

TRANSIÇÃO DO IPV4 PARA O IPV6***TRANSITION FROM IPV4 TO IPV6***

Daniel Lopes Ribeiro – daniellopes03@hotmail.com
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Taquaritinga – SP – Brasil

Fernando Tiosso – fernando.tiosso@fatec.sp.gov.br
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Taquaritinga – SP – Brasil

Helena Reis – helena.macedo@ufpr.br
Universidade Federal do Paraná (UFPR) – Jandaia do Sul – PR – Brasil

DOI: 10.31510/inf.v19i2.1471

Data de submissão: 01/09/2022

Data do aceite: 28/11/2022

Data da publicação: 20/12/2022

RESUMO

Atualmente, o principal protocolo da Internet, o IP, passa por uma migração da versão 4 para a versão 6, mudança necessária para atender à contínua e crescente demanda de se conectar novos dispositivos na rede. No entanto, as duas versões deste protocolo não se comunicam e considerando que a migração para o IPV6 não ocorrerá em toda a Internet ao mesmo tempo, tornam-se necessárias técnicas que permitirão a conversação entre eles. Assim, após a realização de pesquisas bibliográficas em livros, documentações e sites, o objetivo deste artigo é analisar e explicar as principais técnicas utilizadas para possibilitar a comunicação entre as redes que possuem diferentes protocolos elucidando as soluções adotadas em diferentes cenários.

Palavras-chave: IPV4. IPV6. Transição. Internet.

ABSTRACT

Currently, the main Internet protocol IP is undergoing a migration from version 4 to version 6, a necessary change to meet the continuous and growing demand to connect new devices to the network. However, the two versions of this protocol do not communicate and considering that the migration to IPV6 will not take place all over the Internet at the same time, techniques that will allow conversation between them become necessary. Thus, after carrying out bibliographic research in books, documentation and websites, the objective of this article is to analyze and explain the main techniques used to enable communication between networks that have different protocols, elucidating the solutions adopted in different scenarios.

Keywords: IPV4. IPV6. Transition. Internet.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, é muito difícil imaginar as relações humanas sem a utilização da Internet, visto que muitos assuntos oriundos desse relacionamento já passaram a ser tratados por meio da rede e tornaram-se parte do dia a dia dos indivíduos. Pode-se dizer que, nos dias de hoje, um dispositivo conectado à rede não é mais questão de entretenimento, pois é utilizado como meio para executar funções significativas do ser humano, como, por exemplo, o trabalho.

O primeiro conceito de Internet começou a ser cogitado na década de 1960, durante a Guerra Fria, onde o governo dos Estados Unidos da América (EUA) enfrentava o risco de suas bases serem atacadas e suas informações confidenciais tornarem-se públicas. Neste contexto, era preciso a criação de uma rede de troca de informações que permitisse o compartilhamento de dados privados de forma descentralizada, garantindo a sigilidade dessas trocas mesmo que um ataque fosse realizado. A esta primeira rede deu-se o nome de Arpanet (TANENBAUM, 2003).

Segundo Forouzan e Fegan (2009) o primeiro protocolo criado para permitir a interligação das redes foi o Network Control Protocol (NCP). Conforme surgiu a necessidade de mais dispositivos se conectarem à rede, foi preciso criar seu sucessor, o Transmission Control Protocol (TCP).

O TCP, criado na década de 1970, corrigiu vários erros do seu antecessor. Sua estrutura baseada em dois protocolos, o Internet Protocol (IP) que trataria do roteamento dos endereços de rede, e o TCP, que trataria da detecção de erros, montagem e desmontagem dos pacotes. Portanto, o protocolo de conexão com a Internet ficou conhecido como TCP/IP (FOROUZAN; FEGAN, 2009).

Segundo Fey e Gauer (2015) e Moreiras (2015) o Internet Protocol Version 4 (IPV4) começou a ser usado em 1983. Todavia, com cada vez mais dispositivos conectados, os endereços IP 's desse protocolo foram se esgotando e, para solucionar essa adversidade, em 1993 foi criado o Internet Protocol Version 6 (IPV6), com capacidade de endereçar até 340 undecilhões de dispositivos aproximadamente.

Segundo Nic Br (2020) e Nic Br (2012), o IPV4 se esgotou no dia 19 de agosto de 2020 na América Latina e no Caribe, tornando ainda mais indispensável agilizar o processo de implantação do novo protocolo. No entanto, o IPV6 não possui comunicação direta com o IPV4, impossibilitando que um dispositivo com endereçamento IPV6 comunique-se com outro de

endereçamento IPV4 e vice-versa. Desta forma, para possibilitar essa comunicação e atender à crescente demanda de conexão dos dispositivos na rede mantendo a Internet em pleno funcionamento nesse momento em que os dois protocolos existem em paralelo, foram criadas as técnicas de transição.

Assim, o objetivo deste artigo é analisar e explicar as principais técnicas utilizadas para possibilitar a comunicação entre as redes que possuem diferentes protocolos abordando as soluções adotadas em diferentes cenários e, para isso, apresenta na Seção 2 a fundamentação teórica onde serão tratados os conceitos sobre o tema abordado, na Seção 3 a metodologia utilizada no trabalho, na Seção 4 os exemplos práticos e, por fim, na Seção 5 as considerações e análises finais sobre o tema proposto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com o objetivo de se obter uma melhor compreensão dos assuntos abordados neste artigo e das técnicas de transição que permitem a comunicação dos protocolos IPV4 e IPV6, alguns conceitos serão explicados nas seções subsequentes.

2.1 Esgotamento do IPV4

Segundo Fey e Gauer (2015) e Brito (2013) o IPV4 foi projetado para comportar aproximadamente quatro bilhões de *hosts* conectados à Internet, pois em seu projeto divulgado em 1970 não se imaginou que esse número poderia ser insuficiente para comportar os mais diversos dispositivos conectados à rede.

A ideia de que o IPV4 iria se esgotar surgiu na década de 1990, quando a Internet foi disponibilizada para o público em geral, incluindo usuários domésticos e empresas. Em virtude desta ação, os números de IP começaram a ser consumidos rapidamente devido à grande quantidade de dispositivos que se conectaram à rede (BRITO, 2013).

Com o objetivo de solucionar essa questão, iniciou-se a concepção de uma nova versão do Protocolo IP, conhecida como IPV6, além da elaboração de alguns paliativos para reduzir a velocidade do esgotamento do IPV4, possibilitando que esta versão tivesse uma sobrevida de aproximadamente vinte e cinco anos. (BRITO, 2013).

Visando um melhor entendimento desses paliativos, os mesmos serão descritos nas seções subsequentes.

2.2 Network Address Translation (NAT)

Antes de compreender o NAT, é preciso entender as diferenças entre IP privado e público.

Segundo Pinto (2009) o IP privado é visível somente na rede local e não pode trafegar na Internet. Devido a esse fato, ele pode se repetir em diversas localidades pelo mundo, como, por exemplo, o IP Privado 192.168.0.0.

Já o IP Público pode navegar na Internet e não pode se repetir em todo o planeta. Assim, se uma rede possuir o IP Público 200.17.1.3 no Brasil, em todo o restante do mundo ninguém mais poderá possuir esse IP (PINTO, 2009).

Neste contexto, o NAT realiza a troca do IP Privado pelo Público e vice-versa. (CARISSIMI; ROCHOL; GRANVILLE, 2009).

2.3 Classless Inter-Domain Routing (CIDR)

Antes de mencionar o CIDR, é preciso tratar sobre classes, sub-rede e máscara de sub-rede para sua melhor compreensão.

Segundo Tanenbaum (2003) e Forouzan e Fegan (2009) a princípio as redes foram divididas em 3 classes A, B e C. A classe A atende redes de grande porte com 16 milhões de IP's em cada rede, a classe B redes de médio porte com 65 mil IP's em cada rede e a classe C redes de pequeno porte com 256 IP's em cada rede.

A separação por classes gerou uma situação em que muitos IP's eram desperdiçados, pois uma rede que possuía mais de 256 dispositivos ou que tivesse a pretensão de se expandir, provavelmente perderia uma faixa de endereçamento classe B e, posteriormente, utilizaria alguns poucos desses endereços, deixando sem uso muitos IP's (TANENBAUM,2003).

Para solucionar essa questão, foi criado o conceito de sub-rede, onde uma máscara, chamada de máscara de sub-rede, permitiu dividir uma rede classe A, B ou C em várias outras redes (CISCO, 2021).

Segundo Tanenbaum (2003) o IPV4 possui 32 bits, divididos em 4 grupos de 8 bits, onde cada grupo é chamado de octeto. A princípio, quem definia em qual IP a rede começa e em qual IP ela termina era o primeiro octeto do endereço IP, mas com a criação das sub-redes

foi preciso criar outra forma de realizar essa validação. A máscara de sub-rede indica o número de bits que são hosts e o número de bits que fazem parte da rede.

Segundo Forouzan e Fegan (2009) e Tanenbaum (2003) o CIDR surgiu para tentar minimizar o desperdício de endereços causados pela divisão por classe, utilizando o conceito de sub-rede e máscara de sub-rede, tornando possível distribuir os IP's de maneira flexível dependendo da necessidade, evitando o desperdício.

2.4 Protocolo IPV6

Segundo Fazzanaro (2013) e Nic Br (2011) o protocolo IPV6 foi criado para ser a solução definitiva para a adversidade de falta de endereços, visto que ele permite o endereçamento de aproximadamente 340 undecilhões de IP 's.

No IPV6, o número de bits correspondente ao endereço passou de 32 para 128 bits, a representação do endereço passou de decimal (base 10) para hexadecimal (base 16) e a separação dos campos passou a ser feita pelo símbolo de dois pontos, conforme as informações dispostas no Quadro 1 que permite a comparação de algumas características dos protocolos (FAZZANARO, 2013):

Quadro 1 – Comparativo entre IPV4 e IPV6

	IPV4	IPV6
Estrutura de Endereçamento(tamanho)	32 bits	64 bits
Número de IP's(aproximadamente)	4,3 bilhões	340 undecilhões
Notação	Decimal	Hexadecimal
Separação	Ponto	Dois Pontos

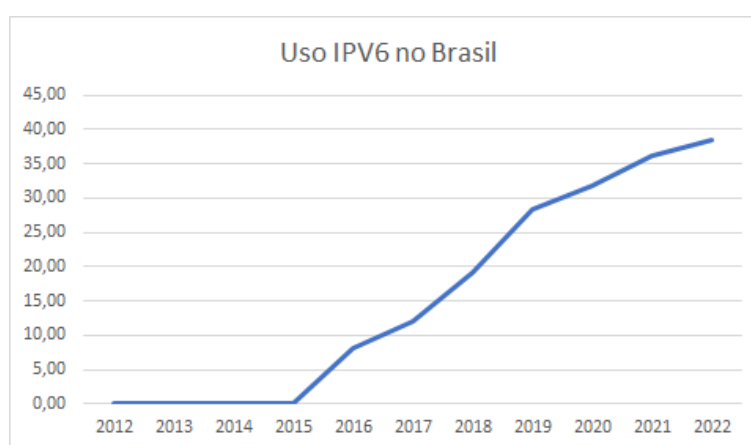
Fonte: próprio autor

2.5 IPV6 no Brasil

Segundo Fey e Gauer (2015) a distribuição da faixa de endereços IPV6 é feita de forma estruturada, sendo a Internet Assigned Numbers Authority (IANA) a autoridade mundial que supervisiona a atribuição global dos números na Internet. Abaixo dela, existe o Registro de Endereçamento da América Latina e Caribe (LACNIC) que obteve a faixa 2800::/12 e a porção 2804::/16 foi destinada ao Brasil, coordenada atualmente pelo Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR (NIC BR) (NIC BR, 2012).

Observando-se o Gráfico 1, é possível verificar o percentual de dispositivos que receberam o IPV6 ao longo dos anos desde a sua implementação no Brasil. Nota-se um avanço na sua utilização a partir de 2015 e, no ano de 2022, aproximadamente 38% dos dispositivos já possuem endereçamento nesse protocolo. Como já fora mencionado anteriormente, o IPV6 possui um número de endereços disponíveis muito maior quando comparado ao seu antecessor IPV4 (BRITO, 2013).

Gráfico 1 – Evolução do IPV6 no Brasil



Fonte: modificado de NIC BR (2013)

2.6 Técnicas Transição

Segundo Fey e Gauer (2015) ambos os protocolos IPV4 e IPV6 coexistirão por muito tempo, mas as duas versões do protocolo não conversam entre si. No entanto, para realizar a comunicação entre eles será preciso utilizar uma camada intermediária para realizar a transição de um protocolo a outro, que pode ser construída por meio da aplicação das técnicas de transição.

Neste artigo, especificamente, serão tratadas as técnicas de Pilha Dupla, 6to4 e NAT64 devido às suas aplicabilidades no mercado de trabalho.

2.7 Pilha Dupla

Segundo Forouzan e Fegan (2009) a técnica de Pilha Dupla atribui ambas as versões a rede, permitindo que ocorra a comunicação com destinos que possuem apenas IPV4 ou IPV6.

Segundo Fey e Gauer (2015) e Coan (2020) a Pilha Dupla tem o benefício de permitir a desativação gradual do protocolo IPV4, podendo ser feita somente quando todos se sentirem confortáveis com a adoção do protocolo IPV6. Neste caso, a desvantagem dessa técnica é o fato dela precisar de um IP de cada protocolo, e todas as configurações precisarem ser feitas de maneira duplicada.

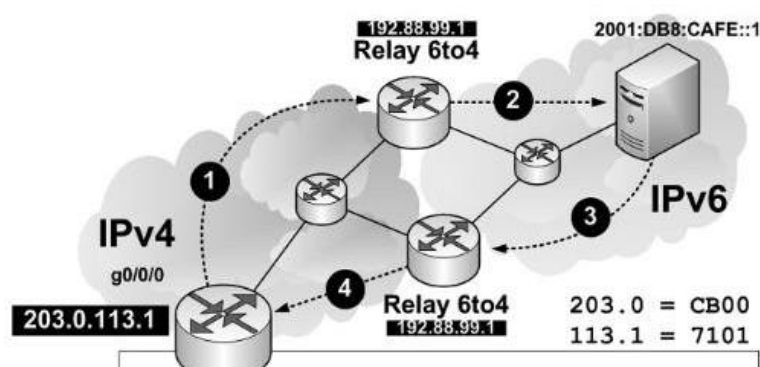
2.8 Túnel 6to4

Segundo Forouzan e Fegan (2009) e Brito (2013) o tunelamento permite que um pacote IPV4 trafegue em uma rede IPV6 e vice-versa. Esse tipo de técnica é útil quando não é possível realizar a implementação da pilha dupla.

A técnica de tunelamento Túnel 6to4 utiliza *relays* públicos, provedores que utilizam a técnica de pilha dupla para realizar a comunicação entre as redes com protocolos distintos (NIC BR, 2012).

A Figura 1 mostra o comportamento dos dados trafegados por meio dessa técnica. No passo 1, é possível observar o roteador da rede de origem encapsulando o pacote IPV6 dentro de um pacote IPV4 encaminhando-o para o relay público mais próximo. No passo 2, o roteador relay 6to4 remove o pacote IPV4, mantendo apenas o pacote IPV6, e o pacote modificado segue para a rede de destino onde será processado. No passo 3, o servidor de destino encaminha o pacote para o relay de destino mais próximo e, por fim, no passo 4, o relay encapsula o pacote IPV6 em um pacote IPV4 e disponibiliza-o para o roteador de origem (BRITO, 2013).

Figura 1 – Representação da técnica 6to4



Fonte: BRITO (2013)

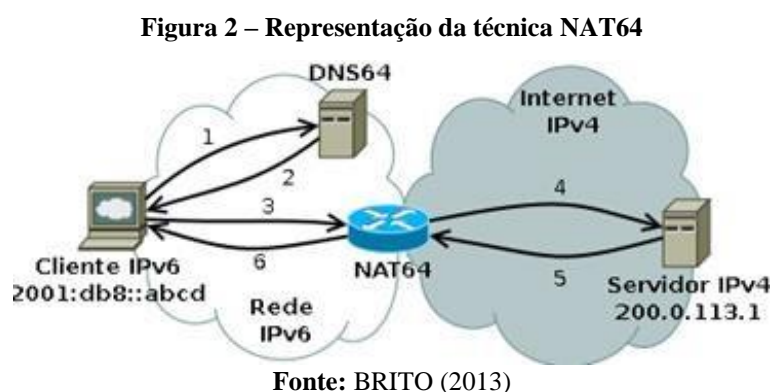
2.9 NAT64

Segundo Coan (2020) as técnicas de tradução, traduzem o cabeçalho IPV6 em IPV4 e vice-versa. Uma dessas técnicas mais conhecidas é a NAT64.

No entanto, antes de discutir sobre o NAT64 é preciso explicar o que é DNS. Segundo Baddini (2011) a comunicação na Internet só é possível graças ao protocolo IP que atribui um identificador único a cada dispositivo na rede. Mas, seria muito difícil ter que lembrar o IP de cada dispositivo. Para tornar essa associação mais fácil foram criados nomes amigáveis que são direcionados para esses endereços, como, por exemplo, www.google.com, www.hotmail.com, etc. Neste contexto, o servidor DNS realiza a associação desse nome amigável ao endereço IP do dispositivo que deverá atendê-la, direcionando a requisição.

Segundo Moreiras et al. (2015) o NAT64 é utilizado quando o usuário possui apenas conexão IPV6, mas precisa acessar um recurso na internet que ainda utiliza o IPV4. A Figura 2 exemplifica o processo realizado pelo NAT64.

O benefício dessa técnica é o fato dos equipamentos do usuário precisarem ter suporte apenas ao IPV6, mas a desvantagem é que ela aumenta o custo computacional, devido à necessidade de realizar várias conversões (Nic Br, 2012).



3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia aplicada neste trabalho é a descritiva e utiliza a pesquisa bibliográfica onde o autor realiza o estudo e análise do conteúdo abordado e expõe sua interpretação sobre eles, mantendo a veracidade dos conteúdos explorados (SIGNIFICADO, 2021).

4 CASOS PRÁTICOS

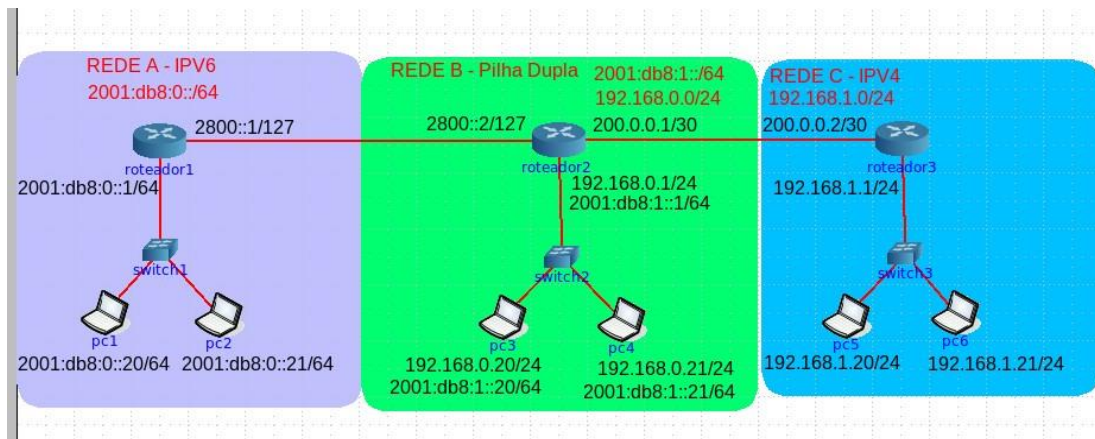
Nesse tópico serão mostrados, de forma prática, as técnicas de Pilha Dupla e Túnel 6to4. A técnica de pilha dupla incentiva a adoção do IPv6 e permite a implementação gradual deste protocolo. Já a técnica Túnel 6to4, permite que um pacote IPv4 trafegue em uma rede IPv6 e vice-versa (Nic Br, 2012). O tutorial para configuração e execução dos testes está disponível no GitHub do autor.

Ressalta-se que para realização dos casos práticos, utilizou-se uma máquina virtual disponibilizada pelo NIC BR, contendo o sistema operacional Linux e o programa Core Emulador instalado, responsável por simular os testes das técnicas de transição.

4.1 Pilha Dupla

A Figura 3 evidencia a rede B que possui ambos os protocolos, ela pode se comunicar com qualquer rede na Internet, independente se o destino possui IPv6 ou IPv4.

Figura 3 – Pilha Dupla



Fonte: modificado de NIC BR (2015)

A Figura 4 mostra o ping entre as máquinas pc3, da Rede B, e o pc1 da Rede A, onde a comunicação é feita utilizando o protocolo IPv6. Observa-se que o ping foi executado com sucesso, sem perda de pacotes.

Figura 4 – ping entre pc3 e pc1

```

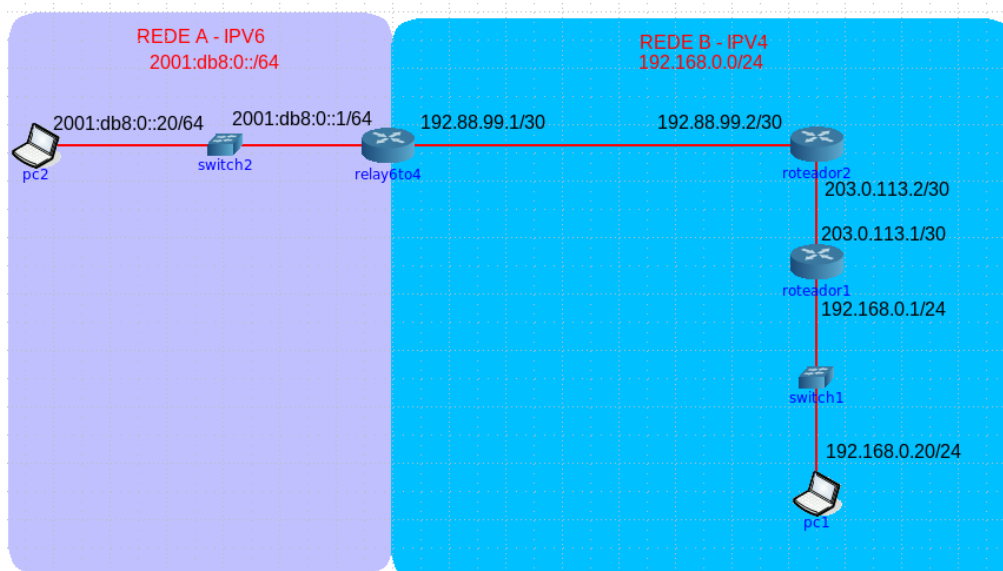
--- 2001:db8:0::20 ping statistics ---
16 packets transmitted, 16 received, 0% packet loss, time 15000ms
rtt min/avg/max/mdev = 0,116/0,140/0,249/0,041 ms
root@pc3:/tmp/pycore.52134/pc3.conf# █

```

Fonte: modificado de NIC BR (2015)

4.2 Túnel 6to4

A Figura 5 retrata um computador com endereçamento IPV4 que precisa se comunicar com outro que possui endereçamento IPV6.

Figura 5 – 6to4

Fonte: modificado de NIC BR (2015)

A Figura 6 mostra o ping entre as máquinas pc1, da Rede B, e o pc2 da Rede A, depois da configuração do túnel, onde a comunicação é feita utilizando o protocolo IPV6. Observa-se que o ping foi executado com sucesso, sem perda de pacotes.

Figura 6 - ping entre pc1 e pc2

```

--- 2001:db8:0::20 ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 received, 0% packet loss, time 4000ms
rtt min/avg/max/mdev = 0,160/0,191/0,237/0,038 ms
root@pc1:/tmp/pycore.36084/pc1.conf# █

```

Fonte: modificado de NIC BR (2015)

5 CONCLUSÃO

Mediante à crescente demanda de se conectar novos dispositivos na rede, o principal protocolo da Internet, o IP, passa por uma migração da versão 4 para a versão 6. No entanto, nativamente, essas versões não se comunicam entre si e para atingir esse objetivo são necessárias as implantações das técnicas de transição, sendo as mais conhecidas: Pilha Dupla, Tunelamento e Tradução.

Diferentes cenários exigem estudos e análises para aplicação correta da técnica utilizada na comunicação entre os protocolos IPV4 e IPV6, mas boas práticas são adotadas para agilizar esse processo.

Assim, recomenda-se utilizar a técnica de transição Pilha Dupla por implementar ambos os protocolos na rede e permitir a desativação gradual do IPV4. Sua desvantagem é o fato de aumentar a complexidade de configuração da rede visto que cada dispositivo precisa ter dois IP's, um para cada protocolo.

Já o Tunelamento, possui a vantagem de permitir o acesso à recursos com endereçamento IPV6, mesmo que o solicitante ainda possua apenas IPV4 e vice-versa. Sua desvantagem é não incentivar a implementação do IPV6.

A última técnica indicada é a Tradução, que deve ser usada quando não for possível utilizar as outras, pois um alto poder computacional é exigido para realizá-la, pois durante a tradução o pacote IPV6 é descartado e um novo pacote IPV4 é criado, e vice-versa.

Desse modo, a adesão do IPV6 no Brasil e em todo mundo irá garantir a continua evolução da Internet, visto que o IPV6 se encontra mais preparado para atender a demanda crescente dos dispositivos conectados à rede quando comparado ao seu antecessor IPV4.

REFERÊNCIAS

- BADDINI, Francisco. **Gerenciamento de redes com o windows 7**. [S. l.: s. n.], 2011.
- BRITO, Samuel Henrique Bucke. **IPV6 O Novo Protocolo da Internet**. [S. l.: s. n.], 2013.
- CARISSIMI, Alexandre da Silva; ROCHOL, Juergen; GRANVILLE, Lisandro Zambenedetti. **Redes de Computadores: Volume 20 da Série Livros didáticos informática UFRGS**. [S. l.: s. n.], 2009.

CISCO. **Host and Subnet Quantities**. [S. l.], 19 maio 2021. Disponível em: https://www.cisco.com/c/pt_br/support/docs/ip/routing-information-protocol-rip/13790-8.html. Acesso em: 22 maio 2021.

COAN, Anderson Luiz. Implementação do protocolo IPV6 com segurança: Uma análise sobre os desafios e riscos para os administradores de redes internet. **Revista Brasileira em Tecnologia da Informação**, [S. l.], p. 03-16, 7 abr. 2020. Disponível em: <https://www.fateccampinas.com.br/rbti/index.php/fatec/article/view/12/14>. Acesso em: 1 fev. 2021.

FAZZANARO, Pablo Luis. **PROTOCOLO IPv6 - Uma abordagem geral**. [S. l.: s. n.], 2013.
FEY, Ademar Felipe; GAUER, Raul Ricardo. **Dominando O Ipv6 A Partir Do Ipv4**. [S. l.: s. n.], 2015. E-book.

FOROUZAN, Behrouz A.; FEGAN, Sophia Chung. **Protocolo TCP/IP**. [S. l.: s. n.], 2009.

MOREIRAS, Antonio Marcos; SANTOS, Rodrigo Regis dos; HARANO, Alexandre Yukio; CORDEIRO, Edwin Santos; NAKAMURA, Tiago Jun; MORALES, Eduardo Barasal; GANZELI, Heitor de Souza; CARNIER, Rodrigo Matos; LUGOBONI, Gustavo Borges. **Laboratório de IPv6: Aprenda na prática usando um emulador de redes**. [S. l.: s. n.], 2015.

NIC BR. **ACABOUUUU: Reservas de IPv4 chegam ao fim!** [S. l.], 19 ago. 2020. Disponível em: <https://ipv6.br/post/fim-do-ipv4/>. Acesso em: 10 abr. 2021

NIC BR. **Use of IPv6 for Brazil (BR)**. [S. l.], 2013. Disponível em: <https://stats.labs.apnic.net/ipv6/BR?c=BR&x=0&v=1&p=1&r=0&w=30&x=1&p=0&r=1>. Acesso em: 13 fev. 2022.

NIC BR. **Endereçamento**. [S. l.], 15 maio 2012. Disponível em: <https://ipv6.br/post/enderecamento/>. Acesso em: 13 fev. 2022.

NIC BR. **Transição**. [S. l.], 15 abr. 2012. Disponível em: <http://ipv6.br/post/transicao/>. Acesso em: 29 mar. 2021.

NIC BR. **Endereçamento IPv6**. [S. l.], 4 ago. 2011. Disponível em: <http://ipv6.br/post/enderecamento-ipv6/>. Acesso em: 9 ago. 2021.

PINTO, Pedro. **Endereços Públicos e Privados**. [S. l.], 20 out. 2009. Disponível em: <https://pplware.sapo.pt/truques-dicas/enderecos-publicos-e-privados/>. Acesso em: 15 maio 2021.

SIGNIFICADO de Pesquisa descritiva. [S. l.], 2 fev. 2021. Disponível em: <https://www.significados.com.br/pesquisa-descritiva/>. Acesso em: 1 nov. 2021.

TANENBAUM, Andrew S. **Computer Networks**. [S. l.: s. n.], 2003.