPERF .....	50
<b>7.3.1 Instalação do Iperf .....</b>	<b>51</b>
7.4 JPERF .....	52
<b>7.4.1 Instalação do Jperf .....</b>	<b>53</b>
<b>8 TESTES.....</b>	<b>54</b>
8.1 COMO FOI REALIZADO OS TESTES.....	54
8.2 MEDINDO A LARGURA DE BANDA.....	55
8.3 MEDINDO A LATÊNCIA DOS PROTOCOLOS.....	57
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXO A – TESTE DE LARGURA DE BANDA IPV4, SEM TRÁFEGO NA REDE.....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO B – TESTE DE LARGURA DE BANDA IPV6, SEM TRÁFEGO NA REDE.....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO C – TESTE DE LARGURA DE BANDA IPV4, COM TRÁFEGO NA REDE .....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXO D – TESTE DE LARGURA DE BANDA IPV4, COM TRÁFEGO NA REDE .....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXO E – TESTE DE LATÊNCIA DO IPV4, SEM TRÁFEGO NA REDE .....</b>	<b>64</b>

<b>ANEXO F – TESTE DE LATÊNCIA DO IPV6, SEM TRÁFEGO NA REDE .....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXO G – TESTE DE LATÊNCIA IPV4, COM TRÁFEGO NA REDE .....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXO H – TESTE DE LATÊNCIA IPV6, COM TRÁFEGO NA REDE .....</b>	<b>64</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>65</b>
<b>BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR.....</b>	<b>67</b>
<b>APENDICE A.....</b>	<b>68</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A ARPANET era uma rede de pesquisa que foi criada pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos. Aos poucos, várias universidades e repartições públicas foram sendo conectadas a ela. Quando as redes de rádio e satélite foram criadas, começaram a surgir problemas com os protocolos então existentes, o que necessitou a criação de novas arquiteturas, cujo objetivo principal era conectar várias redes ao mesmo tempo. Essa arquitetura passou a ser conhecida como o Modelo de Referência Transmission Control Protocol/Internet Protocol - TCP/IP (TANENBAUM,1997).

Nos anos 80, o IPv4 passou a ser um dos protocolos mais utilizados, por se tratar de um projeto flexível e poderoso, pois que conciliava as constantes mudanças na tecnologia. O protocolo IPv4 é o mecanismo que se responsabiliza pela comunicação com a pilha TCP/IP(COMER, 1998).

O projeto IPV4, apesar de ser flexível e poderoso, não foi desenvolvido para dar suporte à segurança em uma rede de computadores, e tão pouco para suportar o aumento acelerado da utilização da Internet, ocasionando assim uma falta de endereçamento do IP. Não só a necessidade de fornecer segurança para as informações que trafegam pela rede como também a disponibilidade para serviços em tempo real, foram os motivos pelos quais o IETF, órgão responsável pela elaboração das especificações do protocolo IPv4, tivesse suas atenções voltadas para um novo protocolo de comunicação capaz de resolver tais problemas (PETERSON, DAVIE, 2004).

A partir desta análise, nos anos 90, um novo protocolo passou a ser desenvolvido, o então chamado IPv6. O mesmo é a nova versão do IP, projetado

para ser o sucessor do protocolo que está sendo utilizado atualmente na maior parte das redes de computadores. Os projetistas buscaram manter seus aspectos fortes e reformular suas deficiências. Foram consideradas inúmeras propostas para o novo protocolo (COMER, 1998). Conseqüentemente, ele traz novas funcionalidades, tais como suporte nativo à segurança, endereçamento de 128 bits e formato de cabeçalho simplificado, o que indica uma grande evolução do protocolo atual.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Este será de comparar o protocolo IPv6 em relação ao protocolo IPv4, baseado em avaliação de desempenho. Mais especificamente, descrever as características de cada um dos protocolos de comunicação e também as vantagens e desvantagens de cada um dos dois protocolos.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Descrever as características do protocolo de comunicação IPV4;
- b) Descrever as características do protocolo de comunicação IPV6;
- c) Descrever as vantagens e desvantagem dos protocolos;
- d) Avaliar ferramenta para análise de desempenho;
- e) Documentar as avaliações de ambos os protocolos de comunicação;
- f) Avaliar o desempenho dos protocolos IPV4 e IPV6;
- g) Efetuar comparativo entro os protocolos.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

A especificação IPv6 original, agora já possuiu um bom tempo de existência no mercado. Os sistemas operacionais de *host* já são capazes de usar o protocolo e os principais fornecedores de equipamentos roteador oferecem vários graus de suporte para IPV6 em seus produtos. Mesmo assim, a implantação do IPV6 na Internet, ainda não havia sido iniciada de modo significativo (PETERSON, DAVIE, 2004).

Embora a versão corrente do IP esteja funcionando bem, o crescimento considerável da Internet significa que o espaço de endereçamento de 32 bits logo se esgotará. A nova versão de IP usa 128 bits para representar cada endereço. O novo espaço de endereçamento é tão grande que ele não será esgotado em muitas décadas (COMMER, 2001).

O IPv6 possui muito dos conceitos do IPv4, mas com diferença em alguns detalhes. Por exemplo, ambos protocolos fornecem um serviço sem conexão no qual computadores trocam datagramas; porém, difere de um datagrama do protocolo de versão 4, em que possui um cabeçalho para todas as funções, o protocolo de versão 6 define-as separadamente.

Por esse e outros motivos relatar-se-á sobre cada um dos protocolos, levantando suas vantagens e desvantagens, demonstrando não só os aspectos positivos, como também suas modificações, e para comprová-los serão realizados testes, relatos e documentos.

O estudo desse novo protocolo torna-se de grande importância para um administrador de uma rede, tanto pela eficiência que o IPV6 vem trazendo, quanto pela segurança, confiabilidade e desempenho além de mais alguns fatores que

serão relatados no decorrer do trabalho. Também, se fará relato sobre a possível integração entre os dois protocolos para que as empresas possam se atualizar conforme suas necessidades.

#### 1.4 TÓPICOS DO TRABALHO

No Capítulo 2, fará uma apresentação das Redes de Computadores e um breve conceito sobre protocolo TCP/IP, IPv4 e IPv6.

O protocolo de comunicação IPv4 irá ser melhor explicado no Capítulo 3, com suas características e seu funcionamento.

No Capítulo 4, será detalhado e explicado as características e o funcionamento do protocolo IPv6 bem como os aspectos que o tornaram o sucessor, e suas principais características.

No Capítulo 5, trará aspectos de integração entre os protocolos IPv4 e IPv6, também terá uma breve descrição das técnicas de transição entre os mesmo, também trará um relato sobre desempenho bem como seus dois de seus fatores, largura de banda e latência.

No Capítulo 6, conterà trabalhos correlatos com um breve resumo sobre cada um e seus respectivos autores.

Já no Capítulo 7, serão demonstrados os ambientes de testes, suas arquiteturas de rede, e como serão realizados os testes e também as ferramentas utilizadas para a avaliação dos protocolos.

No Capítulo 8, irão ser avaliados os dois protocolos, com resultados obtidos por meio de testes da pesquisa e também um comparativo entre ambos, e a possibilidade de integração entre eles.

Por fim a conclusão, onde serão demonstrados os resultados obtidos na avaliação, as dificuldades no trabalho encontradas durante o desenvolvimento do trabalho e as vantagens e desvantagens de um e de outro protocolo.

## 2 REDES DE COMPUTADORES

Redes de computadores são estruturas físicas (equipamentos) e lógicas (programas, protocolos) que permitem que dois ou mais computadores possam compartilhar suas informações entre si.

Quando um computador está conectado nela, ele pode ter acesso às informações que chegam a ele e às informações presentes nos outros computadores ligados a ele, na mesma, o que permite um número muito maior de informações possíveis para acesso por intermédio do computador.

Elas podem ser classificadas como:

- a) Local Area Network (LAN): as LAN's são pequenas, a maioria de uso privado, que interligamos nós dentro de pequenas distâncias. São muito utilizadas para a conexão de computadores pessoais e estações de trabalho, permitindo o compartilhamento de recursos e informações;
- b) Wide Area Networks (WAN): geograficamente distribuídas, são formadas por grandes áreas geográficas que abrangem países e continentes. São formadas por um conjunto de *hosts*, conectados por intermédio de uma sub-rede. Esses *hosts* são computadores pessoais e a sub-rede é formada por operadoras telefônicas e provedoras de Internet;
- c) Metropolitan Area Network (MAN): redes metropolitanas é praticamente uma versão ampliada das LAN, pois utilizam tecnologias semelhantes. Elas podem ser formadas por escritórios vizinhos ou abranger uma cidade inteira sendo ou redes públicas ou redes privadas. Um bom exemplo de uma MAN são as redes de TV e Internet a cabo,

que existem na maioria das grandes cidades. As elas são inferiores as LAN em capacidade de transmissão, isso é devido aos dispositivos de conexão utilizados e a distância entre os nós;

d) Global Area Network (GAN): são usadas principalmente por multinacionais, que devido a sua extensão global necessita de uma rede privada de grandes extensões.

## 2.1 TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL/INTERNET PROTOCOL (TCP/IP)

O TCP/IP é um conjunto de protocolos de comunicação entre computadores em rede, por exemplo, TCP, IP, FTP. Todas as informações que trafegam na rede necessitam desse protocolo, por isso ele é utilizado como protocolo primário da rede na Internet (HAYDEN).

O motivo pelo qual o TCP/IP teve sucesso, não vem da popularidade da Internet, pois mesmo antes da explosão da Internet, o TCP/IP estava ganhando conhecimento e popularidade entre profissionais responsáveis pela parte de redes de computadores. O motivo pelo qual ganhou popularidade foi o fato de ser um padrão aberto, livre do controle de uma empresa(HAYDEN).

O conjunto de protocolos pode ser visto como um modelo de camadas, onde cada camada é responsável por um grupo de tarefas, fornecendo um conjunto de serviços bem definidos, para o protocolo da camada superior, onde essas camadas são:

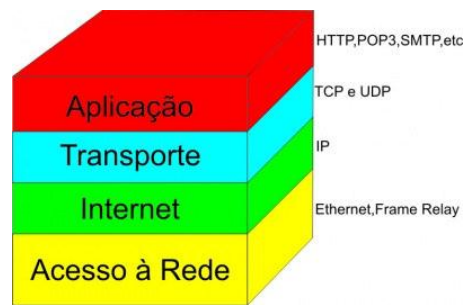


Figura 1. Modelo de referência do modelo TCP/IP.  
Fonte: Torres, G; LIMA, C. (2007)

- a) Aplicação: Define os protocolos de aplicativos TCP/IP e como os programas host estabelecem uma interface com os serviços de camada de transporte para usar a rede;
- b) Transporte: Fornece gerenciamento de sessão de comunicação entre computadores host. Define o nível de serviço e o status da conexão usada durante o transporte de dados;
- c) Internet: essa camada é a responsável pelo roteamento dos pacotes entre os *hosts*, tem por função encontrar o caminho mais curto e confiável entre os computadores. Em nível de redes especificamente é a que se responsabiliza na entrega dos datagramas no destino certo;
- d) Enlace (acesso a rede): próprio meio físico da rede. Assim, qualquer comunicação entre computadores deverão passar por a mesma. Nessa camada estão incluídos todos os dispositivos de hardware usado em comunicação em. (TANENBAUM, 1997).

## 2.2 INTERNET PROTOCOL VERSION 4 (IPV4)

Há alguns anos, nascia o protocolo IP e, com ele, também o embrião da

Internet. O IP versão 4 é o que está em uso atualmente. O sucesso desse protocolo de comunicação é indiscutível. Basta ver o ritmo de crescimento do mesmo nos últimos anos.

No início de 1994 uma estimativa dizia que ele era composto por cerca de 40 mil redes. Em 1996 já eram 100 mil redes e a taxa de crescimento pareciam duplicar o número de redes a cada ano.

### 2.3 INTERNET PROTOCOL VERSION 6 (IPV6)

O protocolo de comunicação IPv6 tido como sucessor do IPv4, que surgiu no final da década de 1970 e ainda é usado até hoje , o principal motivo para atualização do IP foi a limitação no espaço de endereços, além do maior numero de endereçamento o novo protocolo incorporou outras melhorias e funcionalidades. Apesar de muitas semelhanças conceituais entre os dois protocolos, o IPv6 altera parte dos detalhes. Os projetistas aproveitaram a oportunidade para ajustar e ampliar aspectos do protocolo antigo com base na experiência operacional acumulada.

### 3 INTERNET PROTOCOL VERSION 4 (IPV4)

Nos anos 80, o IPv4 passou a ser um dos protocolos mais utilizados, por se tratar de um projeto flexível e poderoso, tanto que conciliava as constantes mudanças na tecnologia (COMER, 1998). Esse protocolo é o mecanismo que se responsabiliza pela comunicação com a pilha TCP/IP.

É um protocolo para a entrega universal dos dados via rede, onde os mesmos são empacotados em datagramas, cujo objetivo é compreender algumas informações de controle e também os payload de dados a serem entregues (FARREL, 2005).

O projeto não foi criado para dar suporte à segurança de uma rede, e tão pouco para suportar o aumento acelerado no crescimento da utilização da Internet. A falta de endereçamento IP em um futuro próximo, juntamente com a necessidade de fornecer segurança para as informações que trafegam pelo mundo virtual e a disponibilidade para serviços em tempo real, fez com que o IETF, órgão responsável pela elaboração das especificações desse protocolo, tivesse suas atenções voltadas para um novo protocolo de comunicação capaz de resolver os problemas do protocolo atual (PETERSON, DAVIE, 2004).

#### 3.1 FORMATO DO CABEÇALHO DO IPV4

O cabeçalho IP segue uma ordem de representação de bits. Nesta notação o bit de mais alta ordem está à esquerda do octeto. Abaixo vejamos a estrutura do cabeçalho bem como suas respectivas funções:

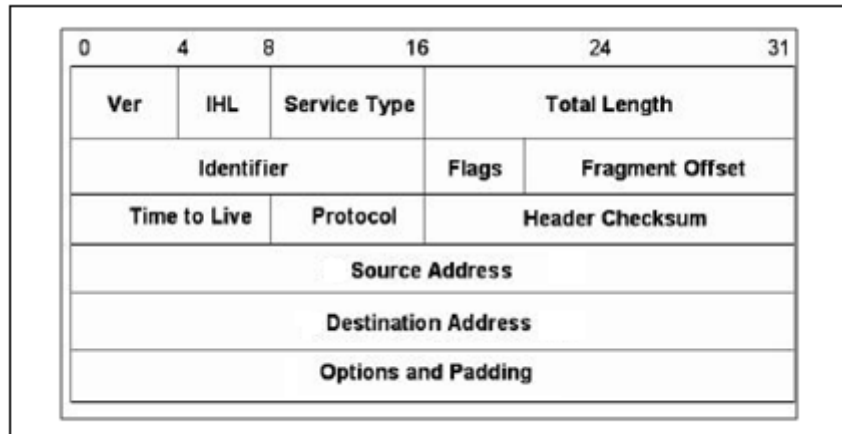


Figura 2. Cabeçalho do protocolo IPv4.  
 Fonte: Deering, S; Hinden, R. (1998)

- a) Version (4 bits): versão do protocolo IP que foi usada para criação o cabeçalho;
- b) IHL (4 bits): tamanho do cabeçalho, medido em palavras de 32bits;
- c) Service Type (8 bits): Especifica a precedência, e as características do caminho desejado;
- d) Total Length (16 bits): define o tamanho do datagrama IP, cabeçalho mais os dados;
- e) Identifier (16 bits): identifica os datagramas para permitir a correta remontagem dos fragmentos;
- f) Flags (3 bits): utilizado no controle da fragmentação, indicando se o datagrama pode ou não ser fragmentado e se houve ou não fragmentação;
- g) Fragment Offset (13 bits): indica a posição desse fragmento do datagrama em relação ao original;
- h) Time to Live – TTL (8 bits): indica por quanto tempo, em segundos, ele tem permissão para permanecer no sistema da Internet, na prática, esse valor é decrementado de 1 em cada roteador no caminho. Quando esse

valor atinge 0 (zero), é descartado e o roteador envia uma mensagem de erro à origem;

i) Protocol (8 bits): identifica o protocolo de transporte que está utilizando os serviços da camada de IP;

j) Header Checksum (16 bits): garante a integridade dos valores de cabeçalho;

k) Source Address (32 bits): endereço da origem;

l) Destination Address (32 bits): endereço do destino;

m) Options e Padding (variáveis): não são necessárias, as opções são incluídas principalmente para teste ou depuração da rede e servem para que o cabeçalho IP tenha tamanho múltiplo de 32 bits.

### 3.2 ENDEREÇAMENTO IPV4

As máquinas atualmente interligadas por meio da Internet têm endereços que as identificam de forma única. Estes endereços são compostos por 32 bits. Os primeiros bits são usados para identificar a rede onde a máquina se encontra e o restante é usado para identificar a própria máquina na rede. Por exemplo, no endereço 164.41.14.1, os dígitos 164.41 identificam a rede, enquanto os dígitos 14.1 identificam a máquina na rede.

Para melhorar a sua distribuição, os endereços foram agrupados em classes. Cada uma utiliza um número diferente de bytes para identificar a rede (A - 1 byte, B - 2 bytes e C - 3 bytes). O número restante de bytes é usado para identificar a máquina na rede. Na realidade, em qualquer uma delas, o primeiro byte não é integralmente usado para identificar a rede, pois parte do byte é usada

para identificar a classe à qual o endereço pertence.

Com esta divisão é possível endereçar uma quantidade razoável de redes. O problema, entretanto, ocorre devido à grande demanda por endereços classe B que por sua vez se deve ao fato de que o número total de máquinas que podem ser interligadas em uma rede classe C é relativamente pequeno.

### 3.2.1 Classe A

Os endereços de classe A, possuem 16.777.216 endereços. Eles usam 24 dos 32 bits do espaço de endereçamento, lidos da esquerda para a direita. Onde ele tem a seguinte aparência:

X.0.0.0

Onde o *X* é um valor entre 0 e 126 e sempre começa com binário, e todos os outros números representados pelo 0, pode ser compreendido entre 0 e 255 (HAYDEN).

### 3.2.2 Classe B

A classe B, por sua vez oferece 16 milhões de endereços de IP, e possui um total de 65.536 IP por rede. Um endereço de classe B possui a seguinte aparência:

X.X.0.0

Onde os *Xs*, são fixos, variando de 0 a 255. Como ele usa metade de seu espaço de endereçamento para identificar a rede, sobra a outra metade que

seriam os 0 para identificar os *hosts* (HAYDEN).

### 3.2.3 Classe C

De acordo com Comer, a classe C coloca o limite entre o terceiro e o quarto octetos.

E eles são representados como:

X.X.X.0

Os *Xs*, são compreendidos entre 0 e 255, e são fixos. E o 0 é o identificador do *host*(HAYDEN) .

## 3.3 ROTEAMENTO

O modelo TCP/IP trabalha com quatro camadas, uma delas é a camada de rede que é responsável pelo procedimento de roteamento e também de como ir de um *host* para o outro. Essa camada poderia também se chamar camada IP, pois é onde os endereços IP são utilizados e rotados (NORTHCUTT, NOVAK, MCLACHLAN, 2001).

O percurso que um datagrama percorre em uma rede, é chamado de rota. O roteamento pode ser classificado em dois tipos: encaminhamento direto e encaminhamento indireto.

O encaminhamento direto ocorre quando a origem e o destino de um datagrama pertencem à mesma rede.

O encaminhamento indireto ocorre quando o destino do datagrama não

pertence à mesma rede. Desta forma, a origem envia o mesmo para um roteador com o endereço IP do destino. O roteador verifica se existe algum *host* conectado na sua sub-rede com este endereço IP e, caso o encontre, encaminha o diretamente para este *host*. Do contrário, consulta a sua tabela de roteamento e envia o datagrama para o próximo roteador, que fará o mesmo processo de verificação até que ele possa ser entregue diretamente ao seu destino (COMER, 1998).

### 3.4 QUANDO O IPV4 VAI ACABAR.

As previsões atuais indicam que o estoque da Internet Assigned Numbers Authority (IANA) acabará em algum momento entre 2010 e 2011; porém, as entidades regionais, como o Latin American and Caribbean Internet Addresses Registry (LACNIC) o American Registry for Internet Numbers (ARIN) entre outras ainda terão seu próprio estoque. O mesmo vale para entidades locais como o Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto *BR* (NIC.BR).

Porém com o crescimento acelerado da Internet, estimava-se que iríamos ficar sem endereços IP entre os anos de 1998 e 2004, Mas em 1994, as projeções da IETF estenderam o tempo de vida do IPv4 para de 2005 a 2011. Embora tenha desacelerado a taxa de crescimento, o uso do IP continua crescendo uniforme (FARREL).

Talvez também as redes com determinadas necessidades não poderão ser atendidas, mesmo que ainda haja IPs no estoque. Por exemplo, no caso de uma rede necessitar de um grande bloco contínuo de IPs: esse pode não estar disponível, mesmo quando ainda houver blocos menores no estoque. Na verdade,

as políticas de distribuição dos endereços remanescentes IPv4 estão sendo também discutidas. Conforme as políticas adotadas, a data de término pode ser um pouco adiantada ou postergada.

## 4 INTERNET PROTOCOL VERSION 6 (IPV6)

Os pesquisadores começaram a trabalhar em uma nova versão de IP; porém, necessitavam de um nome para o projeto. Quando era definido um protocolo específico, o grupo precisava distinguir o protocolo de todas as demais propostas. Como o IPv4 já estava sendo usado pelo atual protocolo, os pesquisadores esperavam que fosse usado o IPv5; porém, já estava sendo usado em outro projeto, então surge o nome IPv6. (COMER, 2001).

O IP versão 6 é a nova versão do Internet Protocol. Foi projetado para satisfazer às aspirações e desejos das empresas que necessitavam maior segurança e integridade de seus dados.

A previsão para o início de operação comercial dele é 2010. Por uns 5 anos, os equipamentos deverão oferecer compatibilidade entre esse protocolo e seu antecessor, o IPv4, seja por encapsulamento, tunelamento ou algum protocolo de roteamento capaz de lidar com ambas as versões ou alguma outra técnica; porém, a migração não será algo simples. Há um grupo de trabalho do IETF, o IPng Transition, exclusivamente ocupado para levantar os problemas e soluções para essa migração.

### 4.1 FORMATO DO CABEÇALHO DO IPV6

Apesar de ser o sucessor do IPv4, o IPv6 sofreu algumas mudanças, entre elas o formato de seu cabeçalho, ele vem simplificado, devido a esforços tomados para retirada de funcionalidades desnecessárias do protocolo anterior (PETERSON, DAVIE, 2004).

O datagrama do IPv6 possui um cabeçalho bem mais simplificado e de um tamanho fixo simplificando o processamento, esse cabeçalho tem baseamento na Figura a seguir:

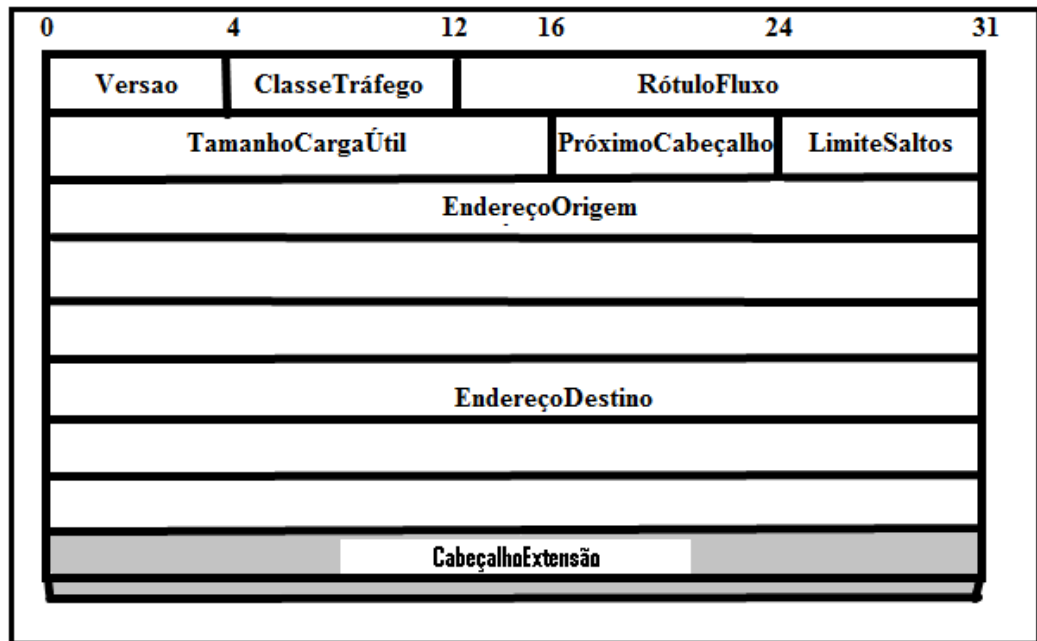


Figura 3. Cabeçalho do IPv6.  
Fonte: Peterson, L; Davie, B. (2004)

- a) versão: 4 bits. para essa versão, o valor é 6;
- b) classe de tráfego: 8 bits. Esse campo ainda experimental. No entanto na primeira especificação do IPv6, RFC 1883, este não existia. O mesmo tem como função permitir a diferenciação de tráfego e mecanismos de prioridade, para que os roteadores possam prover tratamento apropriado em cada caso;
- c) rótulo fluxo: um fluxo é uma sequência de pacotes enviados a partir de uma determinada origem, para um determinado destino (unicast ou multicast), requerendo um tratamento especial pelos roteadores. O campo Rótulo Fluxo ainda é experimental e pode vir a ser modificado,

como já ocorreu desde a primeira especificação do novo protocolo, onde ele possuía 24 bits. As mudanças dependem da identificação das características que forem surgindo do tráfego na Internet. A intenção dele é permitir que a origem pudesse atribuir uma identificação aos pacotes, para que eles recebam tratamento especial por um roteador;

d) tamanho carga: 16 bits: informa o comprimento dos dados, em octetos, encapsulados pela camada de rede, isto é, quantos bytes vêm depois do cabeçalho. Caso esse campo seja 0, indica que o comprimento do payload é superior a 65.535 octetos e é informado em um Cabeçalho Extensão;

e) próximo cabeçalho: 8 bits. Informa qual o protocolo da camada superior que está utilizando os serviços da camada IP. A numeração também segue o RFC 1700. O UDP, por exemplo, é número 17. No protocolo, pode haver um campo opcional após o cabeçalho. Nesse caso, o valor dele informa qual o tipo de extensão que vem após o cabeçalho;

f) limite de saltos: 8 bits. Semelhante ao TTL do IPv4, cada unidade processadora de pacotes (nó) decrementa esse valor de 1 unidade e quando esse valor chegar a 0, o pacote é descartado;

g) endereço origem: 128 bits. Informa o endereço de origem do pacote;

h) endereço destino: 128 bits. Informa o endereço de destino, que por sua vez pode não ser o endereço do *host* final, porque pode ser um cabeçalho de roteamento;

i) cabeçalho extensão: Tamanho variável, mas sempre múltiplo de 8 octetos (64 bits). Pode haver mais de um campo de extensão. A

presença de um campo de extensão pode ser determinada pelo valor do campo Próximo Cabeçalho. Cada Cabeçalho de Extensão tem um campo Próximo Cabeçalho informando o próximo protocolo. Normalmente, só o nó de destino irá processar os Cabeçalhos de Extensão. Os Cabeçalhos de Extensão precisam ser processados exatamente na ordem em que eles aparecem.

## 4.2 ENDEREÇAMENTO DO IPV6

Como o IPv4, o novo protocolo atribui um endereço único para cada computador em uma rede física. Deste modo se um computador se conecta a mais de uma rede física, ele receberá um endereço para cada rede diferente. Também como no protocolo antigo, separa seus endereços em prefixo, identificador da rede e sufixo identificador de um computador particular na rede (COMER 2001).

O endereço IPv6 em vez de ter classes as quais pertence, classifica-se em três tipos:

- a) *Unicast*: quando o endereço corresponde a um único computador. Um datagrama enviado para o endereço é roteado ao longo de um caminho mais curto para o computador.
- b) *Multicast*: conjunto de computadores, possivelmente em muitas localizações, quando um datagrama é enviado para um endereço ele envia uma cópia para todos os membros do conjunto.
- c) *Anycast*: vários computadores interligados que compartilham um prefixo de endereço comum. O datagrama é roteado por um caminho mais curto para o computador específico.

O espaço de endereçamento, que era de 32 bits na versão 4 do IP passa a ser de 128 bits. Assim, enquanto IPv4 suportava 4 bilhões de nodos, aproximadamente  $5 \times 10^{28}$  endereços para cada ser humano (FARREL).

IPv6 abandona a idéia de classes de endereços, mas baseia-se em prefixos como IPv4, mudando a função desses prefixos. Eles não mais identificam as diferentes classes de endereços, mas diferentes usos de endereços. A tabela 1 identifica esses prefixos:

Bits FP	Uso
0000 0001	Reservados
0000 001	Não atribuídos
0000 01	NSAPs
0000 1	Não atribuídos
0001	Não atribuídos
001	Não atribuídos
01	Endereços unicast globais
10	Não atribuídos
110	Não atribuídos
1110	Não atribuídos
1111 0	Não atribuídos
1111 10	Não atribuídos
1111 110	Não atribuídos
1111 1110	Não atribuídos
1111 1110 0	Não atribuídos
1111 1110 10	Endereços unicast locais do enlace
1111 1110 11	Endereços unicast locais do site
1111 1111	Endereços multicast

Tabela 1. O espaço de endereçamento IPv6, dividido em format prefix.  
Fonte. Farrel, A. (2005).

Os primeiros bits de um endereço IPv6, chamado de Format Prefix (FP), indicam o uso do endereço e o formato do seu conteúdo. A quantidade de bits de FP varia de um uso para o outro, mas sempre determinada pelo padrão dos primeiros bits (FARREL).

### 4.3 ROTEAMENTO DO IPV6

O roteamento é quase idêntico ao do IPv4, exceto pelo fato de que os endereços são de 128 bits, ao invés dos 32 bits. Com extensões muito claras todos os algoritmos do protocolo anterior ainda podem ser usados; porém, inclui extensões de roteamento simplificadas que suportam novas funcionalidades poderosas (PETERSON, DAVIE, 2004).

A funcionalidade de roteamento é obtida criando sequências de endereços usando a opção Routing. Essa opção é usada por um equipamento de origem para listar um ou mais nós intermediários a serem visitados no caminho de destino de um pacote do protocolo.

O cabeçalho de roteamento contém uma lista de IPv6 que representam nós ou áreas topológicas que o pacote deveria visar entre o caminho de origem e destino. Onde uma área topológica pode ser compreendida como uma rede de provedor (PETERSON, DAVIE, 2004).

A fim de fazer as sequências de endereços uma função geral, os hosts IPv6 retêm, na maioria de casos, as rotas de um pacote recebido que contenha sequências de endereços, a fim retornar o pacote ao equipamento de origem. Esta aproximação é feita para permitir que as implementações do host IPv6 suporte, desde o princípio, o tratamento e inversão de rotas de origem. Esta é a chave para

permitir que eles interrompam com os hosts que contêm as novas funcionalidades, tais como a seleção de provedor ou endereços estendidos.

## 5. INTERNET PROTOCOL VERSION 4 VS INTERNET PROTOCOL VERSION 6

O novo protocolo é emergente, ele passou por muitos testes em redes de desenvolvimento e experimentais e está sendo implantado cada vez mais nas redes privadas e públicas. O suporte a esse tipo de rede vem sendo discutido como um fator importante para essa decisão. Apesar disso o seu antecessor continua sendo muito popular, pois o suporte para o IPv6 em um provedor de serviços é bastante limitado.

Enfim, há uma motivação para uma nova versão do IP: lidar com problema de expansão causado pelo crescimento da Internet (PETERSON, DAVIE, 2004).

### 5.1 TRANSPORTE DE ENDEREÇOS IPV4 NO IPV6

Os endereços podem ser transportados nos campos de endereços de diversas formas. Isso torna muito fácil para um datagrama IPv4 passar por uma rede IPv6 e para o núcleo de uma rede manter rotas para redes IPv4 periféricas (FARREL, 2005).

### 5.2 INTEROPERAÇÃO IPV4 E IPV6

Conforme Farrel (2005) para fazer a interoperação é preciso que os endereços possam ser mapeados no domínio do protocolo antigo para o novo. O mapeamento do datagrama também precisa ser realizado e deve ser por meio de um código especial no roteador, que prevê essa conexão entre os protocolos.

Mas o transporte do tráfego IPv4 por meio de domínios IPv6 ou a transferência do tráfego novo protocolo por domínios do antigo protocolo, normalmente é feito por um mecanismo chamado de tunelamento de um tipo de tráfego encapsulado nos cabeçalhos do outro protocolo.

### 5.3 O EFEITO SOBRE OUTROS PROTOCOLOS

Uma grande quantidade de outros protocolos IP foram criadas especificamente para o protocolo IPv4, e não conseguem lidar com a nova versão IPv6. Por isso novas versões desses outros protocolos tiveram que ser criadas, como a ICMPv6. Já alguns protocolos foram efetuados mudanças para suportar o novo protocolo de uma maneira mais relativamente controlada, pois seu formato de endereço já era genérico (FARREL, 2005).

### 5.4 TÉCNICAS DE TRANSIÇÃO

Com o intuito de facilitar o processo de transição entre as duas versões do Protocolo Internet, algumas técnicas foram desenvolvidas para que toda a base das redes instaladas sobre IPv4 mantenha-se compatível com o protocolo IPv6, sendo que nesse primeiro momento de coexistência entre os dois protocolos, essa compatibilidade torna-se essencial para o sucesso da transição para o IPv6.

Cada uma dessas técnicas apresenta uma característica específica, podendo ser utilizada individualmente ou em conjunto com outras técnicas, de modo a atender as necessidades de cada situação, seja a migração para o IPv6 feita passo a passo, iniciando por um único *host* ou sub-rede, ou até de toda uma rede

corporativa.

Estes mecanismos de transição podem ser classificados nas seguintes categorias:

- a) Pilha dupla: que provê o suporte a ambos os protocolos no mesmo dispositivo;
- b) Tunelamento: que permite o tráfego de pacotes IPv6 sobre estruturas de rede IPv4;
- c) Tradução: que permite a comunicação entre nós com suporte apenas a IPv6 com nós que suportam apenas IPv4.

Como o período de coexistência entre os dois protocolos pode durar indefinidamente, a implementação de métodos que possibilitem a interoperabilidade entre o IPv4 e o IPv6, poderá garantir uma migração segura para o novo protocolo, por intermédio da realização de testes que permitam conhecer as opções que estes mecanismos oferecem, além de evitar, no futuro, o surgimento de “ilhas” isoladas de comunicação.

## 5.5 REQUISITOS PARA O NOVO PROTOCOLO

De acordo com Farrel, diversos outros projetos foram propostos; porém, nenhum conseguiu satisfazer os requisitos necessários, por isso para criar um novo protocolo a IETF escreveu uma Request for Comments (RFC) 1752 para resumir os requisitos para a próxima geração do protocolo, com isso os criadores tiveram uma grande base para o novo protocolo, algumas dessas restrições foram:

- a) Prover um serviço de datagrama não confiável;
- b) Prover suporta *unicast* e *multicast*;

- c) Segurar se em além de um futuro próximo o endereçamento;
- d) Ser compatível com IPv4;
- e) O novo protocolo deve ser flexível, para atender a mudanças na Internet;

Essas e mais vários outros requisitos foram incorporados no novo protocolo, o qual veio a se tornar o IPv6.

## 5.6 DESEMPENHO DOS PROTOCOLOS IPV4 E IPV6

Até o momento praticamente só descrevemos os protocolos e os aspectos funcionais; porém, a eficácia da computação distribuída pela rede depende da eficácia com que a rede oferece os dados para a computação.

Embora na computação se tenha o ditado “Faça o certo primeiro, depois faça o rápido” seja muito considerado em muitos ambientes, na integração de redes normalmente é necessário projetar para “fazer o mais rápido” (PETERSON, DAVIE, 2004).

A eficácia da rede é medida pelo seu desempenho onde o desempenho da rede foi avaliado por meio de duas métricas, uma delas a largura de banda e outra delas é a latência, onde elas serão um pouco melhor explicadas a seguir.

### 5.6.1 Largura de Banda

Largura de banda de uma rede é dada pelo número de bits que podem ser transmitidos pela rede em um determinado intervalo de tempo. Em uma rede 10Mbps, por exemplo, é necessário 0,1 microssegundo para transmitir cada bit

(PETERSON, DAVIE, 2004).

Largura de banda é uma medida de capacidade de transmissão de dados, expressa em kilobits por segundo (Kbps), megabits por segundo (Mbps) ou gigabit por segundo (Gbps), indica a capacidade máxima de transmissão de uma conexão, com isso é possível avaliar qual dos protocolos possui melhor desempenho em taxa de transmissão.

Entretanto, na medida em que a taxa de transmissão utilizada se aproxima da largura de banda máxima, fatores como atraso na transmissão das informações podem causar deterioração na qualidade e desempenho.

Ferramenta utilizada para medição da largura de banda e geração da imagem: JPERF

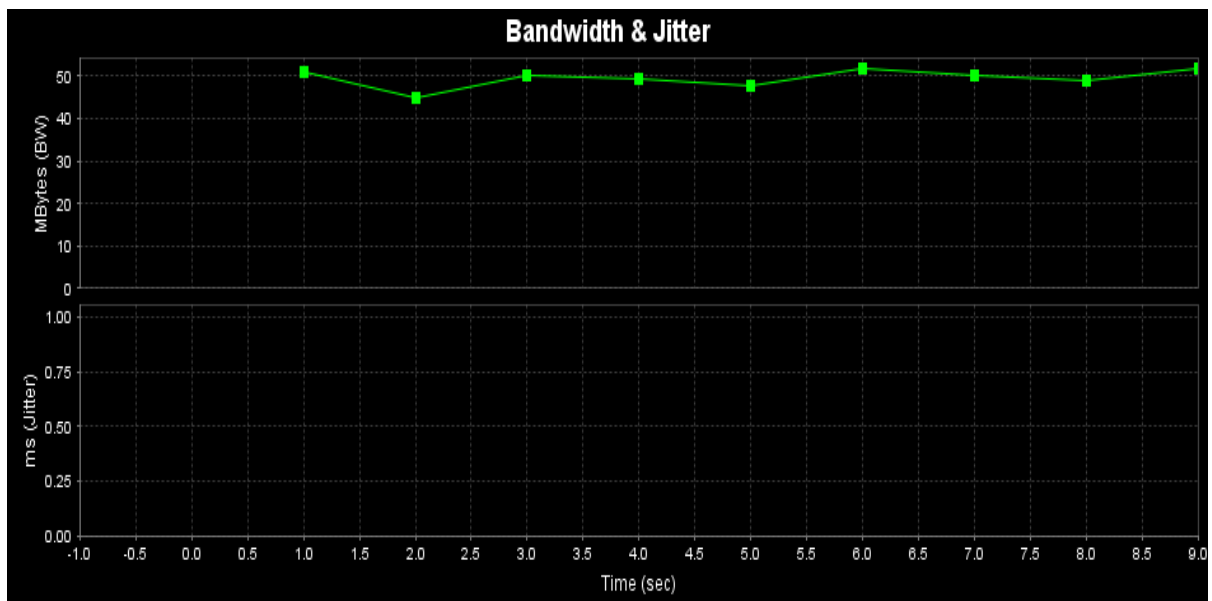


Figura 4. Bandwidth gerado com a ferramenta JPERF.  
Fonte: JPERF

## 5.6.2 Latência

A medida de latência deve se ao tempo que é gasto para uma

mensagem chegar de uma ponta da rede até a outra, e ela é estritamente medida em termos de tempo (PETERSON, DAVIE, 2004).

Por meio da avaliação de latência é possível avaliar qual dos dois protocolos possui um melhor desempenho na rede, para avaliar a latência foi utilizado um comando *ping*,

Normalmente pensa se na latência considerando três componentes. Primeiro há o retardo da propagação na velocidade da luz, esse retardo deve se ao fato de que nada pode viajar mais rápido que a velocidade da luz. Em seguida, vêm o tempo gasto para transmitir uma unidade de dados. Em terceiro lugar, pode haver atraso de fila dentro da própria rede, devido aos switches de pacotes terem que armazenar os pacotes antes de transmiti-los (PETERSON, DAVIE, 2004).

A seguir o gráfico que foi gerado através da ferramenta JPERF onde traz o Jitter:

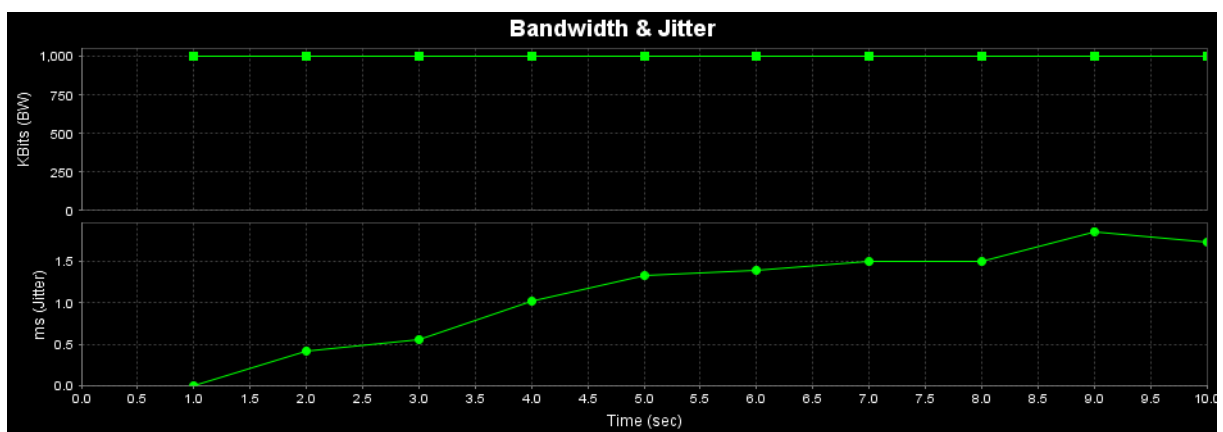


Figura 5. Jitter gerado com a ferramenta JPERF.  
Fonte: JPERF

## 6 TRABALHOS CORRELATOS

Para a pesquisa e elaboração desse trabalho, utilizaram-se trabalhos correlatos, que contribuíram bastante para essa pesquisa, esses trabalhos serão a seguir melhores relatados.

### 6.1 ESTUDOS COMPARATIVOS E ANÁLISE DE DESEMPENHO ENTRE OS PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO IPV4 E IPV6.

O trabalho foi desenvolvido pelo Everton Luis da Silva, para o curso de Ciência da Computação da universidade Luterana do Brasil, em Gravataí, Rio Grande do Sul, no ano de 2006 onde se difere do atual pela arquitetura que foi avaliado e os tipos de ferramentas que foi utilizado.

O objetivo do trabalho é fazer o estudo entre os dois protocolos, para comparar os dois protocolos, determinando vantagens que um protocolo tem sobre o outro. Além disso, será realizada a análise de desempenho entre eles (SILVA, 2006).

### 6.2 O PROTOCOLO IPv6 E SUA TRANSIÇÃO

O trabalho foi desenvolvido por Sergio Carneiro da Silva para o curso de Sistemas de Informação, da UNIMINAS, em Uberlândia, Minas Gerais, no ano de 2005.

Este trabalho teve o objetivo de divulgar os aspectos básicos do IPv6, diferenciando-o do Internet Protocol Version 4 e destacando-se pelas características

que são próprias desta versão, faz ainda uma discussão sobre hierarquia, arquitetura e modos de endereçamento e questões referentes a roteamento; a formatação do novo protocolo, descrevendo o formato do datagrama e o cabeçalho (SILVA, 2005).

### 6.3 ESTUDO DA TRANSIÇÃO ENTRE PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO IPV4 E IPV6.

Foi desenvolvido por Adilson Miotelli, para o curso de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense, em Criciúma, Santa Catarina, no ano de 2006.

Teve como objetivo realizar um estudo sobre as técnicas de transição entre os dois protocolos IPv4 e IPv6, também relatar as principais características de cada um dos protocolos e um estudo sobre redes de computadores ( MIOTELLI, 2006).

## 7 AMBIENTE DE TESTE

Para realizar a análise dos protocolos de comunicação IPv4 e IPv6 foram criados dois ambientes de testes, no qual o primeiro ambiente foi projetado com dois computadores ligados em rede ponto a ponto por meio de um cabo *crossover* e baseado no sistema operacional Windows, que oferecesse suporte tanto ao IPv4 quanto ao IPv6. Neste ambiente tivemos a ausência de tráfego na rede para ter uma maior precisão nos testes realizados.

Já no segundo ambiente foram conectados 3 computadores em uma LAN, para essa conexão foi utilizado um hub e três cabos de rede, onde esta encontra-se com um tráfego aleatório de dados que foi gerado através da transmissão de um arquivo de aproximadamente dois gigabytes, com o intuito de chegar o mais próximo possível de simular uma rede em com transmissão de dados, assim podendo avaliar os protocolos mais perto de seu funcionamento real.

### 7.1 EQUIPAMENTOS NECESSARIOS PARA TESTES

Foram utilizados três computadores com as seguintes configurações:

- a) Micro computador 1: notebook HP, 2.0 GHz, 4GB RAM, placa de rede 10/100 Mbps;
- b) Microcomputador 2: notebook HP, 1.66 GHz, 2GB RAM, placa de rede 10/100 Mbps;
- c) Microcomputador 3: Positivo, 2.2 GHz, 3GB RAM, placa de rede 10/100 Mbps.

Além dos três computadores foram utilizados também um hub 10/100 Mbps e três cabos de rede par trançado.

## 7.2 PROCESSO DE AVALIAÇÃO

A avaliação foi realizada com base nos protocolos de comunicação IPv4 e IPv6, verificando seu desempenho.

Para a realização desta foram escolhidos três computadores de boa qualidade de desempenho, para que não influenciassem nos testes. Também foram realizados dois testes com arquiteturas de rede diferentes.

No primeiro teste, foram configuradas duas redes, onde uma delas estava com endereços Ipv4. Os dois computadores ligados ponto a ponto, conforme a Figura 6, que contém mais detalhes dessa rede.

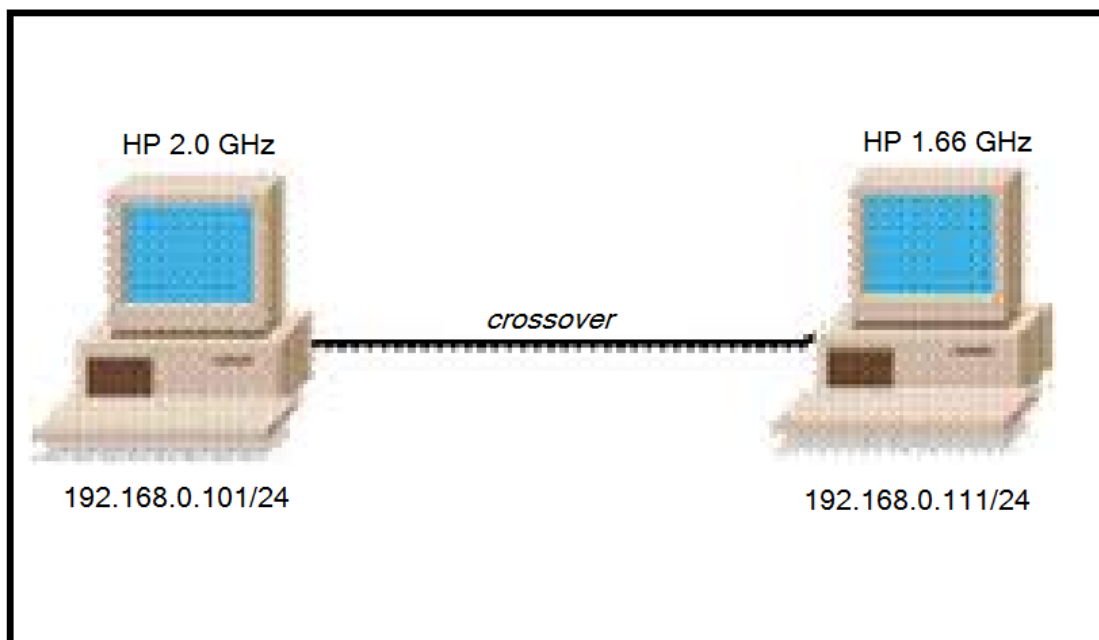


Figura 6. Rede IPv4 ponto a ponto.  
Fonte: própria.

Já a segunda rede foi configurada com dois computadores ligados ponto

a ponto como no anterior; porém, trabalhando com endereços IPv6 conforme a Figura 7.

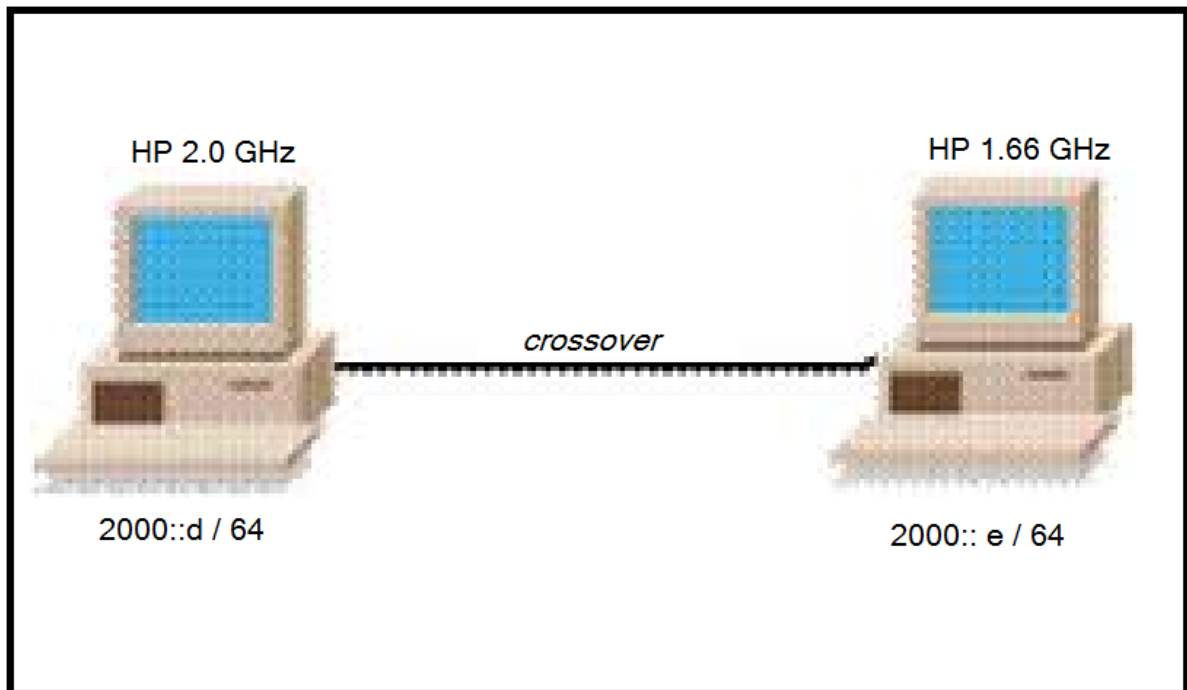


Figura 7. Rede IPv6 ponto a ponto.  
Fonte: própria.

Depois de configurar todos os equipamentos, buscou-se uma ferramenta ou um método para a avaliação dos protocolos, mais precisamente em largura de banda e latência.

Já em um segundo teste foi configurado duas redes, onde três computadores foram ligados por meio de um hub. A primeira rede foi toda configurada utilizando endereçamento IPv4, conforme mostra a Figura 8.

Nessa rede dois computadores foram utilizados para realizarem testes e um terceiro computador foi utilizado para gerar tráfego na rede, onde o tráfego foi gerado através da transmissão de um arquivo de aproximadamente dois gigabytes, com o intuito de chegar o mais próximo possível de simular o cotidiano onde seria utilizado esse protocolo.

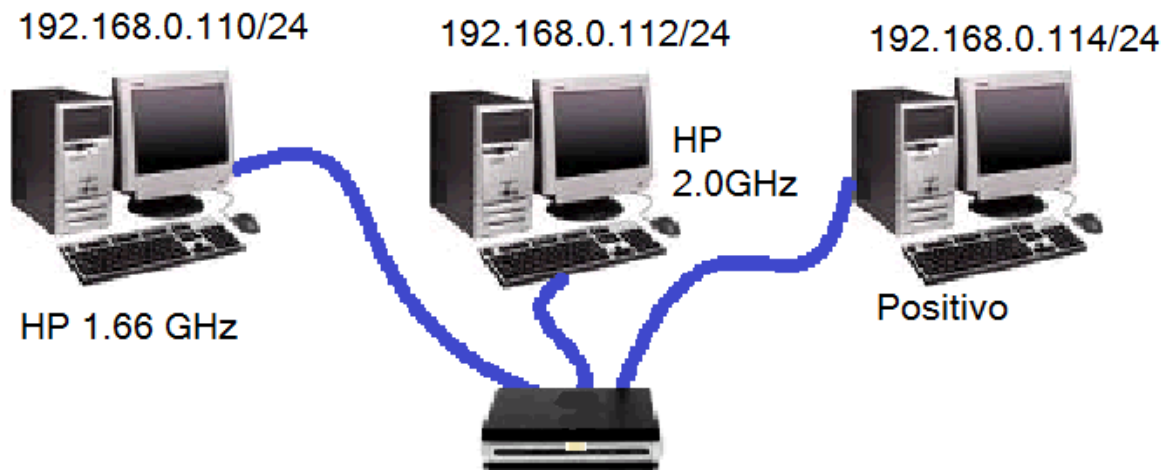


Figura 8. Rede IPv4 multiponto.  
Fonte: própria.

Já na segunda rede deste teste, da mesma forma que a rede anterior, utilizou-se de três computadores ligados por um hub, porém agora com endereçamento IPv6, como demonstrado na Figura 9.

Nessa rede como na anterior, dois computadores foram utilizados para realizarem os testes e um terceiro computador foi utilizado para gerar tráfego na rede, onde o tráfego também foi gerado através da transmissão de um arquivo de aproximadamente dois gigabytes com o mesmo intuito anterior de chegar o mais próximo possível da realidade onde seria utilizado esse protocolo e poder avaliá-lo em seu real funcionamento.

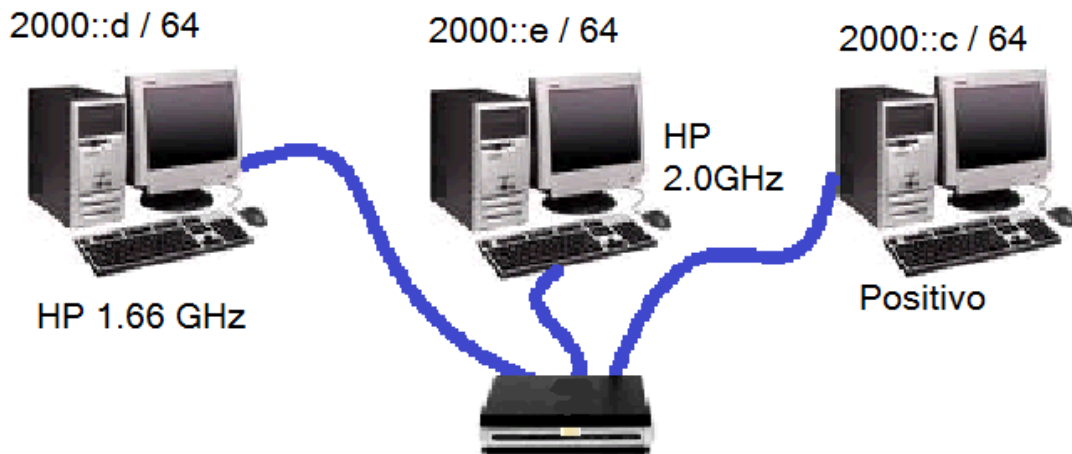


Figura 9. Rede IPv6 multiponto.  
Fonte: própria.

Nesse teste também usou-se uma ferramenta para avaliação do protocolo. Que se fez necessário para analisar e avaliar os protocolos, mais precisamente em largura de banda e latência.

### 7.3 IPERF

O Iperf é um software para análise de desempenho, que também verifica a perda de datagramas na rede, que é mantido pela Universidade de Illinois sob licença General Public License (GPL). É um software do tipo cliente/servidor. O software pode ser usado com um gerador simples de tráfego na rede. Também com Iperf é possível medir o Jitter (variação do atraso) e a perda. O Iperf é capaz de usar os protocolos UDP, quanto TCP e pode lidar com múltiplas conexões simultâneas (FERRARI).

O Iperf é uma ferramenta as seguintes opções no lado cliente e servidor:

- a) -f: formato das informações: Kbits, Mbits, KBytes, MBytes;
- b) -h: ajuda – Mostrará todas as opções;

- c) `-i n`: exibe o status a cada n segundos;
- d) `-o <filename>`: salva o resultado ou mensagem de erro em um arquivo;
- e) `-p`: especifica a porta a ser utilizada;
- f) `-u`: define o uso do UDP, ao invés do TCP;
- g) `-v`: mostra a versão.

Agora somente o lado servidor tem a função:

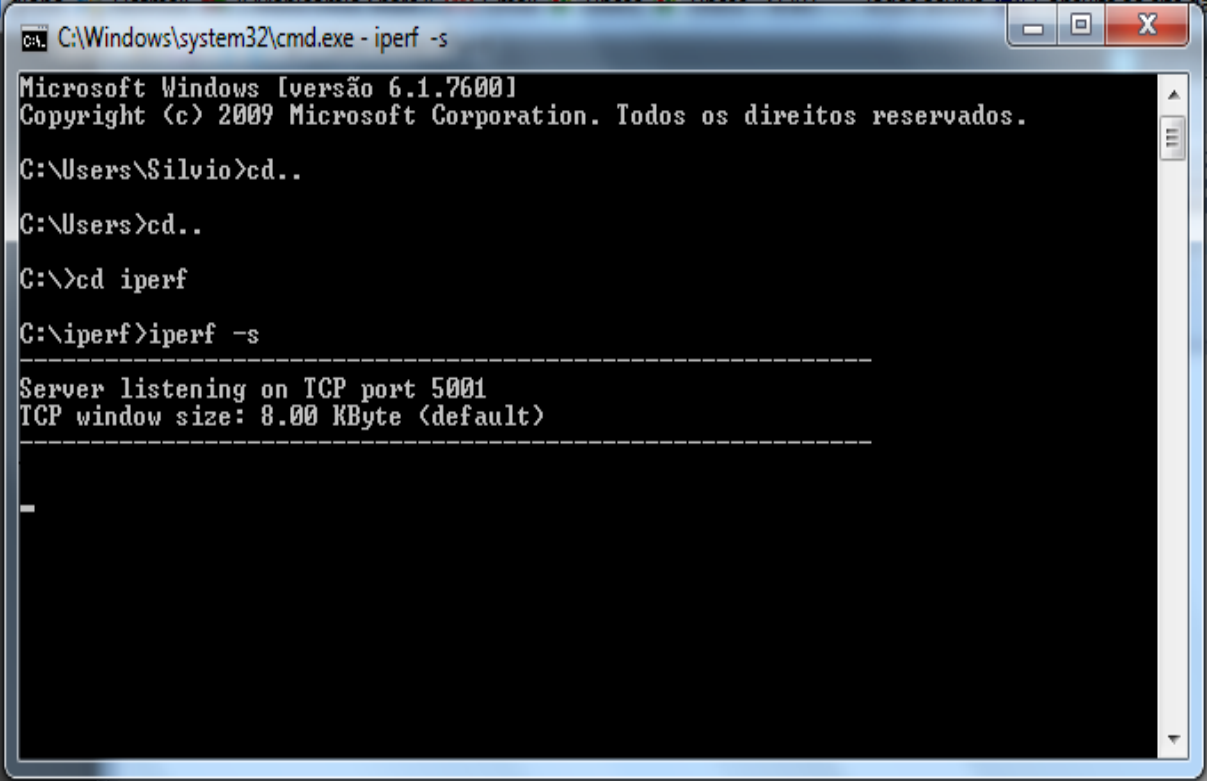
- a) `-s`: inicia o Iperf como Servidor.

E no lado cliente, somente, ai têm as seguintes funções:

- a) `-c`: inicia o Iperf como Cliente;
- b) `-d`: para fazer o teste bidirecional simultaneamente;
- c) `-b`: especifica a banda a ser utilizada;
- d) `-n`: número de byte para transmissão;
- e) `-r`: para fazer o teste bidirecional sendo um lado de cada vez;
- f) `-t`: tempo de transmissão.

### 7.3.1 Instalação do Iperf

Para instalar o iperf basta fazer o download do arquivo no site <http://www.softpedia.com/dyn-postdownload.php?p=78352&t=4&i=1> e salvar em qualquer pasta. Após salvar, entrar no *Prompt de Comando* do Windows acessa-lo como segue a figura a seguir:



```
C:\Windows\system32\cmd.exe - iperf -s
Microsoft Windows [versão 6.1.7600]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Todos os direitos reservados.

C:\Users\Silvio>cd..
C:\Users>cd..
C:\>cd iperf
C:\iperf>iperf -s
-----
Server listening on TCP port 5001
TCP window size: 8.00 KByte (default)
-----
-
```

Figura 10. Iperf sendo executado como servidor.  
Fonte: própria

Como se pode observar na Figura 10, primeiro se acessa a pasta aonde encontrava se o arquivo *iperf.exe*, após isso executa se uma das funções desse software, onde foi executado o comando, *iperf -s*, que seria uma função para criar um servidor. Dessa mesma forma executa-se em um cliente; porém, com os comandos relacionados ao cliente.

#### 7.4 JPERF

Já a Jperf é uma interface gráfica, para a ferramenta Iperf, como podemos ver na Figura 11, esta ilustrando o visual do software Jperf, ele faz praticamente o mesmo que o software Iperf porem graficamente.

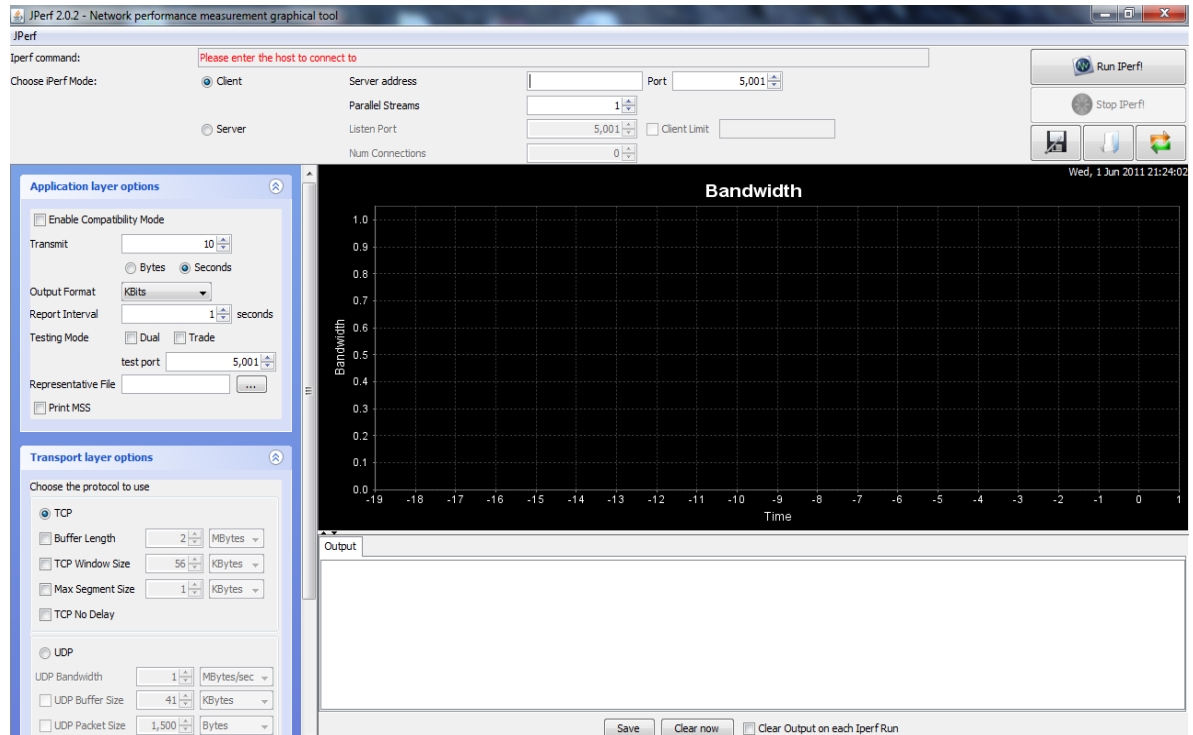


Figura 11. Visualização gráfica da Jperf.  
Fonte: Jperf.

### 7.4.1 Instalação do Jperf

Para instalar o Jperf basta fazer o download do arquivo no site: <http://www.softpedia.com/dyn-postdownload.php?p=154326&t=4&i=1> e salvar em qualquer pasta. Após salva-lo como é um arquivo.zip, será necessário descompacta-lo em uma pasta, após isso basta entrar na pasta onde foi descompactado e executar o arquivo *jperf.bat*, onde aparecera uma tela igual ao da Figura 8, em seguida é só escolher as opções desejadas, ou com funções que lhe classificaram como um servidor, ou com funções que tornariam o um cliente, cada um com suas respectivas funções.

## 8 TESTES

A partir de agora será relatado e avaliado os testes realizados nas redes IPv4 e IPv6, para isso utilizaremos uma ferramenta de avaliação de largura de banda chamada Jperf, também será avaliada a latência da rede, de uma rede é medido de várias maneiras, que serão melhores apresentadas a seguir.

Levantar-se-á, posteriormente, um estudo sobre o desempenho.

Os testes e o estudo de desempenho trará um conhecimento para que se possa demonstrar o que um protocolo possui de vantagem ou desvantagem sobre o outro.

### 8.1 COMO FOI REALIZADO OS TESTES

Em um dos teste, foi utilizado uma rede ponto a ponto, onde dois computadores são ligados por um cabo *crossover*, onde será realizado utilizado uma rede de endereçamento IPv4, logo após o término do primeiro testes, ira ser realizado outro teste, este com a mesma arquitetura de rede; porém, com o endereçamento IPv6.

Em outro teste, agora com uma arquitetura um pouco diferente, onde três computadores estarão ligados em uma rede através de um hub, e com tráfego na rede também gerado através da transmissão de um arquivo de aproximadamente dois gigabytes, com o intuito de chegar o mais próximo possível de simular o cotidiano onde o protocolo se encontra. Neste teste, será utilizado endereçamento IPv4, e em outro teste, irá se utilizar da mesma arquitetura de rede do terceiro; porém, com endereçamento IPv6.

Para todos os testes, foram utilizados cabos de categoria 5e, pois tanto com a mesma dificuldade de se encontrar novas tecnologias encontra-se para encontrar o cabeamento, tanto nas categorias 6 e 7. Mesmo que não influenciaria na comparação dos testes, pois ambos foram utilizados com o mesmo cabeamento e se sofressem mudanças ambos teriam ganhado no seu desempenho.

Nos testes não foram verificado a existência de outros protocolos, pois o intuito do trabalho é de avaliar o protocolo IPv4 e IPv6, pois se tiver outro protocolo iria influenciar nos dois protocolos, assim não alterando de forma significativa a comparação entre os dois protocolos.

## 8.2 MEDINDO A LARGURA DE BANDA

A primeira avaliação utilizará se de todos os ambientes descritos acima, e ela tem como objetivo avaliar a largura de banda de cada um dos protocolos. Avaliando assim a largura da banda tanto em uma rede ponto a ponto sem tráfego quanto uma rede multiponto com tráfego na rede.

Assim como mostra a Figura 10, é possível notar que o protocolo IPv4 possui uma pequena vantagem na taxa de transferência sobre o protocolo IPv6, ambos ligados na primeira arquitetura de rede, que seria de uma rede ponto a ponto sem tráfego. Após configurada a rede utiliza-se da ferramenta Jperf para verificar a largura da banda dos protocolos IPv4 e do IPv6. Como a diferença da taxa de transferência é pequena, o IPv6 leva uma grande vantagem, pois ele já tem o protocolo de segurança nativo.

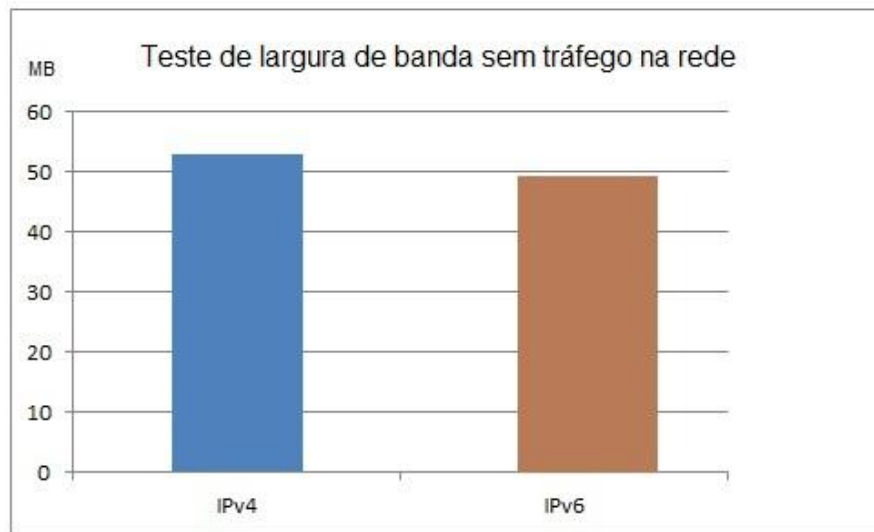


Figura 12. Teste de Largura de Banda sem Tráfego na Rede  
Fonte: própria.

Foi efetuado um segundo testes, como podemos ver com a Figura 13, é possível notar que o protocolo IPv4 e o IPv6 possuem praticamente a mesma largura de banda, também pode se observar que ambos estão ligados na segunda arquitetura de rede, que seria de uma rede multiponto, com tráfego, tiveram uma grande redução na taxa de transferência, essa redução como pode se notar é praticamente a mesma porcentagem para os dois protocolos. Esse teste foi realizado utilizando a ferramenta Jperf como mostra os anexos.

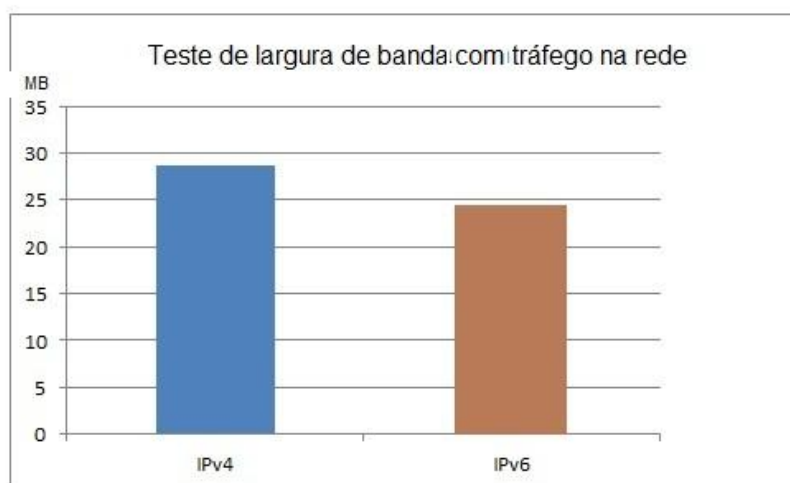


Figura 13. Teste de Largura de Banda com Tráfego na Rede  
Fonte: própria.

### 8.3 MEDINDO A LATÊNCIA DOS PROTOCOLOS

Em um primeiro teste, mudou-se a métrica, avaliar-se-á a latência, onde é possível verificar, conforme a Figura 14, como se pode observar nesse teste, que usa a arquitetura de rede ponto a ponto e sem tráfego. Depois de configurada a rede utiliza-se do comando *ping* para verificar a latência dos protocolos IPv4 e IPv6, a latência dos dois protocolos são praticamente igual, o IPv4 tem uma pequena vantagem se destacarmos somente a latência; porém, se observado de uma forma mais ampla o IPv6 possui uma vantagem enorme a ser considerada, pois ele já possui criptografia.

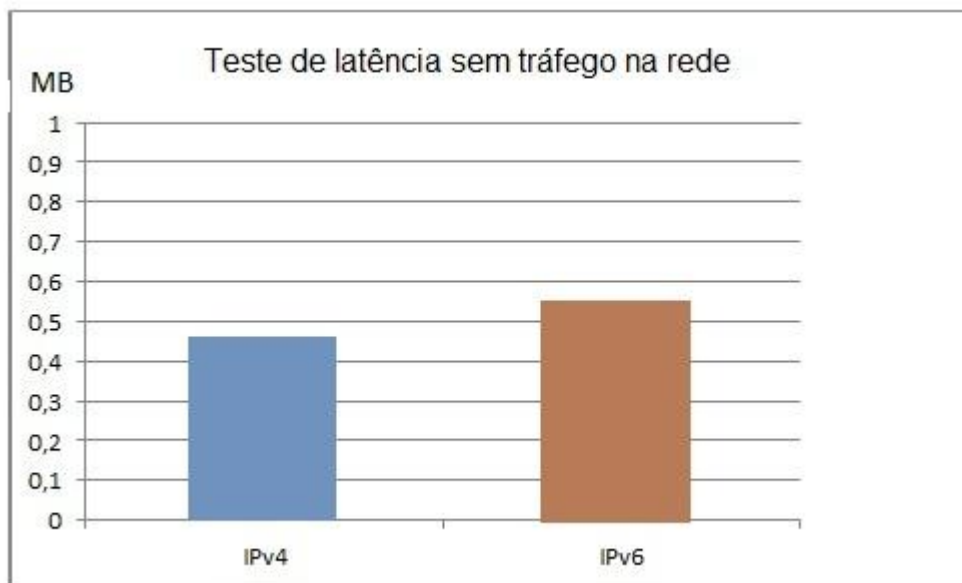


Figura 14. Teste De Latência Sem Tráfego Na Rede  
Fonte: própria.

Em um segundo teste, com intuito de verificar a latência entre os dois protocolos, em uma arquitetura multiponto com tráfego, onde é possível analisar o resultado na Figura 15, a latência dos dois protocolos são praticamente igual, o IPv4, como já citado anteriormente tem uma pequena vantagem se destacarmos somente

a latência; porém, ao observarmos em uma forma ampla o IPv6 possui vantagens a serem considerada, uma delas é que o novo protocolo já possui criptografia nativa. Para essa avaliação foi utilizado o comando *ping*, que tem como objetivo verificar a latência de uma rede.

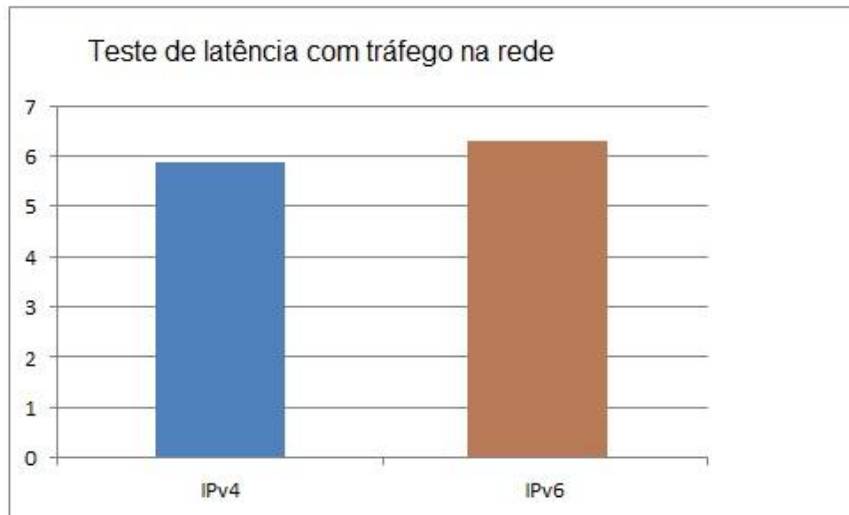


Figura 15. Teste de Latência com Tráfego na Rede  
Fonte: própria.

## CONCLUSÃO

Este trabalho teve como um dos objetivos, realizar o estudo e comparação entre os protocolos de comunicação IPv4 e IPv6, mais especificamente o endereçamento o roteamento e seu cabeçalho, onde foi uma das principais mudanças do novo protocolo. Outro objetivo era comparar o desempenho de cada um dos protocolos e documentá-los, para isso foi utilizado a ferramenta Jperf e o comando *ping*, para que pudéssemos avaliar o desempenho de cada protocolo, mais especificamente, largura de banda e latência.

Durante o estudo, percebeu-se algumas vantagens que demonstram a necessidade da criação desse novo protocolo, as principais vantagens são suporte nativo a segurança, que na versão anterior necessitou da junção com outro protocolo o IPSec, outra vantagem é o cabeçalho simplificado, que diminui o processamento dentro dos roteadores e ainda temos a vantagem da quantidade de endereços IP, que o novo protocolo possibilita uma enorme quantidade de endereços IP válidos.

Apesar das melhorias o novo protocolo encontrará algumas dificuldades para entrar no mercado, pois mudanças sempre geram desconfiança, algumas dessas dificuldades serão na configuração da rede IPv6, outra será a nova representação do endereço IP de cada *host*.

No decorrer do trabalho encontrou-se algumas dificuldades, onde uma delas é a ferramenta a ser utilizada para a avaliação dos protocolos, no mercado atualmente se tratando de software livre, poucas ferramentas boas foram encontradas, e as ferramentas que encontrou-se foi difícil de encontrar estudos

sobre as mesmas. Outra dificuldade que não foi relatada no trabalho foi o relatório de custo dos equipamentos, onde seria verificado preços de equipamentos que suportassem os protocolos IPv4 e o IPv6, e essas empresas as quais foram feito o levantamento de custo tinham pouco conhecimento desses protocolos, ou não possuíam equipamentos que suprissem a necessidade para a implantação dessas redes.

Os testes foram efetuados em ambientes iguais; porém, com diferença no endereçamento IP, pois o objetivo do trabalho era avaliar os protocolos. Vale se destacar que quando os testes se voltavam para avaliar o IPv4, o protocolo IPv6 foi desativado para que não afetassem de forma alguma os mesmos, e isso ocorreu também com o processo de avaliação do outro protocolo. Com isso pode se obter resultados mais precisos.

Com o resultado dos testes pode-se notar conforme os anexos uma pequena melhoria no protocolo IPv4; porém como já observado, esse protocolo não possui suporte nativo a segurança, esse fator influencia na decisão de qual tipo de protocolo implementar principalmente nas empresas. Com tudo isso pode se avaliar que se a empresa necessitar de segurança e desempenho na sua rede, a melhor opção seria de se atualizar para o novo protocolo, mas se a empresa não necessitar de segurança pode-se optar pela permanência do protocolo IPv4, pois como ele conseguiu prorrogar seu tempo de vida por meio de métodos criados após sua criação, ele ainda funcionará por um período indeterminado, apesar de ter conseguido esse retardo na sua obsolescência, e de sua incógnita de tempo de vida, de acordo com os estudos ele esta preste a terminar, sendo assim necessário à implantação do novo protocolo de comunicação.

Esse novo protocolo por sua vez, crê-se que não foi adotado pelo fato da atualização nos hardwares e softwares, pois a maioria das empresas ainda trabalham com sistemas operacionais que não oferecem suporte ao novo protocolo, e nem hardwares que suportem esse novo protocolo também.

Para trabalhos futuros sugiro avaliar os protocolos em uma rede com um real funcionamento, com tráfego aleatório como, por exemplo, configurar em uma parte de uma empresa o protocolo IPv6 e testar durante o dia-a-dia para ver como o ele se comporta no cotidiano. Outro trabalho que se pode realizar seria um trabalho na segurança que esse novo protocolo possui nativamente, aprofundando teoricamente comprovando-os por meio de testes.

## ANEXO A – TESTE DE LARGURA DE BANDA IPV4, SEM TRÁFEGO NA REDE

1 Avaliação de Largura de Banda	2 Avaliação de Largura de Banda
<pre>bin/iperf.exe -s -P 0 -i 1 -p 5001 -f m ----- Server listening on TCP port 5001 TCP window size: 0.01 MByte (default) ----- OpenSCManager failed - Acesso negado. (0x5) [252] local 192.168.0.111 port 5001 connected with 192.168.0.101 port 49513 ----- Client connecting to 192.168.0.101, TCP port 5001 TCP window size: 0.01 MByte (default) ----- [300] local 192.168.0.111 port 51534 connected with 192.168.0.101 port 5001 [ID] Interval Transfer Bandwidth [252] 0.0- 1.0 sec 4.06 MBytes 34.1 Mbits/sec [300] 0.0- 1.0 sec 7.52 MBytes 63.0 Mbits/sec [300] 0.0- 1.0 sec 7.55 MBytes 62.6 Mbits/sec [252] 1.0- 2.0 sec 5.34 MBytes 44.8 Mbits/sec [252] 2.0- 3.0 sec 5.22 MBytes 43.8 Mbits/sec [252] 3.0- 4.0 sec 5.37 MBytes 45.0 Mbits/sec [252] 4.0- 5.0 sec 5.44 MBytes 45.6 Mbits/sec [252] 5.0- 6.0 sec 5.34 MBytes 44.8 Mbits/sec [252] 6.0- 7.0 sec 5.49 MBytes 46.1 Mbits/sec [252] 7.0- 8.0 sec 5.49 MBytes 46.1 Mbits/sec [252] 8.0- 9.0 sec 5.45 MBytes 45.7 Mbits/sec [252] 9.0-10.0 sec 5.46 MBytes 45.8 Mbits/sec ----- [252] 0.0-10.0 sec 52.8 MBytes 44.2 Mbits/sec</pre>	<pre>bin/iperf.exe -s -P 0 -i 1 -p 5001 -f m ----- Server listening on TCP port 5001 TCP window size: 0.01 MByte (default) ----- [256] local 192.168.0.111 port 5001 connected with 192.168.0.101 port 49534 ----- Client connecting to 192.168.0.101, TCP port 5001 TCP window size: 0.01 MByte (default) ----- [312] local 192.168.0.111 port 51554 connected with 192.168.0.101 port 5001 [ID] Interval Transfer Bandwidth [256] 0.0- 1.0 sec 4.60 MBytes 38.6 Mbits/sec [312] 0.0- 1.0 sec 6.13 MBytes 51.4 Mbits/sec [312] 0.0- 1.1 sec 6.20 MBytes 49.2 Mbits/sec [256] 1.0- 2.0 sec 4.99 MBytes 41.9 Mbits/sec [256] 2.0- 3.0 sec 5.09 MBytes 42.7 Mbits/sec [256] 3.0- 4.0 sec 5.55 MBytes 46.6 Mbits/sec [256] 4.0- 5.0 sec 5.45 MBytes 45.7 Mbits/sec [256] 5.0- 6.0 sec 5.55 MBytes 46.5 Mbits/sec [256] 6.0- 7.0 sec 5.49 MBytes 46.1 Mbits/sec [256] 7.0- 8.0 sec 5.50 MBytes 46.1 Mbits/sec [256] 8.0- 9.0 sec 5.55 MBytes 46.5 Mbits/sec [256] 9.0-10.0 sec 5.49 MBytes 46.1 Mbits/sec ----- [256] 0.0-10.0 sec 53.4 MBytes 44.7 Mbits/sec</pre>

## ANEXO B – TESTE DE LARGURA DE BANDA IPV6, SEM TRÁFEGO NA REDE.

1 Avaliação de Largura de Banda	2 Avaliação de Largura de Banda
<pre>bin/iperf.exe -s -P 0 -i 1 -p 5001 -V -f m ----- Server listening on TCP port 5001 TCP window size: 0.01 MByte (default) ----- OpenSCManager failed - Acesso negado. (0x5) [184] local 2000::e port 5001 connected with 2000::d port 49652 ----- Client connecting to 2000::d, TCP port 5001 TCP window size: 0.01 MByte (default) ----- [308] local 2000::e port 51676 connected with 2000::d port 5001 [ID] Interval Transfer Bandwidth [184] 0.0- 1.0 sec 4.65 MBytes 39.0 Mbits/sec [308] 0.0- 1.0 sec 4.84 MBytes 41.3 Mbits/sec [184] 1.0- 2.0 sec 4.79 MBytes 40.2 Mbits/sec [184] 2.0- 3.0 sec 4.86 MBytes 40.8 Mbits/sec [184] 3.0- 4.0 sec 4.82 MBytes 40.4 Mbits/sec [184] 4.0- 5.0 sec 4.83 MBytes 40.5 Mbits/sec [184] 5.0- 6.0 sec 4.86 MBytes 40.8 Mbits/sec [184] 6.0- 7.0 sec 4.93 MBytes 41.4 Mbits/sec [184] 7.0- 8.0 sec 4.80 MBytes 40.2 Mbits/sec [184] 8.0- 9.0 sec 4.89 MBytes 41.0 Mbits/sec [184] 9.0-10.0 sec 4.89 MBytes 41.0 Mbits/sec ----- [184] 0.0-10.0 sec 48.3 MBytes 40.5 Mbits/sec</pre>	<pre>bin/iperf.exe -s -P 0 -i 1 -p 5001 -V -f m ----- Server listening on TCP port 5001 TCP window size: 0.01 MByte (default) ----- OpenSCManager failed - Acesso negado. (0x5) [256] local 2000::e port 5001 connected with 2000::d port 49681 ----- Client connecting to 2000::d, TCP port 5001 TCP window size: 0.01 MByte (default) ----- [308] local 2000::e port 51748 connected with 2000::d port 5001 [ID] Interval Transfer Bandwidth [256] 0.0- 1.0 sec 4.07 MBytes 34.1 Mbits/sec [308] 0.0- 1.0 sec 6.73 MBytes 56.4 Mbits/sec [308] 0.0- 1.0 sec 6.75 MBytes 55.3 Mbits/sec [256] 1.0- 2.0 sec 4.79 MBytes 40.2 Mbits/sec [256] 2.0- 3.0 sec 4.87 MBytes 40.8 Mbits/sec [256] 3.0- 4.0 sec 4.83 MBytes 40.5 Mbits/sec [256] 4.0- 5.0 sec 4.98 MBytes 41.7 Mbits/sec [256] 5.0- 6.0 sec 4.88 MBytes 40.9 Mbits/sec [256] 6.0- 7.0 sec 4.90 MBytes 41.1 Mbits/sec [256] 7.0- 8.0 sec 4.91 MBytes 41.2 Mbits/sec [256] 8.0- 9.0 sec 4.89 MBytes 41.0 Mbits/sec [256] 9.0-10.0 sec 4.90 MBytes 41.1 Mbits/sec ----- [256] 0.0-10.0 sec 48.0 MBytes 40.3 Mbits/sec</pre>

## ANEXO C – TESTE DE LARGURA DE BANDA IPV4, COM TRÁFEGO NA REDE

3 Avaliação de Largura de Banda	4 Avaliação de Largura de Banda
<pre>bin/perf.exe -s -P 0 -i 1 -p 5001 -f m ----- Server listening on TCP port 5001 TCP window size: 0.01 MByte (default) ----- OpenSCManager failed - Acesso negado. (0x5) [252] local 192.168.0.111 port 5001 connected with 192.168.0.101 port 49948 ----- Client connecting to 192.168.0.101, TCP port 5001 TCP window size: 0.01 MByte (default) ----- [304] local 192.168.0.111 port 54309 connected with 192.168.0.101 port 5001 [ ID] Interval  Transfer  Bandwidth [252] 0.0- 1.0 sec  2.88 MBytes 24.1 Mbits/sec [304] 0.0- 1.0 sec  2.79 MBytes 23.4 Mbits/sec [304] 0.0- 1.0 sec  2.82 MBytes 23.3 Mbits/sec [252] 1.0- 2.0 sec  2.90 MBytes 24.3 Mbits/sec [252] 2.0- 3.0 sec  2.86 MBytes 24.0 Mbits/sec [252] 3.0- 4.0 sec  2.88 MBytes 24.1 Mbits/sec [252] 4.0- 5.0 sec  2.81 MBytes 23.6 Mbits/sec [252] 5.0- 6.0 sec  2.77 MBytes 23.3 Mbits/sec [252] 6.0- 7.0 sec  2.89 MBytes 24.2 Mbits/sec [252] 7.0- 8.0 sec  2.79 MBytes 23.4 Mbits/sec [252] 8.0- 9.0 sec  2.90 MBytes 24.3 Mbits/sec [252] 9.0-10.0 sec 2.88 MBytes 24.1 Mbits/sec  [252] 0.0-10.0 sec 28.6 MBytes 23.9 Mbits/sec</pre>	<pre>bin/perf.exe -s -P 0 -i 1 -p 5001 -f m ----- Server listening on TCP port 5001 TCP window size: 0.01 MByte (default) ----- OpenSCManager failed - Acesso negado. (0x5) [252] local 192.168.0.111 port 5001 connected with 192.168.0.101 port 49949 ----- Client connecting to 192.168.0.101, TCP port 5001 TCP window size: 0.01 MByte (default) ----- [300] local 192.168.0.111 port 54311 connected with 192.168.0.101 port 5001 [ ID] Interval  Transfer  Bandwidth [252] 0.0- 1.0 sec  2.84 MBytes 23.8 Mbits/sec [300] 0.0- 1.0 sec  2.91 MBytes 24.5 Mbits/sec [252] 1.0- 2.0 sec  2.75 MBytes 23.1 Mbits/sec [252] 2.0- 3.0 sec  2.86 MBytes 24.0 Mbits/sec [252] 3.0- 4.0 sec  2.81 MBytes 23.6 Mbits/sec [252] 4.0- 5.0 sec  2.76 MBytes 23.1 Mbits/sec [252] 5.0- 6.0 sec  2.80 MBytes 23.5 Mbits/sec [252] 6.0- 7.0 sec  2.84 MBytes 23.8 Mbits/sec [252] 7.0- 8.0 sec  3.09 MBytes 26.0 Mbits/sec [252] 8.0- 9.0 sec  2.81 MBytes 23.6 Mbits/sec [252] 9.0-10.0 sec 2.82 MBytes 23.7 Mbits/sec  [252] 0.0-10.0 sec 28.4 MBytes 23.8 Mbits/sec</pre>

## ANEXO D – TESTE DE LARGURA DE BANDA IPV4, COM TRÁFEGO NA REDE

3 Avaliação de Largura de Banda	4 Avaliação de Largura de Banda
<pre>bin/perf.exe -s -P 0 -i 1 -p 5001 -V -f m ----- Server listening on TCP port 5001 TCP window size: 0.01 MByte (default) ----- OpenSCManager failed - Acesso negado. (0x5) [188] local 2000::e port 5001 connected with 2000::d port 49955 ----- Client connecting to 2000::d, TCP port 5001 TCP window size: 0.01 MByte (default) ----- [312] local 2000::e port 54349 connected with 2000::d port 5001 [ ID] Interval  Transfer  Bandwidth [312] 0.0- 1.0 sec  2.33 MBytes 19.5 Mbits/sec [312] 0.0- 1.0 sec  2.34 MBytes 19.3 Mbits/sec [188] 1.0- 2.0 sec  2.20 MBytes 18.5 Mbits/sec [188] 2.0- 3.0 sec  2.45 MBytes 20.5 Mbits/sec [188] 3.0- 4.0 sec  2.45 MBytes 20.5 Mbits/sec [188] 4.0- 5.0 sec  2.44 MBytes 20.4 Mbits/sec [188] 5.0- 6.0 sec  2.39 MBytes 20.1 Mbits/sec [188] 6.0- 7.0 sec  2.45 MBytes 20.6 Mbits/sec [188] 7.0- 8.0 sec  2.43 MBytes 20.4 Mbits/sec [188] 8.0- 9.0 sec  2.42 MBytes 20.3 Mbits/sec [188] 9.0-10.0 sec 2.52 MBytes 21.2 Mbits/sec  [188] 0.0-10.0 sec 24.2 MBytes 20.2 Mbits/sec</pre>	<pre>bin/perf.exe -s -P 0 -i 1 -p 5001 -V -f m ----- Server listening on TCP port 5001 TCP window size: 0.01 MByte (default) ----- OpenSCManager failed - Acesso negado. (0x5) [256] local 2000::e port 5001 connected with 2000::d port 49956 ----- Client connecting to 2000::d, TCP port 5001 TCP window size: 0.01 MByte (default) ----- [308] local 2000::e port 54351 connected with 2000::d port 5001 [ ID] Interval  Transfer  Bandwidth [256] 0.0- 1.0 sec  2.52 MBytes 21.2 Mbits/sec [308] 0.0- 1.0 sec  2.24 MBytes 18.8 Mbits/sec [256] 1.0- 2.0 sec  2.34 MBytes 19.6 Mbits/sec [256] 2.0- 3.0 sec  2.58 MBytes 21.6 Mbits/sec [256] 3.0- 4.0 sec  2.50 MBytes 21.0 Mbits/sec [256] 4.0- 5.0 sec  2.38 MBytes 19.9 Mbits/sec [256] 5.0- 6.0 sec  2.38 MBytes 20.0 Mbits/sec [256] 6.0- 7.0 sec  2.41 MBytes 20.2 Mbits/sec [256] 7.0- 8.0 sec  2.47 MBytes 20.7 Mbits/sec [256] 8.0- 9.0 sec  2.49 MBytes 20.9 Mbits/sec [256] 9.0-10.0 sec 2.33 MBytes 19.5 Mbits/sec  [256] 0.0-10.0 sec 24.4 MBytes 20.4 Mbits/sec</pre>

## ANEXO E – TESTE DE LATÊNCIA DO IPV4, SEM TRÁFEGO NA REDE

Avaliação da latência do IPv4, em uma rede ponto a ponto														
TESTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	maior	menor	média	medialfinal  0.434 ms
1	0.604	0.532	0.523	0.395	0.416	0.375	0.624	0.403	0.415	0.390	0.624	0.375	0.459	
2	0.375	0.402	0.403	0.379	0.464	0.374	0.374	0.361	0.421	1.142	1.142	0.361	0.400	
3	0.737	0.415	0.350	0.488	0.458	0.432	0.449	0.382	0.375	1.292	1.292	0.350	0.467	
4	0.386	0.427	0.431	0.426	0.377	0.374	0.406	0.440	0.384	0.903	0.903	0.374	0.410	

## ANEXO F – TESTE DE LATÊNCIA DO IPV6, SEM TRÁFEGO NA REDE

Avaliação da latência do IPv6, em uma rede ponto a ponto														
TESTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	maior	menor	média	medialfinal  0.537ms
1	0.392	0.498	0.506	0.376	0.416	0.591	0.451	0.380	0.443	1.595	1.595	0.376	0.450	
2	0.442	0.514	0.409	0.638	0.408	0.551	0.504	0.490	0.479	0.866	0.866	0.408	0.503	
3	1.036	1.088	0.503	0.473	0.552	0.478	0.629	1.038	1.448	0.557	1.448	0.473	0.735	
4	0.413	0.449	1.255	0.402	0.404	0.403	0.385	0.609	0.447	0.575	1.255	0.385	0.463	

## ANEXO G – TESTE DE LATÊNCIA IPV4, COM TRÁFEGO NA REDE

Avaliação da latência do IPv4, em uma rede multiponto com tráfego														
TESTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	maior	menor	média	medialfinal  5.867 ms
1	5.747	6.242	5.206	5.145	5.980	6.246	5.905	6.748	6.976	4.844	6.976	4.844	5.852	
2	5.824	5.987	6.546	7.660	5.513	5.762	5.592	6.001	6.099	6.878	7.660	5.513	6.086	
3	5.180	5.050	5.631	6.264	7.049	6.010	5.598	6.258	5.612	6.274	7.049	5.050	5.853	
4	5.277	7.170	5.924	5.061	5.836	6.404	4.608	5.456	5.744	5.722	7.170	4.608	5.678	

## ANEXO H – TESTE DE LATÊNCIA IPV6, COM TRÁFEGO NA REDE

Avaliação da latência do IPv6, em uma rede multiponto com tráfego														
TESTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	maior	menor	média	medialfinal  6.127 ms
1	5.722	5.683	5.154	5.064	6.308	5.843	5.724	4.819	5.863	5.529	6.308	4.819	5.634	
2	7.749	5.682	6.131	5.898	5.199	5.843	5.892	7.662	7.483	5.524	7.749	5.199	6.264	
3	6.785	6.122	6.178	5.997	6.921	6.062	6.423	5.293	6.012	5.990	6.921	5.293	6.196	
4	5.970	5.945	8.391	5.228	6.053	6.497	7.236	6.926	6.796	5.882	8.391	5.228	6.413	

## REFERÊNCIAS

COMER, Douglas E. **Interligação em Rede com TCP/IP: Princípios, protocolos e arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 1998. 672 p.

COMER, Douglas E. **Rede de Computadores e Internet: Abrange Transmissão de Dados, Ligação Inter-redes e Web**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 522 p.

COMER, Douglas E; STEVENS, David L. **Interligação em Rede com TCP/IP: Projeto, implementação e detalhes internos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 1999. 591 p.

DEERING, S.; HINDEN, R. **Network Working group. Request for Comments: 2460. Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification**. 1998. Disponível em: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2460.txt?number=2460>>. Acesso em: 20/03/2011.

FARREL, Adrian. **A Internet e seus Protocolos: Uma Análise Comparativa**. Rio de Janeiro: Campus, 2005. 572 p.

FERRARI, S. R. **Análise de desempenho com Iperf**. 2007. Disponível em: <<http://www.vivaolinux.com.br/dica/Analise-de-desempenho-com-iperf/>>. Acesso em: 20/04/2011.

HAYDEN, Matt. **Redes: Aprenda em 24 horas**; Tradução: Marcos Pinto. Rio de Janeiro: Campus, 1999. 246 p.

MIOTELLI, Adilson. **Estudo da Transição entre Protocolos de Comunicação IPv4 e IPv6**. 2006. Disponível em <<http://kiron.unesc.net/tcc/arquivos/trabalhos/104.pdf>>. Acessado em 03/07/2011.

NORTHCUTT, Stephen; NOVAK, Judy; MCLACHLAN, Donald; tradução Marcos Vieira. **Segurança e prevenção em redes**. São Paulo: Berkeley, 2001. 478 p.

PETERSON, Larry L; DAVIE, Bruce S. **Redes de Computadores: Uma Abordagem de Sistemas**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. 588 p.

SILVA, Everton L. **Estudo Comparativo e Análise de Desempenho entre os Protocolos de Comunicação IPv4 e IPv6**. 2006. Disponível em

<[http://gravatai.ulbra.tche.br/~roland/tcc-gr/monografias/2006-2-tc2-Everton\\_Luis\\_da\\_Silva.pdf](http://gravatai.ulbra.tche.br/~roland/tcc-gr/monografias/2006-2-tc2-Everton_Luis_da_Silva.pdf)>. Acessado em 29/04/2010.

SILVA, Sérgio C. **O Protocolo IPv6 e a sua Transcrição**. 2005. Disponível em <[www.si.lopesgazzani.com.br/TFC/monografias/MonografialPv6.pdf](http://www.si.lopesgazzani.com.br/TFC/monografias/MonografialPv6.pdf)>. Acessado em 29/04/2010.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de Computadores**, tradução da terceira edição. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997. 923 p.

TORRES, Gabriel; LIMA Cássio. **O Modelo de Referência OSI para Protocolos de Rede**. 2007. Disponível em < <http://www.clubedohardware.com.br/artigos/1349/4>>. Acessado em 20/02/2011.

## BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ALBUQUERQUE, Fernando. **TCP/IP INTERNET. Protocolos & Tecnologias.** 3 ed. Rio de Janeiro: Axcelbooks do Brasil, 2001.

COMER, D. E. **Interligação de Redes com TCP/IP. 5. ed. rev. e atual. vol. 1. Princípios, protocolos e arquitetura** / Douglas E. Comer; tradução Daniel Vieira - Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. 435 p.

ENIO, Eduardo M. **Estudo e Avaliação do Protocolo de Rede IPv6.** 2007. Disponível em <<http://www.inf.furb.br/~pericas/orientacoes/EstudoIPv62006.pdf>>. Acessado em 18/06/10.

NED, F. **A Nova Geração de Protocolos IP.** 1998. Disponível em <<http://www.rnp.br/newsgen/9811/intr-ipv6.html#inicio>>. Acessado em 20/05/10.

RFC-4213. **Basic Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers.** Disponível em <<http://tools.ietf.org/html/rfc4213>>. |Acessado em: 03/04/2011

SILVA, A. **IPv6 e a Evolução da Internet.** 2001. Disponível em <<http://penta2.ufrgs.br/gtrh/comdex/ipv6adailtoncomdex.pdf>>. Acessado em 29/04/2010.

SOARES, Luiz Fernando G; LEMOS, Guido; COLCHER, Sérgio. **Redes de Computadores das LANs, MANs e WANs às redes ATM.** 2.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1995. 705 p.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de Computadores.** 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003. 945 p.

TAMUSIUNAS, Fabrício R. **Tutorial sobre IPv6, TAROUCO, L.M.R.** 2003. Disponível em <<http://gtrh.tche.br/ovni/ipv6/apresentacao.htm>>. Acessado em 10/05/10.

## APENDICE A

### Análise de Desempenho dos Protocolos IPv4 e IPv6: Estudo de Caso com as Métricas Largura de Banda e Latência

Silvio de Oliveira Carlos <sup>1</sup>, Paulo João Martins <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso Ciência da Computação - Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) - Criciúma – Brasil.

<sup>2</sup> MSc. Professor do Curso Ciência da Computação - Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) - Criciúma – Brasil.

*silvio\_tc\_@hotmail.com, pjm@unesc.net*

**ABSTRACT.** *The growth of the Internet and numerous other factors such as lack of IP addresses and lack of security from the old protocol - Internet Protocol version 4 (IPv4), caused the Internet Engineering Task Force (IETF) worked on creating a new protocol which became known as Internet Protocol version 6 (IPv6), with new features and new capabilities, able to meet numerous requirements of the IETF. This paper aims to present characteristics of IP, in order to know the benefits of the new protocol compared to version 4 which is currently the most used. In this study, we seek to present the main characteristics of each protocol and the comparison between them and some of the improvements that a protocol has on the other, and demonstrate, through testing, the performance of each of the protocols.*

**RESUMO.** *O crescimento acelerado da Internet e inúmeros outros fatores, como a falta de endereçamento IP e a falta de segurança do protocolo antigo - Internet Protocol version 4 (IPv4), fizeram com que a Internet Engineering Task Force (IETF) trabalhasse na criação de um novo protocolo que passou a ser conhecido como Internet Protocol version 6 (IPv6), com novas funcionalidades e novos recursos, capazes de satisfazerem inúmeras exigências da IETF. Este trabalho tem como objetivo apresentar características dos protocolos IP, visando o conhecimento dos benefícios do novo protocolo em relação à versão 4 que atualmente é a mais utilizada. Neste estudo, busca-se apresentar as principais características de cada protocolo bem como a comparação entre eles e algumas das melhorias que um protocolo tem sobre o outro, além de demonstrar, por meio de testes, o desempenho de cada um dos protocolos.*

## 1. Introdução

A ARPANET era uma rede de pesquisa que foi criada pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos. Aos poucos, várias universidades e repartições públicas foram sendo conectadas a ela. Quando as redes de rádio e satélite foram criadas, começaram a surgir problemas com os protocolos então existentes, o que necessitou a criação de novas arquiteturas, cujo objetivo principal era conectar várias redes ao mesmo tempo. Essa arquitetura passou a ser conhecida como o Modelo de Referência Transmission Control Protocol/Internet Protocol - TCP/IP (TANENBAUM,1997).

Nos anos 80, o IPv4 passou a ser um dos protocolos mais utilizados, por se tratar de um projeto flexível e poderoso, pois que conciliava as constantes mudanças na tecnologia. O protocolo IPv4 é o mecanismo que se responsabiliza pela comunicação com a pilha TCP/IP(COMER, 1998).

O projeto IPV4, apesar de ser flexível e poderoso, não foi desenvolvido para dar suporte à segurança em uma rede de computadores, e tão pouco para suportar o aumento acelerado da utilização da Internet, ocasionando assim uma falta de endereçamento do IP. Não só a necessidade de fornecer segurança para as informações que trafegam pela rede como também a disponibilidade para serviços em tempo real, foram os motivos pelos quais o IETF, órgão responsável pela elaboração das especificações do protocolo IPv4, tivesse suas atenções voltadas para um novo protocolo de comunicação capaz de resolver tais problemas (PETERSON, DAVIE, 2004).

A partir desta análise, nos anos 90, um novo protocolo passou a ser desenvolvido, o então chamado IPv6. O mesmo é a nova versão do IP, projetado para ser o sucessor do protocolo que está sendo utilizado atualmente na maior parte das redes de computadores. Os projetistas buscaram manter seus aspectos fortes e reformular suas deficiências. Foram consideradas inúmeras propostas para o novo protocolo (COMER, 1998). Consequentemente, ele traz novas funcionalidades, tais como suporte nativo à segurança, endereçamento de 128 bits e formato de cabeçalho simplificado, o que indica uma grande evolução do protocolo atual.

Nesse contexto, o artigo apresenta a análise de desempenho dos protocolos IPv4 e IPv6, e também uma breve descrição sobre cada um desses protocolos.

## 2. Redes de Computadores

Redes de computadores são estruturas físicas (equipamentos) e lógicas (programas, protocolos) que permitem que dois ou mais computadores possam compartilhar suas informações entre si.

Quando um computador está conectado nela, ele pode ter acesso às informações que chegam a ele e às informações presentes nos outros computadores ligados a ele, na mesma, o que permite um número muito maior de informações possíveis para acesso por intermédio do computador.

Elas podem ser classificadas como:

a) Local Area Network (LAN): as LAN's são pequenas, a maioria de uso privado, que interligamos nós dentro de pequenas distâncias. São muito utilizadas para a conexão de computadores pessoais e estações de trabalho, permitindo o compartilhamento de recursos e informações;

- b) Wide Area Networks (WAN): geograficamente distribuídas, são formadas por grandes áreas geográficas que abrangem países e continentes. São formadas por um conjunto de hosts, conectados por intermédio de uma sub-rede. Esses hosts são computadores pessoais e a sub-rede é formada por operadoras telefônicas e provedoras de Internet;
- c) Metropolitan Area Network (MAN): redes metropolitanas é praticamente uma versão ampliada das LAN, pois utilizam tecnologias semelhantes. Elas podem ser formadas por escritórios vizinhos ou abranger uma cidade inteira sendo ou redes públicas ou redes privadas. Um bom exemplo de uma MAN são as redes de TV e Internet a cabo, que existem na maioria das grandes cidades. As elas são inferiores as LAN em capacidade de transmissão, isso é devido aos dispositivos de conexão utilizados e a distância entre os nós;
- d) Global Area Network (GAN): são usadas principalmente por multinacionais, que devido a sua extensão global necessita de uma rede privada de grandes extensões.

## 2.1 Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP)

O TCP/IP é um conjunto de protocolos de comunicação entre computadores em rede, por exemplo, TCP, IP, FTP. Todas as informações que trafegam na rede necessitam desse protocolo, por isso ele é utilizado como protocolo primário da rede na Internet (HAYDEN).

O motivo pelo qual o TCP/IP teve sucesso, não vem da popularidade da Internet, pois mesmo antes da explosão da Internet, o TCP/IP estava ganhando conhecimento e popularidade entre profissionais responsáveis pela parte de redes de computadores. O motivo pelo qual ganhou popularidade foi o fato de ser um padrão aberto, livre do controle de uma empresa(HAYDEN).

O conjunto de protocolos pode ser visto como um modelo de camadas, onde cada camada é responsável por um grupo de tarefas, fornecendo um conjunto de serviços bem definidos, para o protocolo da camada superior, onde essas camadas são:

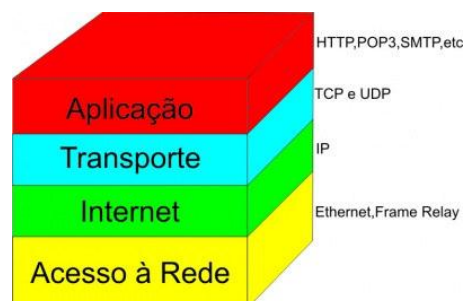


Figura 1. Modelo de referência do modelo TCP/IP.

- a) Aplicação: Define os protocolos de aplicativos TCP/IP e como os programas host estabelecem uma interface com os serviços de camada de transporte para usar a rede;

- b) Transporte: Fornece gerenciamento de sessão de comunicação entre computadores host. Define o nível de serviço e o status da conexão usada durante o transporte de dados;
- c) Internet: essa camada é a responsável pelo roteamento dos pacotes entre os hosts, tem por função encontrar o caminho mais curto e confiável entre os computadores. Em nível de redes especificamente é a que se responsabiliza na entrega dos datagramas no destino certo;
- d) Enlace (acesso a rede): próprio meio físico da rede. Assim, qualquer comunicação entre computadores deverão passar por a mesma. Nessa camada estão incluídos todos os dispositivos de hardware usado em comunicação em. (TANENBAUM, 1997).

## **2.2 Protocolo de Comunicação versão 4 (IPv4)**

Nos anos 80, o IPv4 passou a ser um dos protocolos mais utilizados, por se tratar de um projeto flexível e poderoso, tanto que conciliava as constantes mudanças na tecnologia (COMER, 1998). Esse protocolo é o mecanismo que se responsabiliza pela comunicação com a pilha TCP/IP.

É um protocolo para a entrega universal dos dados via rede, onde os mesmos são empacotados em datagramas, cujo objetivo é compreender algumas informações de controle e também os payload de dados a serem entregues (FARREL, 2005).

O projeto não foi criado para dar suporte à segurança de uma rede, e tão pouco para suportar o aumento acelerado no crescimento da utilização da Internet. A falta de endereçamento IP em um futuro próximo, juntamente com a necessidade de fornecer segurança para as informações que trafegam pelo mundo virtual e a disponibilidade para serviços em tempo real, fez com que o IETF, órgão responsável pela elaboração das especificações desse protocolo, tivesse suas atenções voltadas para um novo protocolo de comunicação capaz de resolver os problemas do protocolo atual (PETERSON, DAVIE, 2004).

## **2.3 Protocolo de Comunicação versão 6 (IPv6)**

Os pesquisadores começaram a trabalhar em uma nova versão de IP; porém, necessitavam de um nome para o projeto. Quando era definido um protocolo específico, o grupo precisava distinguir o protocolo de todas as demais propostas. Como o IPV4 já estava sendo usado pelo atual protocolo, os pesquisadores esperavam que fosse usado o IPV5; porém, já estava sendo usado em outro projeto, então surge o nome IPV6. (COMER, 2001).

O IP versão 6 é a nova versão do Internet Protocol. Foi projetado para satisfazer às aspirações de desejos das empresas que necessitavam maior segurança e integridade de seus dados.

A previsão para o início de operação comercial dele é 2010. Por uns 5 anos, os equipamentos deverão oferecer compatibilidade entre esse protocolo e seu antecessor, o IPv4, seja por encapsulamento, tunelamento ou algum protocolo de roteamento capaz de lidar com ambas as versões ou alguma outra técnica; porém, a migração não será algo simples. Há um grupo de trabalho do IETF, o IPng

Transition, exclusivamente ocupado para levantar os problemas e soluções para essa migração.

### **3 Internet Protocol Version 4 vs Internet Protocol Version 6**

O novo protocolo é emergente, ele passou por muitos testes em redes de desenvolvimento e experimentais e está sendo implantado cada vez mais nas redes privadas e públicas. O suporte a esse tipo de rede vem sendo discutido como um fator importante para essa decisão. Apesar disso o seu antecessor continua sendo muito popular, pois o suporte para o IPv6 em um provedor de serviços é bastante limitado.

Enfim, há uma motivação para uma nova versão do IP: lidar com problema de expansão causado pelo crescimento da Internet (PETERSON, DAVIE, 2004).

#### **3.1 O Efeito sobre outros Protocolos**

Uma grande quantidade de outros protocolos IP foram criadas especificamente para o protocolo IPv4, e não conseguem lidar com a nova versão IPv6. Por isso novas versões desses outros protocolos tiveram que ser criadas, como a ICMPv6. Já alguns protocolos foram efetuados mudanças para suportar o novo protocolo de uma maneira mais relativamente controlada, pois seu formato de endereço já era genérico (FARREL, 2005).

#### **3.2 Técnicas de Transição**

Com o intuito de facilitar o processo de transição entre as duas versões do Protocolo Internet, algumas técnicas foram desenvolvidas para que toda a base das redes instaladas sobre IPv4 mantenha-se compatível com o protocolo IPv6, sendo que nesse primeiro momento de coexistência entre os dois protocolos, essa compatibilidade torna-se essencial para o sucesso da transição para o IPv6.

Cada uma dessas técnicas apresenta uma característica específica, podendo ser utilizada individualmente ou em conjunto com outras técnicas, de modo a atender as necessidades de cada situação, seja a migração para o IPv6 feita passo a passo, iniciando por um único host ou sub-rede, ou até de toda uma rede corporativa.

Estes mecanismos de transição podem ser classificados nas seguintes categorias:

Pilha dupla: que provê o suporte a ambos os protocolos no mesmo dispositivo;

Tunelamento: que permite o tráfego de pacotes IPv6 sobre estruturas de rede IPv4;

Tradução: que permite a comunicação entre nós com suporte apenas a IPv6 com nós que suportam apenas IPv4.

Como o período de coexistência entre os dois protocolos pode durar indefinidamente, a implementação de métodos que possibilitem a interoperabilidade

entre o IPv4 e o IPv6, poderá garantir uma migração segura para o novo protocolo, por intermédio da realização de testes que permitam conhecer as opções que estes mecanismos oferecem, além de evitar, no futuro, o surgimento de “ilhas” isoladas de comunicação.

### **3.3 Requisitos para o novo Protocolo**

De acordo com Farrel, diversos outros projetos foram propostos; porém, nenhum conseguiu satisfazer os requisitos necessários, por isso para criar um novo protocolo a IETF escreveu uma Request for Comments (RFC) 1752 para resumir os requisitos para a próxima geração do protocolo, com isso os criadores tiveram uma grande base para o novo protocolo, algumas dessas restrições foram:

- a) Prover um serviço de datagrama não confiável;
- b) Prover suporta unicast e multicast;
- c) Segurar se em além de um futuro próximo o endereçamento;
- d) Ser compatível com IPv4;
- e) O novo protocolo deve ser flexível, para atender a mudanças na Internet;
- f) Essas e mais vários outros requisitos foram incorporados no novo protocolo, o qual veio a se tornar o IPv6.

## **4 Ambiente de Teste e Avaliações**

Para realizar a análise dos protocolos de comunicação IPv4 e IPv6 foram criados dois ambientes de testes, no qual o primeiro ambiente foi projetado com dois computadores ligados em rede ponto a ponto por meio de um cabo crossover e baseado no sistema operacional Windows, que oferecesse suporte tanto ao IPv4 quanto ao IPv6. Neste ambiente tivemos a ausência de tráfego na rede para ter uma maior precisão nos testes realizados.

Já no segundo ambiente foram conectados 3 computadores em uma LAN, para essa conexão foi utilizado um hub e três cabos de rede, onde esta encontra-se com um tráfego aleatório de dados que foi gerado através da transmissão de um arquivo de aproximadamente dois gigabytes, com o intuito de chegar o mais próximo possível de simular uma rede em com transmissão de dados, assim podendo avaliar os protocolos mais perto de seu funcionamento real.

### **4.1 Processo de Avaliação**

A avaliação foi realizada com base nos protocolos de comunicação IPv4 e IPv6, verificando seu desempenho.

Para a realização desta foram escolhidos três computadores de boa qualidade de desempenho, para que não influenciassem nos testes. Também foram realizados dois testes com arquiteturas de rede diferentes.

No primeiro teste, foram configuradas duas redes, onde uma delas estava com endereços Ipv4. Os dois computadores ligados ponto a ponto, conforme a Figura 2, que contém mais detalhes dessa rede, com essa mesma arquitetura foi configurado outra rede; porém, com endereçamento IPv6.

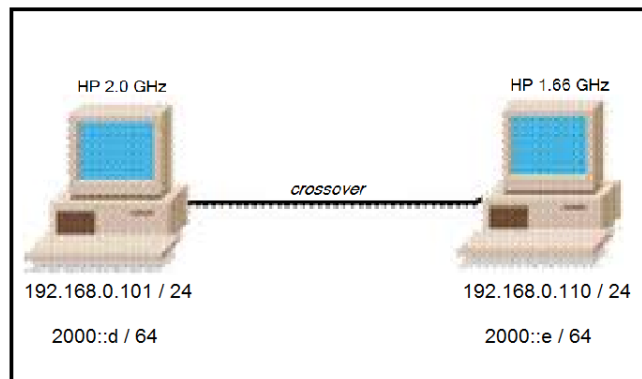


Figura 2. Rede ponto a ponto IPv4 e IPv6.

Depois de configurar todos os equipamentos, buscou-se uma ferramenta ou um método para a avaliação dos protocolos, mais precisamente em largura de banda e latência.

Já em um segundo teste foi configurado duas redes, onde três computadores foram ligados por meio de um hub. A primeira rede foi toda configurada utilizando endereçamento IPv4, e a segunda rede com endereçamento IPv6 conforme mostra a Figura 3.

Nessas redes dois computadores foram utilizados para realizarem testes e um terceiro computador foi utilizado para gerar tráfego na rede, onde o tráfego foi gerado através da transmissão de um arquivo de aproximadamente dois gigabytes, com o intuito de chegar o mais próximo possível de simular o cotidiano onde seria utilizado esse protocolo.

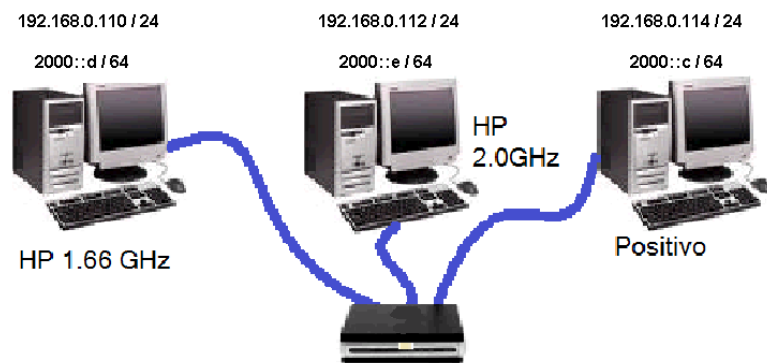


Figura 3. Rede multiponto IPv4 e IPv6.

Nesse teste também usou-se uma ferramenta para avaliação do protocolo. Que se fez necessário para analisar e avaliar os protocolos, mais precisamente em largura de banda e latência.

## 4.2 Medindo a Largura de Banda dos Protocolos

A primeira avaliação utilizará se de todos os ambientes descritos acima, e ela tem como objetivo avaliar a largura de banda de cada um dos protocolos. Avaliando assim a largura da banda tanto em uma rede ponto a ponto sem tráfego quanto uma rede multiponto com tráfego na rede.

Assim como mostra a Figura 4, é possível notar que o protocolo IPv4 possui uma pequena vantagem na taxa de transferência sobre o protocolo IPv6, ambos ligados na primeira arquitetura de rede, que seria de uma rede ponto a ponto sem tráfego. Após configurada a rede utiliza-se da ferramenta Jperf para verificar a largura da banda dos protocolos IPv4 e do IPv6. Como a diferença da taxa de transferência é pequena, o IPv6 leva uma grande vantagem, pois ele já tem o protocolo de segurança nativo.

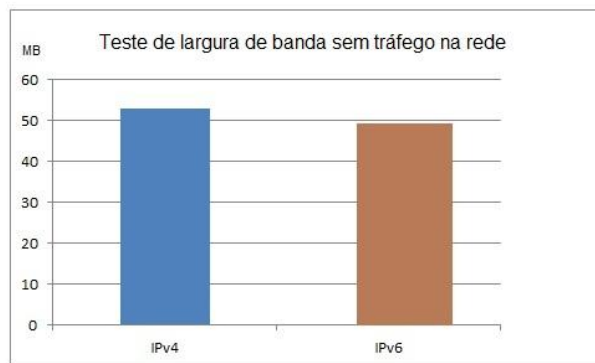


Figura 4. Teste de Largura de Banda sem Tráfego na Rede.

Foi efetuado um segundo testes, como podemos ver com a Figura 5, é possível notar que o protocolo IPv4 e o IPv6 possuem praticamente a mesma largura de banda, também pode se observar que ambos estão ligados na segunda arquitetura de rede, que seria de uma rede multiponto, com tráfego, tiveram uma grande redução na taxa de transferência, essa redução como pode se notar é praticamente a mesma porcentagem para os dois protocolos. Esse teste foi realizado utilizando a ferramenta Jperf como mostra os anexos.



Figura 5. Teste de Largura de Banda com Tráfego na Rede.

### 4.3 Medindo A Latência Dos Protocolos

Em um primeiro teste, mudou-se a métrica, avaliar-se-á a latência, onde é possível verificar, conforme a Figura 6, como se pode observar nesse teste, que usa a arquitetura de rede ponto a ponto e sem tráfego. Depois de configurada a rede utiliza-se do comando ping para verificar a latência dos protocolos IPv4 e IPv6, a latência dos dois protocolos são praticamente igual, o IPv4 tem uma pequena vantagem se destacarmos somente a latência; porém, se observado de uma forma mais ampla o IPv6 possui uma vantagem enorme a ser considerada, pois ele já possui criptografia.

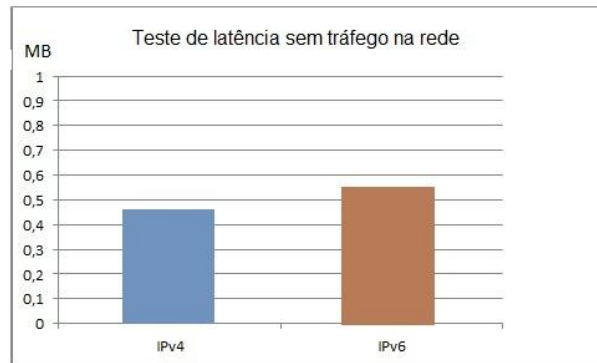


Figura 6. Teste De Latência Sem Tráfego Na Rede.

Em um segundo teste, com o mesmo intuito e mesma arquitetura, onde é possível analisar com a Figura 7 os resultados. A latência dos dois protocolos são praticamente igual, o IPv4, como já citado anteriormente tem uma pequena vantagem se destacarmos somente a latência; porém, ao observarmos em uma forma ampla o IPv6 possui vantagens a serem considerada, uma delas é que o novo protocolo já possui criptografia nativa. Para essa avaliação foi utilizado o comando ping, que tem como objetivo verificar a latência de uma rede.

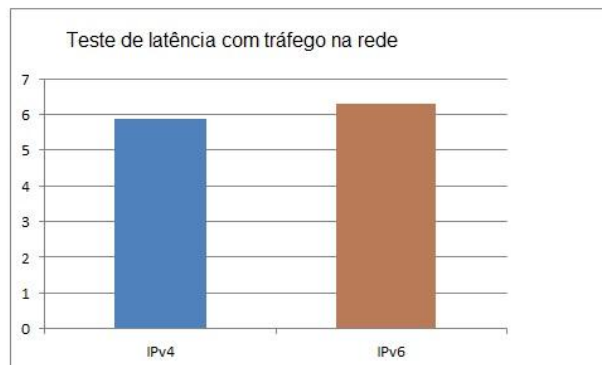


Figura 7. Teste de Latência com Tráfego na Rede.

## 5 Conclusão

Este trabalho teve como um dos objetivos, realizar o estudo e comparação entre os protocolos de comunicação IPv4 e IPv6, mais especificamente o endereçamento o roteamento e seu cabeçalho, onde foi uma das principais mudanças do novo protocolo. Outro objetivo era comparar o desempenho de cada um dos protocolos e documentá-los, para isso foi utilizado a ferramenta Jperf e o comando ping, para que pudessemos avaliar o desempenho de cada protocolo, mais especificamente, largura de banda e latência.

Durante o estudo, percebeu-se algumas vantagens que demonstram a necessidade da criação desse novo protocolo, as principais vantagens são suporte nativo a segurança, que na versão anterior necessitou da junção com outro protocolo o IPsec, outra vantagem é o cabeçalho simplificado, que diminui o processamento dentro dos roteadores e ainda temos a vantagem da quantidade de endereços IP, que o novo protocolo possibilita uma enorme quantidade de endereços IP válidos.

Apesar das melhorias o novo protocolo encontrará algumas dificuldades para entrar no mercado, pois mudanças sempre geram desconfiança, algumas

dessas dificuldades serão na configuração da rede IPv6, outra será a nova representação do endereço IP de cada host.

No decorrer do trabalho encontrou-se algumas dificuldades, onde uma delas é a ferramenta a ser utilizada para a avaliação dos protocolos, no mercado atualmente se tratando de software livre, poucas ferramentas boas foram encontradas, e as ferramentas que encontrou-se foi difícil de encontrar estudos sobre as mesmas. Outra dificuldade que não foi relatada no trabalho foi o relatório de custo dos equipamentos, onde seria verificado preços de equipamentos que suportassem os protocolos IPv4 e o IPv6, e essas empresas as quais foram feito o levantamento de custo tinham pouco conhecimento desses protocolos, ou não possuíam equipamentos que suprissem a necessidade para a implantação dessas redes.

Os testes foram efetuados em ambientes iguais; porém, com diferença no endereçamento IP, pois o objetivo do trabalho era avaliar os protocolos. Vale se destacar que quando os testes se voltavam para avaliar o IPv4, o protocolo IPv6 foi desativado para que não afetasse de forma alguma os mesmos, e isso ocorreu também com o processo de avaliação do outro protocolo. Com isso pode-se obter resultados mais precisos.

Com o resultado dos testes pode-se notar conforme os anexos uma pequena melhoria no protocolo IPv4; porém como já observado, esse protocolo não possui suporte nativo a segurança, esse fator influencia na decisão de qual tipo de protocolo implementar principalmente nas empresas. Com tudo isso pode-se avaliar que se a empresa necessitar de segurança e desempenho na sua rede, a melhor opção seria de se atualizar para o novo protocolo, mas se a empresa não necessitar de segurança pode-se optar pela permanência do protocolo IPv4, pois como ele conseguiu prorrogar seu tempo de vida por meio de métodos criados após sua criação, ele ainda funcionará por um período indeterminado, apesar de ter conseguido esse retardo na sua obsolescência, e de sua incógnita de tempo de vida, de acordo com os estudos ele está prestes a terminar, sendo assim necessário à implantação do novo protocolo de comunicação.

Esse novo protocolo por sua vez, crê-se que não foi adotado pelo fato da atualização nos hardwares e softwares, pois a maioria das empresas ainda trabalham com sistemas operacionais que não oferecem suporte ao novo protocolo, e nem hardwares que suportem esse novo protocolo também.

Para trabalhos futuros sugiro avaliar os protocolos em uma rede com um real funcionamento, com tráfego aleatório como, por exemplo, configurar em uma parte de uma empresa o protocolo IPv6 e testar durante o dia-a-dia para ver como o ele se comporta no cotidiano. Outro trabalho que se pode realizar seria um trabalho na segurança que esse novo protocolo possui nativamente, aprofundando teoricamente comprovando-os por meio de testes.

## Referências

- COMER, Douglas E. **Rede de Computadores e Internet: Abrange Transmissão de Dados, Ligação Inter-redes e Web**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 522 p.
- COMER, Douglas E; STEVENS, David L. **Interligação em Rede com TCP/IP: Projeto, implementação e detalhes internos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 1999. 591 p.

FARREL, Adrian. **A Internet e seus Protocolos: Uma Análise Comparativa**. Rio de Janeiro: Campus, 2005. 572 p.

HAYDEN, Matt. **Redes: Aprenda em 24 horas**; Tradução: Marcos Pinto. Rio de Janeiro: Campus, 1999. 246 p.

PETERSON, Larry L; DAVIE, Bruce S. **Redes de Computadores: Uma Abordagem de Sistemas**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. 588 p.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de Computadores**, tradução da terceira edição. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997. 923 p.