

Análise e Proposta de Implantação de um Ambiente de Rede utilizando o Protocolo IPv6

Fernando Zucuni Martini, Madianita Bogo

**Centro Universitário Luterano de Palmas
Palmas - Tocantins
{martini, mbogo}@ulbra-to.br**

1. Introdução

Este trabalho visa demonstrar as mudanças em relação ao protocolo IP (*Internet Protocol*), o qual é responsável pela transmissão de dados e comunicação de máquinas em um ambiente de rede, sendo utilizado amplamente na Internet. A versão atual do IP é a 4, porém algumas características desta versão estão deixando a desejar, pois, nos últimos anos, a Internet teve um crescimento surpreendente e com este crescimento surgiram problemas que não estavam previstos. Assim, devido a grande quantidade de máquinas conectadas a Internet, os endereços IP começaram a se tornar escassos e, além disso, o surgimento de novas tecnologias, como, por exemplo, serviços em tempo real que utilizam sons e vídeos, não é suportado de maneira eficiente pelo atual protocolo.

Por estes e outros fatores começou-se a pensar na necessidade de criação de um novo protocolo, visto que o IPv4 não conseguiria suprir as necessidades por muito tempo. Sendo assim, em 1990 a *Internet Engineering Task Force* (IETF) iniciou o desenvolvimento de uma nova versão do protocolo, o IPv6, sendo que o IPv5 foi uma versão para experimentos.

Atualmente, o IPv6 está em fase de consolidação e a transição do IPv4 para o IPv6 ainda não aconteceu, sendo objeto de estudos de várias instituições, principalmente em pesquisas acadêmicas. Assim, este trabalho tem como objetivo realizar um estudo sobre o protocolo IPv6, fazendo uma comparação do mesmo com o IPv4, apresentar a situação atual do IPv6 e sugerir a implantação de uma rede com o novo protocolo, no CEULP/ULBRA, apresentando as ações que devem ser tomadas para a implantação da rede.

2. Protocolo IPv6

O IP (*Internet Protocol*) foi criado com o objetivo de permitir a comunicação entre máquinas, através da utilização de comutação de pacotes [COMER, 1998], sendo constituído por um conjunto de regras e formatos utilizados nas redes. O IP é considerado o elemento integrador da Internet, pois providencia a ligação de sub-redes, podendo-se dizer que “ele é a cola que mantém a Internet unida” [TANENBAUM, 1997].

Existem duas importantes definições de serviços para o protocolo IP: uma que define a unidade básica de transferência de dados, chamada de datagrama IP; e outra que define a função de roteamento, preocupando-se em como os datagramas (pacotes) são endereçados e quais caminhos terão que seguir para chegarem a seu destino.

Os datagramas são formados por bits contendo dados a serem transmitidos, nos quais são agregadas informações suficientes para percorrer o caminho da origem até o destino. Assim, o datagrama IP consiste em duas partes: o cabeçalho que fornece informações sobre o endereço de origem e de destino, além de informações sobre o datagrama e a área de dados, na qual estão os dados a serem enviados. A figura 1 demonstra de forma simplificada a estrutura de um datagrama IP.

Cabeçalho	Dados
(20 ou 24 bytes)	(até 65.511 ou 65.515 bytes)

Figura 1 – Estrutura simplificada de um datagrama IP.

“O protocolo IPv6 manteve muitas das funções do atual protocolo o IPv4, as quais foram responsáveis pelo grande sucesso do mesmo. Algumas destas funções são a entrega não confiável do datagrama, permitir que o remetente escolha o tamanho do datagrama, entre outras” [DANTAS, 2002]. Apesar de haver algumas similaridades entre os protocolos IPv4 e IPv6, existem alguns pontos em que o novo protocolo apresenta mudanças significativas, que são descritas a seguir.

2.1. Maior capacidade de endereçamento

O aumento na capacidade de endereçamento é uma das principais inovações do IPv6, que quadruplicou o número de octetos em relação ao IPv4, visto que o tamanho do endereço passou de 32 bits, divididos em 4 octetos, para 128 bits, contendo 16 octetos. Para ter uma idéia da quantidade de endereços que o novo protocolo pretende cobrir, se fossem alocados um milhão de endereços a cada micro-segundo, demoraria 20 anos para que todos os endereços fossem distribuídos.

O espaço de endereços do IPv6 garante tolerar qualquer esquema razoável de atribuição de endereço. Se futuramente for decidido mudar o esquema de endereçamento, o espaço de endereço será suficientemente grande para acomodar uma nova atribuição. Esta solução apesar de resolver os problemas da capacidade de endereços insuficientes cria um novo problema, que é o tamanho extenso do endereço, visto que há uma dificuldade natural dos humanos trabalharem com números binários, ainda mais com números extensos.

Assim, foi estabelecido que o endereçamento do IPv6 teria uma nova notação, denominada *colon hex* [DANTAS, 2002]. Nesta notação os endereços são representados por valores hexadecimais separados por dois pontos. Desta forma consegue-se uma vantagem da utilização de menos dígitos e menos caracteres separadores do que a decimal pontuada.

100.201.201.222.255.255.128.255.0.0.14.255.150.10.255.255

Representação: Decimal pontuada.

68E6:8C64:FFFF:FFFF:0:1180:96A:FFFF

Representação: Notação hexadecimal (*colon hex*)

Figura 2 - Exemplo de um endereço IPv6

2.2. Formato de cabeçalho flexível

Um cabeçalho básico mais simples e cabeçalhos de extensão opcionais dão ao IPv6 características de flexibilidade para adaptação a futuras tecnologias. Algumas informações contidas no IPv4 se tornaram opcionais para dar um melhor rendimento no roteamento. Apesar do protocolo IPv6 poder oferecer um número bem maior de endereçamento, além de outras opções, como é demonstrado na figura 3, o seu cabeçalho contém bem menos campos fixos do que o protocolo IPv4 [COMER, 1998].

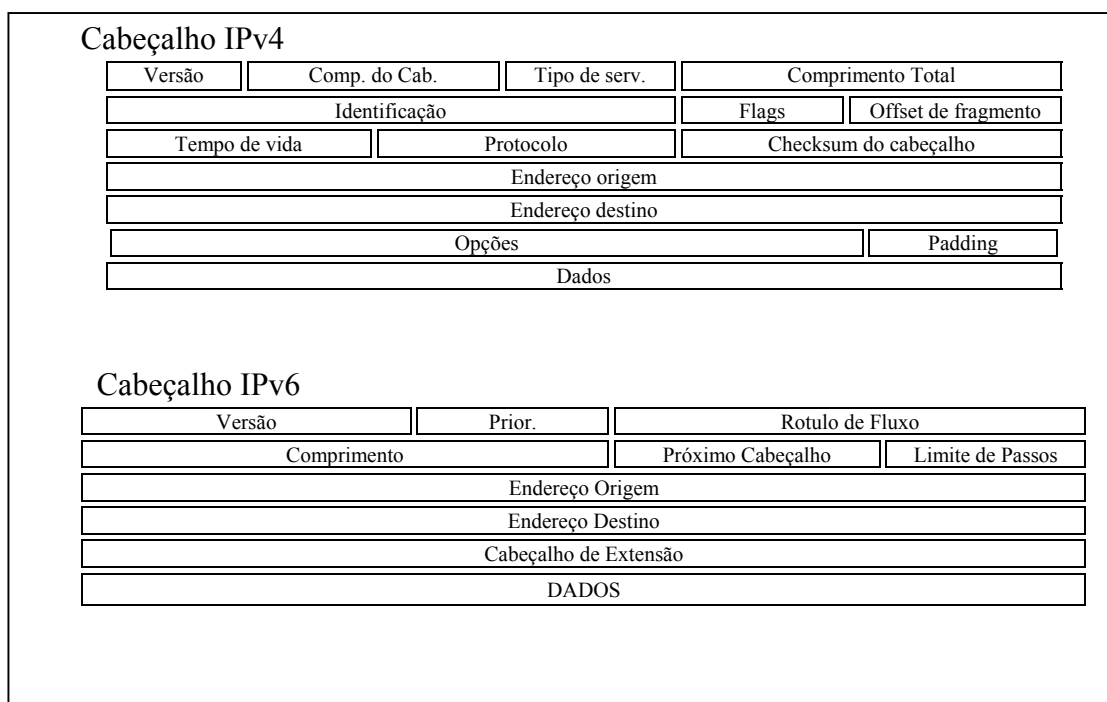


Figura 3– Formatos dos cabeçalhos IPv4 e IPv6

Para que o protocolo IPv6 alcance a eficiência e a flexibilidade propostas, além do cabeçalho básico, demonstrado na figura 3, foram elaborados cabeçalhos de extensão. Informações opcionais são codificadas nesses cabeçalhos, que são colocados em um pacote entre o cabeçalho IPv6 e o cabeçalho da camada superior [COMER, 1998].

A figura 4 demonstra o formato geral do datagrama, que é formado por uma parte fixa, o cabeçalho base, seguido de 0 ou mais extensões de cabeçalho, e posteriormente os dados.



Figura 4 - Formato do datagrama IPv6.

O datagrama IPv6 utiliza o mesmo princípio de uma lista encadeada para a inserção dos cabeçalhos, onde o cabeçalho anterior aponta sempre para próximo. Com os cabeçalhos de extensão é possível obter um datagrama mais simplificado visto que só irá ser anexado os cabeçalhos que realmente serão utilizados.

2.3. Fragmentação

No IPv4, a fragmentação acontece da seguinte forma: quando o tamanho do datagrama é maior que o MTU (*Maximum Transfer Unit*) da rede, este é dividido em novos datagramas, copiando-se para o conteúdo do cabeçalho do datagrama original. No cabeçalho das cópias o valor do campo identificação permanece inalterado, pois irá identificar os fragmentos do datagrama dividido. Uma observação importante é que os fragmentos trafegam como datagramas isolados até o destino final, sendo que o datagrama é remontado quando todos atingirem o destino.

No IPv6, a fragmentação é realizada na própria máquina origem, ao contrário do IPv4 que permitia a fragmentação durante o envio do datagrama. Assim, antes de enviar o datagrama pela rede o IPv6 executa uma técnica de descoberta prévia do caminho identificando a MTU mínima até o destino. A máquina origem fragmenta o datagrama, fazendo com que o mesmo tenha fragmentos de tamanho inferior a MTU identificada.

Esta fragmentação é chamada fim-a-fim, pois nenhuma fragmentação ocorrerá nos roteadores intermediários, havendo uma redução no *overhead* dos roteadores, possibilitando que os mesmos atendam um número maior de datagramas por unidade de tempo. Quando for necessária uma fragmentação a máquina origem insere um cabeçalho de extensão após o cabeçalho básico [COMER,1998].

2.4. Roteamento

O roteamento IP tem a finalidade de encaminhar um determinado datagrama pela rede até o seu destino final, ou seja, escolhe uma rota para levar o datagrama da origem até o destino. No protocolo IPv4, quando uma máquina deseja enviar um datagrama, o protocolo encapsula o datagrama e envia ao roteador com menor ou melhor caminho, este extrai o datagrama encapsulado e seleciona o próximo roteador ao longo do caminho do destino, e assim sucessivamente até chegar ao seu destino final.

Ao contrário da versão atual, no IPv6 é permitido que o transmissor especifique uma rota de origem livre, através do uso do cabeçalho de extensão. O cabeçalho contém uma lista de endereços que especificam os roteadores intermediários através dos quais o datagrama deve trafegar. Entre os campos do cabeçalho de roteamento os mais importantes são: o campo número de endereços, que especifica o número total de endereços da lista; e o campo próximo endereço, que especifica o próximo endereço para o qual o datagrama deverá ser enviado [COMER,1998].

Assim, no protocolo IPv6 o caminho percorrido pelo datagrama é estabelecido na máquina origem, antes do envio. Desta forma o processamento dos roteadores é reduzido, além de possibilitar um controle maior sobre o caminho que o datagrama percorrerá.

3. Paralelo entre IPv6 e IPv4

Como descrito anteriormente, o IPv6 foi projetado, principalmente, com o intuito de resolver o problema de falta de endereços no IPv4, além de sanar outras deficiências que o IPv4 vinha apresentando.

A tabela 1 demonstra um paralelo entre os protocolos IPv4 e IPv6, enfocando suas principais diferenças [BRISA, 1997]:

Itens	IPv4	IPv6
Endereços	Endereço IP com tamanho igual a 32 bits.	Endereço IP com tamanho igual a 128 bits.
	Classes de endereços (A, B, C),	Possui três tipos de endereços unicast, anycast e multicast.
Cabeçalho	Existência de <i>checksum</i> do cabeçalho.	Inexistência de <i>checksum</i> do cabeçalho.
	Possui um campo de opções, limitado em 40 bytes.	Possui vários cabeçalhos de extensão com tamanhos variados.
Fragmentação	Pode realizar a fragmentação em qualquer <i>gateway</i> da rede.	Realiza a fragmentação somente na máquina origem.
Roteamento	Suporta aos protocolos básicos de roteamento.	Suporta aos protocolos básicos de roteamento.
	Função de roteamento na fonte exercida por um protocolo de camada superior.	Roteamento é feito através de um cabeçalho de extensão.
Segurança	Não existe mecanismos de segurança.	Suporta mecanismos de segurança, como integridade, autenticação entre outros.
ICMP	Controle de erros.	O protocolo ICMP exerce as funções de controle de membros e controle de erros.

Tabela 1 - Comparativo das características entre os protocolos IPv4 e IPv6.

4. Transição IPv4 para IPv6

A Internet é composta por um misto de diversas estruturas de redes administradas de forma descentralizada, dificultando a migração para o IPv6. Além disso, mesmo que a administração fosse centralizada, muitas estruturas não suportam a implantação do protocolo IPv6 [ALLAN, 2002].

Assim, a transição para o novo protocolo demanda tempo, sendo que sistemas IPv6 terão que coexistir com sistemas rodando em estrutura IPv4, para que a transição ocorra gradualmente. As máquinas com infra-estrutura IPv6 deverão inter-relacionar-se com máquinas IPv4, através da estrutura atual. Regiões com roteamento IPv6 estarão distribuídas na rede IPv4. Além disso, pode-se estimar que, mesmo após a transição para o novo protocolo, restarão pontos IPv4 conectados a uma infra-estrutura IPv6.

Portanto, deverá haver mecanismos para que as regiões IPv4 interajam entre si através das regiões IPv6.

Para que a migração aconteça de forma suave e incremental foram desenvolvidos mecanismos que possibilitam a coexistência do IPv4 e IPv6, entre estes podem ser citados, pilha dupla, túnel IPv4/IPv6 e tradução IPv4/IPv6 estes são descritos a seguir.

4.1. Pilha Dupla

Através deste mecanismo as máquinas podem suportar os dois protocolos, podendo conectar e acessar recursos da rede IPv4 e IPv6 simultaneamente. Além disso, existe a possibilidade de um dos protocolos estar desabilitado na pilha, assim a máquina irá se comportar como se houvesse somente um protocolo implementado. Os roteadores que tiverem pilha dupla poderão repassar tanto pacotes IPv4 quanto IPv6.

4.2. Túnel IPv4 e IPv6

No atual processo de migração está sendo constituído um ambiente formado por ilhas IPv6 conectadas entre si através de estruturas IPv4, sendo que estas ilhas necessitam, de alguma forma, se comunicar. Sabendo-se que pacotes IPv6 não podem trafegar normalmente sobre a infra-estrutura atual da Internet, que é em IPv4, foi criado um mecanismo para possibilitar que máquinas IPv6 se comuniquem mesmo que entre elas exista uma rede IPv4. Nesse mecanismo os pacotes IPv6 são encapsulados em pacotes IPv4.

Máquinas com pilha dupla são inseridas na fronteira entre as redes IPv4 e IPv6, funcionando da seguinte forma: quando um pacote IPv6 entra no túnel é encapsulado com um cabeçalho IPv4, estando apto a trafegar pela rede IPv4 até alcançar o final do túnel, sendo desencapsulado e entregue como IPv6. Desta forma os pacotes passam por roteadores IPv4 sem que eles saibam que o protocolo IPv6 está envolvido [ALLAN, 2002].

4.3. Tradução de Pacotes

Por meio da tradução de pacotes IPv6 para IPv4, ou pacotes IPv4 para IPv6, máquinas e redes com versões diferentes do IP podem se comunicar e trocar informações, por exemplo, uma máquina IPv6 poderá acessar um recurso (ex. site web) localizado em uma máquina IPv4. Assim, é necessário que haja uma máquina IPv4/IPv6 que interaja com as máquinas que desejam estabelecer comunicação, traduzindo os pacotes IPv4 em IPv6 e vice-versa [ALLAN, 2002].

Ao contrário dos túneis, na tradução do IPv4/IPv6 as máquinas que implementam versões distintas dos protocolos, ao se comunicarem, necessitam de algum mecanismo de tradução de pacotes, pois embora utilizem as mesmas aplicações e os mesmos protocolos de transporte, como TCP e UDP, a camada de rede de cada uma opera com um protocolo distinto. Mesmo que os protocolos IPv4 e IPv6 possuam a mesma filosofia básica de funcionamento, a estrutura dos pacotes é completamente distinta

5. Situação atual do IPv6

Em 1996 foi iniciado o projeto denominado 6bone, que é um *backbone* internacional formado por *sites* Ipv6 conectados através de túneis Ipv4, visando servir como suporte a testes de implementação do protocolo Ipv6 em diversas plataformas, além de servir como ponto de partida para a implementação do protocolo na internet [6bone, 2003] .

Atualmente, o projeto 6Bone consiste em uma rede virtual que permite o transporte de pacotes IPv6 sobre redes físicas IPv4, formando um cenário composto por ilhas IPv6 que suportam diretamente o protocolo e comunicam-se entre si através de ligações virtuais ponto a ponto (túneis). As máquinas com protocolo IPv4 que compõem os túneis possuem um sistema operacional com suporte para IPv6 e utilizam protocolos de roteamento adequados à nova versão.

O 6bone foi o ponto inicial para a disseminação do protocolo IPv6, sendo que este projeto é conhecido mundialmente, servindo de referência para pesquisas e informações sobre o novo protocolo.

Apesar do início das pesquisas com o IPv6 terem sido iniciadas há um bom tempo, no Brasil, os projetos utilizando o protocolo ainda estão se consolidando, sendo que a maior parte desses projetos é realizada em laboratórios de instituições de ensino, como pesquisas acadêmicas. A quantidade de projetos de pesquisa ainda é relativamente pequena e existe pouca documentação em relação aos mesmos.

A RNP (Rede Nacional de Pesquisa) possui dois projetos relacionados ao IPv6: o *backbone* RNP2, que interliga alguns pontos de presença da RNP com protocolo IPv6 em modo nativo, atualmente com 8 (oito) pontos de conexão; e o Br6Bone, que conecta instituições, que queiram usar o protocolo IPv6 através da estrutura atual em IPv4, através de túneis [RNP, 2003].

A disponibilidade destes serviços oferecidos pela RNP abre novas perspectivas para o desenvolvimento do IPv6 no país, na medida que permite à RNP estabelecer parcerias com instituições, inclusive do setor privado, é possível explorar novos protocolos, serviços e aplicações em ambientes IPv6. Além de que, instituições ligadas a ela podem participar de uma rede de pesquisas com alcance internacional. Diversas universidades como Unicamp, UFRGS e UFBA, além de provedores comerciais, como a Rede Pegasus, participam do projeto [6bone, 2003].

6. Projeto de Implantação do Protocolo IPv6

Existe a necessidade de migração, em um futuro próximo, do protocolo IPv4 para o IPv6, sendo importante que as redes sejam testadas, para utilizar o novo protocolo, e que os administradores de redes tenham embasamento técnico e teórico suficiente para suprir os problemas que surgirem na fase de migração.

Devido aos fatores apresentados, propõe-se para o CEULP/ULBRA a implantação de um laboratório de testes do protocolo IPv6, no qual poderão ser realizadas pesquisas

com diversas aplicações, para obtenção de um diagnóstico do comportamento das mesmas. Além disso, poderá ser realizado, através da análise de desempenho de aplicações executadas sobre as duas versões, um comparativo estatístico entre os dois protocolos.

Pretende-se neste trabalho apresentar um projeto de implantação do IPv6 no CEULP/ULBRA e, conseqüentemente, começar a divulgar a necessidade de migração para o novo protocolo na instituição. Espera-se que, com os resultados obtidos na execução do projeto, o CEULP/ULBRA se torne uma referência para instituições que desejem obter informações sobre o IPv6.

6.1. Cenário Atual

O CEULP/ULBRA tem atualmente toda sua infra-estrutura de rede baseada no protocolo IPv4, a figura 5 demonstra o layout das ligações de rede do mesmo. Atualmente não existem projetos para de migração do protocolo IPv4 para IPv6 ou para a utilização parcial do IPv6 em algumas aplicações, com a finalidade de obtenção de conhecimento em relação a nova versão do protocolo.

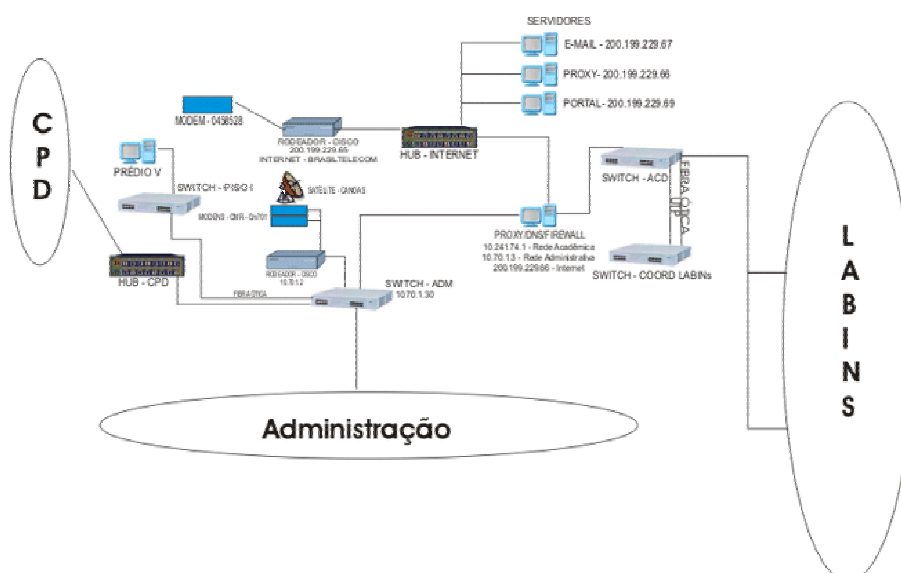


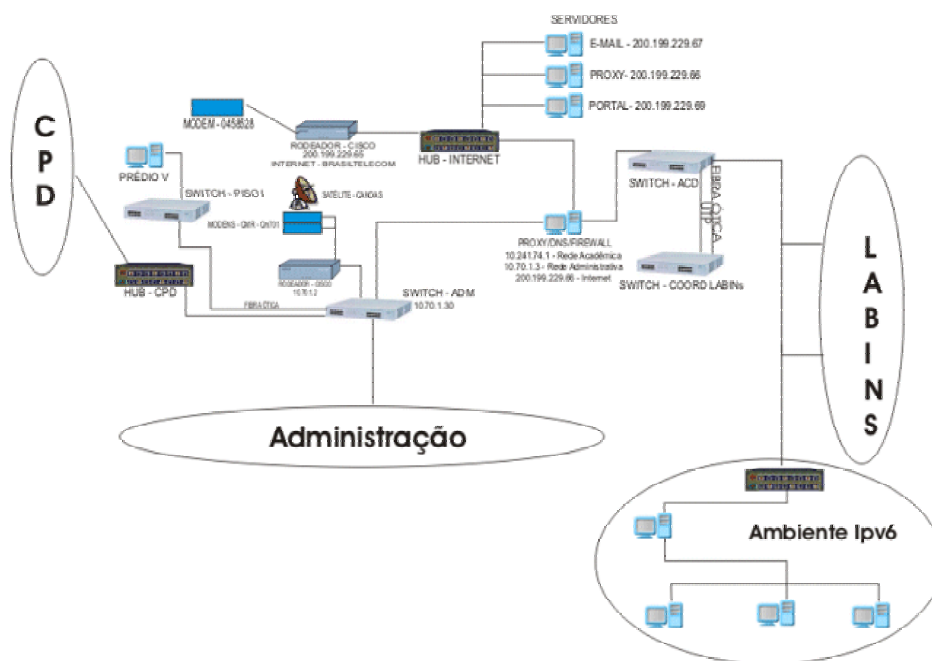
Figura 5 – Ambiente de Rede atual do CEULP/ULBRA

Constatou-se que é viável para a instituição a implantação de uma rede IPv6, visto que a mesma possui uma rede grande e que, inevitavelmente, terá que adaptar suas máquinas para o novo protocolo, mantendo-se atualizada em relação às novas tecnologias e preparando-se para a transição inerente.

6.2. Cenário Proposto

O que se propõe para o CEULP/ULBRA, no que diz respeito a infra-estrutura de rede, é a configuração de um ambiente que estará localizado no Laboratório de

hardware (sala 306) e será composto por máquinas configuradas com suporte ao IPv6, constituindo o ambiente de testes do novo protocolo.



Este ambiente será formado por uma bancada de computadores configurados com suporte a IPv6, que estarão ligados a uma máquina que funcionará como servidor e roteador, configurada com o sistema operacional *FreeBSD*. Além disso, no servidor será implementado o mecanismo de pilha dupla, pois este será responsável por realizar o tunelamento com o Br6bone.

7. Conclusão

Através dos estudos realizados, pôde-se verificar que a migração para o protocolo IPv6 será necessária e deverá ser realizada em um futuro próximo, visto que o IPv4 não foi projetado para o atual momento em que se encontra a área tecnológica.

Além disso, a tendência é que o IPv4 em breve deixe de suprir as necessidades da internet, seja pela escassez dos endereços ou pelo surgimento de novas tecnologias que o IPv4 não conseguirá atender.

No Brasil existem várias instituições que realizam projetos que utilizam protocolo IPv6, porém, como este ainda não está efetivamente em uso, normalmente são aplicados em ambientes de testes de instituições que desejam estudar sobre o protocolo. A maioria dos testes são realizados no meio acadêmico, por instituições de ensino.

Espera-se que através das análises das informações apresentadas e da implantação do ambiente de rede sugerido, venha-se a obter informações suficientes para que a transição entre as versões do protocolo ocorra de maneira natural. Além disso, o projeto apresentado para implantação do IPv6, no CEULP/ULBRA, visa inserir a instituição no atual cenário nacional de pesquisas sobre o assunto, possibilitando a aquisição e divulgação de conhecimento sobre o novo protocolo.

8. Bibliografia

[6bone, 2003] Projeto Brasileiro de IPv6. Disponível em <http://www.6bone.rnp.br>. Pesquisado em Junho de 2003.

[BRISA, 1997] Sociedade Brasileira para Interconexão de Sistemas Abertos. Arquitetura de redes de computadores, 2º edição revisada e ampliada. ed. Makron Books.

[COMMER, 1998] Comer, Douglas E. Interligação em redes com TCP/IP. Rio de Janeiro, 1998. ed. Campus

[DANTAS, 2002] Dantas, Mario. Tecnologias de redes de comunicação e computadores, Rio de Janeiro, 2002. ed. Axcel Books.

[PoP-RN, 2003] PoP-RN.IPv6. Disponível em <http://www.pop-rn.rnp.br/ipv6>. Pesquisado em Junho de 2003.

[RNP, 2003] Rede Nacional de Pesquisa. Disponível em <http://www.rnp.br>. Pesquisado em Junho de 2003.

[ALLAN, 2002]