

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES

DRIELLY APARECIDA SOUZA PASSOS MINELLI

## **TRANSIÇÃO IPV4/IPV6 UTILIZANDO A TÉCNICA PILHA DUPLA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA  
2017

DRIELLY APARECIDA SOUZA PASSOS MINELLI

## **TRANSIÇÃO IPV4/IPV6 UTILIZANDO A TÉCNICA PILHA DUPLA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações, do Departamento Acadêmico de Eletrônica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Dr. Kleber Kendy Horikawa Nabas

CURITIBA  
2017

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

DRIELLY APARECIDA SOUZA PASSOS MINELLI

### **TRANSIÇÃO IPV4/IPV6 UTILIZANDO A TÉCNICA PILHA DUPLA**

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia 14 de novembro de 2017, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. A aluna foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. M.Sc. Danillo Leal Belmonte  
Coordenador de Curso  
Departamento Acadêmico de Eletrônica

---

Prof. M.Sc. Sérgio Moribe  
Responsável pela Atividade de Trabalho de Conclusão de Curso  
Departamento Acadêmico de Eletrônica

#### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Edenilson José da Silva  
UTFPR

---

Prof. M.Sc. Omero Francisco Bertol  
UTFPR

---

Prof. Dr. Kleber Kendy Horikawa Nabas  
Orientador – UTFPR

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

## RESUMO

MINELLI, Drielly Aparecida Souza Passos. **Transição IPv4/IPv6 utilizando a Técnica Pilha Dupla**. 2017. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações), Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

Com a constante expansão da Internet, o protocolo IPv4 encontra-se numa situação limitada para atender as atuais necessidades. Para solucionar esse problema foi criado uma nova versão do protocolo, o IPv6. Como os protocolos não interoperam, faz-se necessário implantar algumas técnicas de transição. Este trabalho tem como objetivo demonstrar uma das técnicas, a pilha dupla, que mantém as duas versões do protocolo funcionando ao mesmo tempo. Dentre os resultados alcançados, foi realizada uma simulação no *Cisco Packet Tracer 7.0*, utilizando o *Routing Information Protocol (RIP)* como protocolo.

**Palavras chave:** IPv4. IPv6. Pilha dupla.

## **ABSTRACT**

MINELLI, Drielly Aparecida Souza Passos. **IPv4/IPv6 Transition Using the Dual Stack Technique**. 2017. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações), Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

With the constant expansion of the Internet, the IPv4 protocol is in a limited situation to meet the current needs. In order to solve this problem a new version of the protocol, IPv6, was created. As the protocols do not interoperate, it is necessary to implement some transition techniques. This work aims to demonstrate one of them: the dual stack. It keeps both versions of the protocol running simultaneously. The theoretical concepts and the practical part, simulated with Cisco Packet Tracer 7.0 using the Routing Information Protocol, are covered in the research.

**Keywords:** IPv4. IPv6. Dual Stack.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – O crescimento da ARPANET. (a) Dezembro de 1969. (b) Julho de 1970. .....	15
Figura 2 – Crescimento da Internet medido pelo número de .....	17
Figura 3 – Unicast, multicast e anycast.....	20
Figura 4 – Cabeçalho IPv4 e IPv6.....	21
Figura 5 – Dual stack ou pilha dupla. ....	23
Figura 6 – Topologia utilizada na simulação .....	24
Figura 7 – Configuração dos IPs do Micro 1 .....	25
Figura 8 – Configuração dos IPs do Micro 2 .....	25
Figura 9 – Configuração dos IPs do Micro 3 .....	26
Figura 10 – Configuração da Interface Fast Ethernet 0/0 do.....	26
Figura 11 – Configuração da Interface Serial 0/1/0 do roteador.....	27
Figura 12 – Configuração da Interface Fast Ethernet 0/0 do.....	27
Figura 13 – Configuração da Interface Serial 0/1/0 do roteador.....	28
Figura 14 – Configuração da rota RIP Curitiba – DCE – IPv4 .....	28
Figura 15 – Configuração da rota RIP Maringá – IPv4.....	29
Figura 16 – Ping do Micro 1 para os Micros 2 e 3 - IPv4.....	29
Figura 17 – Ping do Micro 2 para os Micros 1 e 3 - IPv4.....	30
Figura 18 – Ping do Micro 3 para os Micros 1 e 2 - IPv4.....	30
Figura 19 – Ping do Micro 1 para os Micros 2 e 3 – IPv6.....	31
Figura 20 – Configuração da Interface Fast Ethernet 0/0.....	31
Figura 21 – Configuração da Interface Serial 0/1/0 do roteador.....	32
Figura 22 – Configuração da Interface Fast Ethernet 0/0 do.....	32
Figura 23 – Configuração da Interface Serial 0/1/0 do roteador.....	33
Figura 24 – Configuração da rota RIP Curitiba – DCE – IPv6 .....	33
Figura 25 – Habilitando a interface Fast Ethernet Curitiba – .....	34
Figura 26 – Habilitando a interface Serial Curitiba – DCE – IPv6.....	34
Figura 27 – Configuração da rota RIP Maringá – IPv6.....	35
Figura 28 – Habilitando a interface Fast Ethernet Maringá – IPv6 .....	35
Figura 29 – Habilitando a interface Serial Maringá – IPv6 .....	36
Figura 30 – Ping do Micro 1 para os Micros 2 e 3 – IPv6.....	36
Figura 31 – Ping do Micro 2 para os Micros 1 e 3 – IPv6.....	37
Figura 32 – Ping do Micro 3 para os Micros 1 e 2 – IPv6.....	37
Figura 33 – Tabela de roteamento - Curitiba - DCE – IPv4 .....	38
Figura 34 – Tabela de roteamento - Curitiba - DCE – IPv6.....	38
Figura 35 – Tabela de roteamento - Maringá – IPv4 .....	39
Figura 36 – Tabela de roteamento - Maringá – IPv6 .....	39
Figura 37 – Traceroute Micro 1 para os Micros 2 e 3 – IPv4.....	40
Figura 38 – Traceroute Micro 2 para os Micros 1 e 3 – IPv4.....	40
Figura 39 – Traceroute Micro 3 para os Micros 1 e 2 – IPv4.....	41
Figura 40 – Traceroute Micro 1 para os Micros 2 e 3 – IPv6.....	41
Figura 41 – Traceroute Micro 2 para os Micros 1 e 3 – IPv6.....	42
Figura 42 – Traceroute Micro 3 para os Micros 1 e 2 – IPv6.....	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação do IPv4 e IPv6.....	18
Tabela 2 – Equivalente.....	18
Tabela 3 – Equivalente em binário.....	19
Tabela 4 – Campos que foram renomeados e.....	22
Tabela 5 – Tabela com IP e máscara dos dispositivos e suas interfaces.....	24

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

AH	Authentication Header
ARPA	Advanced Research Projects Agency
ARPANET	Advanced Research Projects Agency Network
AS	Autonomous System
AT&T	American Telephone and Telegraph
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
DCE	Data Communications Equipment
ESP	Encrypted Security Payload
EUA	Estados Unidos da América
Fa	Fast Ethernet
HDLC	High-level Data Link Control
IAB	Internet Activity Board
IHL	Internet Header Length
IP	Internet Protocol
IPv4	Internet Protocol Version 4
IPv6	Internet Protocol Version 6
NCP	Network Control Protocol
QoS	Quality of Service
RIP	Routing Information Protocol
Se	Serial
SIGOPS	Symposium on Operating Systems Principles
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
TTL	Time to live
UCLA	Universidade de Los Angeles
UCSB	Universidade da Califórnia em Santa Bárbara
VoIP	Voz sobre IP



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
1.1	TEMA	10
1.2	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	10
1.3	PROBLEMA	10
1.4	OBJETIVOS	11
1.4.1	Geral	11
1.4.2	Objetivos específicos	11
1.5	JUSTIFICATIVA	12
1.6	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	12
1.7	EMBASAMENTO TEÓRICO	12
1.8	ESTRUTURA DO TRABALHO	13
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>14</b>
2.1	EVOLUÇÃO DA INTERNET	14
2.2	TCP/IP	16
2.3	IPV4 x IPV6	16
2.4	TÉCNICAS DE TRANSIÇÃO	22
<b>3</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	<b>24</b>
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>43</b>
	REFERÊNCIAS	44

# 1 INTRODUÇÃO

Em seu início, a Internet costumava ser utilizada para fins acadêmicos, por indústrias de alta tecnologia e órgãos governamentais dos EUA, principalmente o Departamento de Defesa. Em meados da década de 1990, seu uso tornou-se mais popular e acessível e um novo grupo de usuários, com diferentes necessidades, passou a ter acesso ao seu conteúdo (TANENBAUM, 2003).

Levando em consideração que para conectar-se a Internet, cada *host* e roteador precisam ter um endereço IP, com a quantidade de usuários e dispositivos por usuários crescendo exponencialmente dos últimos anos, os números de endereços que a versão 4 do IP disponibilizava se esgotou. Com isso, tornou-se imprescindível que uma nova versão do protocolo fosse implementada o quanto antes, tanto nas prestadoras de telecomunicações como nos provedores de conteúdos, de serviços e de aplicações, o que culminou com a criação da versão 6 (ANATEL, 2015).

Apesar da sua transição ainda não estar completa, o desenvolvimento do IPv6 teve início na década de 1990, justamente por ter-se observado o crescimento que estava acontecendo com a Internet, tendo como principal foco acabar com o esgotamento dos números IPs (IPV6.BR, 2014).

O IPv6, não trata-se apenas de uma nova versão, mas de um novo protocolo, que possui uma nova estrutura, como por exemplo a arquitetura do cabeçalho, que passou por melhorias, além da criação de novos serviços enquanto outros existentes puderam ser aprimorados. Quando nos referimos ao número de endereços disponíveis para o endereçamento, eles foram de 32 para 128 bits (FILIPPETTI, 2008).

As operadoras disponibilizam o IPv6, mas o usuário também deve estar preparado com equipamentos (computadores, celulares, *tablets*, *modems*, roteadores, entre outros) que sejam compatíveis com a nova versão (ANATEL, 2015).

## 1.1 TEMA

Com o avanço da tecnologia, passou a existir novos dispositivos que se conectam a rede e necessitam de um endereço IP, o modelo IPv4 não mais suporta esse crescimento. Dessa necessidade surgiu a nova versão, o IPv6, que tem um número quase que infinito de endereços.

Para efetuar a transição da antiga versão para a nova, existem diversas técnicas, neste trabalho aplica-se a pilha dupla ou *dual stack*, que é o funcionamento de ambas as versões simultaneamente.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Esse trabalho trata de uma simulação de topologia de rede fixa, utilizando o *Cisco Packet Tracer 7.0*. Rede composta por três micros, um *switch* e dois roteadores. Tendo como objetivo demonstrar o funcionamento da técnica pilha dupla.

Utilizando o protocolo de roteamento RIP, pois possui uma implementação simplificada e um processamento menor nos roteadores, como a rede apresentada é de pequeno porte, o RIP é o mais indicado. Este protocolo utiliza o algoritmo vetor-distância, que é o que constrói a tabela com as informações das possíveis rotas dentro do *Autonomous System (AS)*.

O encapsulamento é o *High-level Data Link Control (HDLC)*, apesar de não especificado, quanto não se determina nada, tem-se o HDLC como padrão.

## 1.3 PROBLEMA

Quando a Internet foi criada, não havia tantos dispositivos conectados como hoje, televisores, sistemas de segurança, eletrodomésticos, *tablets*, *notebooks*, celulares entre outros. A quantidade de endereços disponíveis, no caso  $2^{32}$ , ou cerca de 4 bilhões, era suficiente. Com o crescente aumento de usuários e novos dispositivos, identificou-se a necessidade de uma nova versão para o IP. A versão mais recente é o IPv6, que soluciona o problema de quantidade de endereços aumentando para  $2^{128}$ , aproximadamente 340 undecilhões.

Ainda que não interoperem ao mesmo tempo, existem técnicas que possibilitam que a transição seja realizada com ambos os protocolos funcionando, uma vez que é importante garantir a atualização gradual sem prejudicar o funcionamento da rede.

Neste contexto, demonstrou-se neste trabalho o passo-a-passo da transição de uma rede IPv4 para IPv6, utilizando para tanto a técnica pilha dupla.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Geral**

Demonstrar a transição do IP versão 4 para a versão 6 em uma rede de dados, simulada no Cisco Packet Tracer 7.0.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

A seguir, as etapas realizadas para que o objetivo geral fosse concluído.

- Instalar o simulador *Cisco Packet Tracer 7.0* e elencar os equipamentos da família Cisco Systems compatíveis com a tecnologia IPv6.
- Definir e desenhar a rede de dados, com todos os equipamentos necessários.
- Estudar como funciona e se configura os equipamentos para a transição através da técnica pilha dupla.
- Configurar os equipamentos, switch, roteadores e computadores para que a rede trabalhe com IPv4 e IPv6 ao mesmo tempo, através da técnica pilha dupla.
- Demonstrar a simulação de tráfego de dados na rede.

## 1.5 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho justifica-se na medida em que detecta-se as limitações do número de IPs da rede IPv4 quando comparado ao quase que ilimitado número de IPs da rede IPv6. Faz-se, então, necessário transitar da primeira para a segunda, uma vez que esta última possibilitará, além do maior número de IPs, a melhoria em aspectos da segurança e agilidade no tráfego de informações. Nesse sentido, constitui o objetivo deste projeto demonstrando a transição de uma rede IPv4 para o IPv6, utilizando a técnica pilha dupla, que consiste na convivência das duas versões nos equipamentos.

## 1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Utilizando o programa *Cisco Packet Tracer 7.0*, da Cisco Systems, foi simulada uma rede de dados com o intuito de efetuar a transição de IPv4 para o IPv6. A técnica selecionada é conhecida como pilha dupla, pois consiste no funcionamento paralelo das duas versões.

Essa técnica foi escolhida por ser a padrão para efetuar a transição para IPv6 na Internet, e é recomendado utilizá-la sempre que possível de acordo com o Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR.

O protocolo de roteamento foi o RIP, pois possui uma implementação simplificada e um processamento menor nos roteadores, como a rede apresentada é de pequeno porte, o RIP é o mais indicado. Este protocolo utiliza o algoritmo vetor-distância, que é o que constrói a tabela com as informações das possíveis rotas dentro do *Autonomous System* (AS).

O encapsulamento é o *High-level Data Link Control* (HDLC), apesar de não especificado, quanto não se determina nada, tem-se o HDLC como padrão.

## 1.7 EMBASAMENTO TEÓRICO

Em relação ao tema Evolução da Internet, utilizou-se como referencial teórico os trabalhos de Tanenbaum (2003) e Santos et al. (2010).

Quanto ao tema TCP/IP consultou-se, principalmente Soares; Souza Filho; Colcher (1995).

No tema transição do IPv4 para o IPv6, com informações sobre, endereçamento, cabeçalho entre outros, consultou-se Comer (2007), Kurose; Ross (2013), Filippetti (2008) e o site IPv6 BR (2012).

Já no que se refere a técnicas de transição foi consultado, Santos et al. (2010), o site IPv6 BR (2012) e Portal IPv6 (2017).

## 1.8 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente texto é constituído das seguintes seções:

**Capítulo 1 - Introdução:** apresentou-se o tema, as delimitações de estudo, o problema, os objetivos da pesquisa, a justificativa, os procedimentos metodológicos, as indicações para o embasamento teórico, e a estrutura geral do trabalho.

**Capítulo 2 – Fundamentação Teórica:** abordou-se a evolução da internet, TCP/IP, IPv4/IPv6 e das técnicas de transição.

**Capítulo 3 – Apresentação e Análise dos Resultados:** tendo como base os Procedimentos Metodológicos, neste capítulo descreveu-se os resultados obtidos com a simulação de pilha dupla na rede.

**Capítulo 4 – Considerações finais:** retoma-se a pergunta de pesquisa e os objetivos propostos inicialmente, apontando como foram atingidos por meio do trabalho realizado.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 EVOLUÇÃO DA INTERNET

A Internet foi criada com objetivos militares para o projeto *Advanced Research Projects Agency Network (ARPANET)*, que tinha como propósito proteger a troca de informações militares, servindo também para que cientistas e pesquisadores compartilhassem informações entre as universidades (TANENBAUM, 2003).

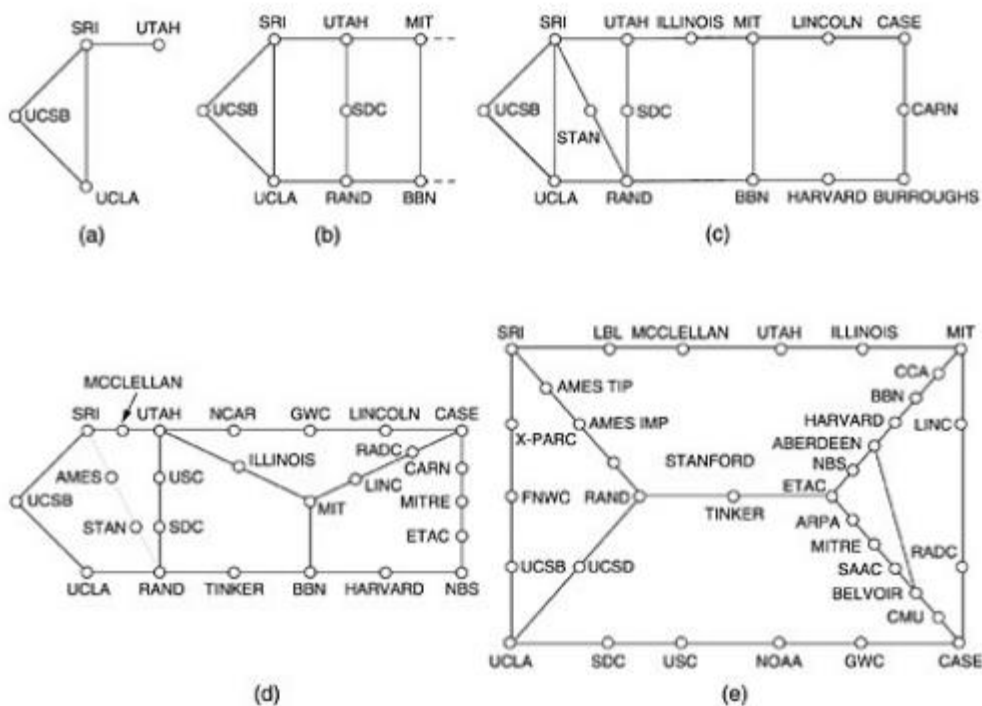
Durante a guerra fria, no final dos anos de 1950, a comunicação utilizada pelos militares passava, obrigatoriamente pela rede de telefonia pública, o que tornava a informação desprotegida em caso de ataque inimigo. O Departamento de Defesa dos EUA notou a necessidade de uma comunicação mais segura. Com isso firmou uma parceria com a RAND Corporation buscando uma transmissão de informações mais confiável. Na época, Paul Baran, funcionário da RAND fez uma proposta, a ideia era de que vários nós fossem conectados, como em uma teia de aranha, assim, caso um nó fosse desconectado os demais continuariam funcionando. Além disso, esperavam que fosse utilizada a tecnologia digital de comutação de pacotes. No entanto, mesmo com a recepção positiva por parte do Pentágono, a AT&T, empresa que comandava a telefonia nos Estados Unidos, não levou o projeto adiante, alegando que não era possível a construção do sistema (TANENBAUM, 2003).

No final de 1957, os Estados Unidos ainda não tinham um sistema de comunicação confiável, notando a necessidade de uma única organização de pesquisa de defesa, o presidente Dwight D. Eisenhower criou a *Advanced Research Projects Agency (ARPA)* que firmou parceria com universidades e empresas que desenvolviam projetos promissores (TANENBAUM, 2003).

Ainda assim, apenas em 1967 a atenção da ARPA voltou-se para a questão de redes, após uma sugestão de criar uma sub-rede comutada por pacotes. O diretor da ARPA na época, Larry Roberts apostou na ideia e a apresentou no *Symposium on Operating Systems Principles – SIGOPS*, realizado em Gatlinburg, Tennessee. Neste mesmo simpósio ele se deparou com um projeto parecido, que conectava computadores no câmpus do *National Physical Laboratory* na Inglaterra,

demonstrando assim que a ideia de comutação de pacotes era possível, citando o trabalho que Paul Baran havia proposto quando trabalhava na RAND Corporation. Após deparar-se com essas ideias, Larry Roberts voltou focado em trabalhar no projeto que mais tarde ficou conhecido como ARPANET (TANENBAUM, 2003).

No final de 1969, a Universidade de Los Angeles (UCLA), a Universidade da Califórnia em Santa Bárbara (UCSB), o Instituto de Pesquisas de Standford (SRI) e a Universidade de Utah faziam parte de uma rede experimental, em que cada universidade era um nó e cerca de três anos depois, a rede já estava presente em quase todo território dos Estados Unidos, conforme a figura 1, que ilustra os nós (TANENBAUM, 2003).



**Figura 1 – O crescimento da ARPANET. (a) Dezembro de 1969. (b) Julho de 1970. (c) Março de 1971. (d) Abril de 1972. (e) Setembro de 1972. Fonte: (TANENBAUM, 2003).**

Para fazer os dispositivos se comunicarem entre si, são necessários protocolos de comunicação, a ARPANET funcionava com vários, principalmente com o *Network Control Protocol* (NCP). Mas, no início de 1983, todas as máquinas que pertenciam a ARPANET começaram a utilizar a pilha de protocolos TCP/IP devido às melhorias verificadas quando comparado aos outros protocolos e porque esse novo conjunto de protocolos colaborava para que a rede continuasse a crescer organizadamente (SANTOS et al., 2010).



## 2.2 TCP/IP

O TCP/IP é uma pilha de protocolos organizado em camadas, sendo elas aplicação, transporte, rede e interface. Foi patrocinado pelo *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA), teve o *Internet Activity Board* (IAB) coordenando o desenvolvimento dos protocolos da arquitetura e após ser publicado na RFC 791 foi definido como padrão (SOARES; SOUZA FILHO; COLCHER, 1995).

As principais características do protocolo IP são a fragmentação, que consiste em pegar um pacote maior que o limite de tráfego liberado em um enlace e dividi-lo em porções menores, permitindo assim o seu envio. E o endereçamento, que através do endereço que foi armazenado no cabeçalho do protocolo, consegue detectar destino e origem dos pacotes (SANTOS et al., 2010).

## 2.3 IPV4 x IPV6

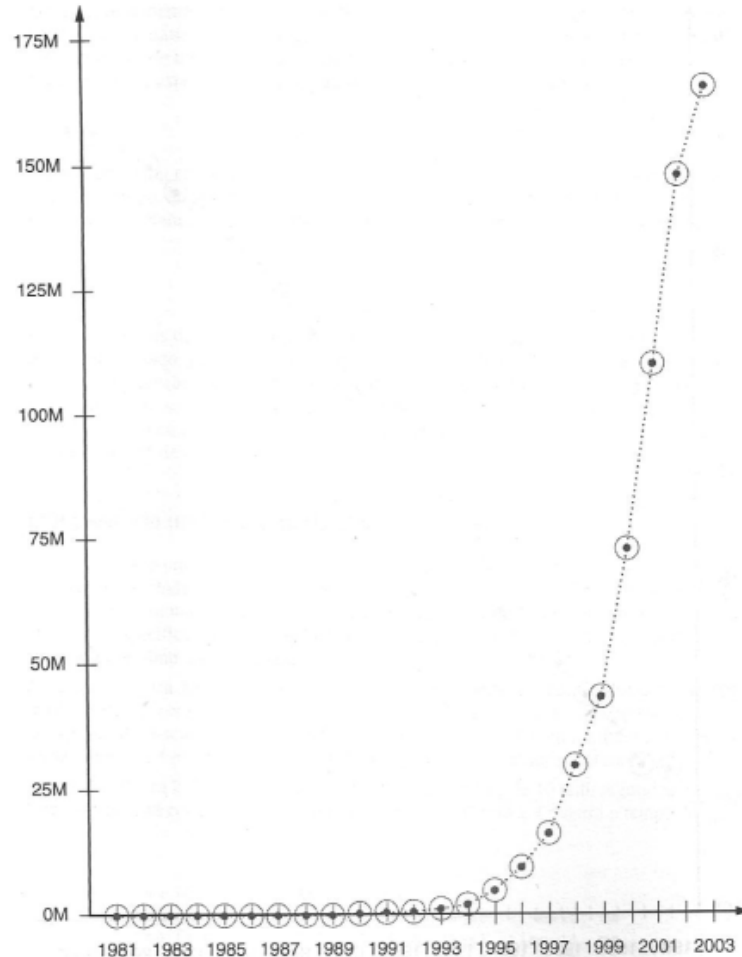
A versão do IP utilizada desde o início é a versão 4, que, apesar do bom funcionamento e de 4 bilhões de combinações, passou a ser insuficiente na medida em que os *hardwares* foram evoluindo e a quantidade de dispositivos na rede aumentando exponencialmente (COMER, 2007).

A Internet é uma rede de computadores interconectados ao redor do globo, servidores armazenando e transmitindo informações, computadores de mesa, *websites* e *e-mails*. Com a evolução dessa tecnologia, além dos citados anteriormente, agora também há televisores, *laptops*, *consoles* para jogos, telefones celulares, *webcams*, automóveis, dispositivos de sensoriamento ambiental, quadros de imagens e sistemas elétricos e de segurança, entre outros e todos conectados a rede (KUROSE; ROSS, 2013).

Quando o IPv4 foi criado não contemplava o esgotamento dos endereços IPs, pois a realidade era outra e a utilização dos computadores era voltada mais para universidades e uso militar. No entanto, no final da década de 1980 a Internet que não era tão acessível como hoje, passou por um grande crescimento, aumentando consideravelmente a quantidade de novos usuários. Estes, por sua vez, além de a utilizarem dispositivos que não existiam na época, também passam a

utiliza-la com outros propósitos, como *home-office*, *e-commerce*, propaganda, estudo, lazer, comunicação entre outros (COMER, 2007).

O salto no crescimento da Internet pode ser visualizado na figura 2:



**Figura 2 – Crescimento da Internet medido pelo número de computadores conectados a cada ano, de 1981 a 2003. O eixo y é representado em milhões de computadores. Fonte: (COMER, 2007).**

Além da carência de novos endereços IPs, havia outras necessidades que a versão 4 apresentava como o aumento da tabela de roteamento, que cresceu conforme a Internet se expandia (IPV6.BR, 2012b).

A segurança das informações transmitidas também foi uma importante mudança, através dos mecanismos *Authentication Header (AH)* e *Encrypted Security Payload (ESP)*. Além disso, foi definida a prioridade na entrega de determinados tipos de pacotes. E os roteadores não precisam realizar a fragmentação de pacotes, que passam a ser processados pelos *hosts* emissores (IPV6.BR, 2012b).

O endereço IP tem como função identificar todos os dispositivos conectados a Internet. Sua estrutura é organizada de um modo prático para que possibilite separar os endereços de acordo com a sua função e identificar a sua localidade na rede. O endereço IPv4 é composto por 32 bits enquanto o IPv6 por 128 bits, a tabela 1 compara os endereços (IPV6.BR, 2012b).

	IPv4	IPv6
<b>Tamanho do endereço</b>	32 bits	128 bits
<b>Quantidade de endereços</b>	$2^{32}$ ~ 4 bilhões	$2^{128}$ ~ 340 undecilhões
<b>Agrupamento</b>	Octeto	Hexadecateto
<b>Formato</b>	Decimal	Hexadecimal

**Tabela 1 – Comparação do IPv4 e IPv6.**  
**Fonte: (IPV6.br, 2012b).**

Um endereço IPv4 é representado em binário por quatro octetos, que é a linguagem que a máquina processa, para ser mais amigável aos usuários utiliza-se o formato decimal, A tabela 2, ilustra o exemplo do IP 192.168.1.100 e seu equivalente em binário(IPV6.BR, 2012b).

**Decimal    Binário**

192	1100 0000
168	1010 1000
1	0000 0001
100	0110 0100

**Tabela 2 – Equivalente em binário de um IP em decimal.**

**Fonte: (IPV6.br, 2012b).**

No caso do IPv6 utilizamos a linguagem hexadecimal, para representar o equivalente em binário. Na linguagem hexadecimal, podemos utilizar dígitos de 0 a 9 e letras de A a F, as letras podem ser escritas tanto com caracteres maiúsculos quanto minúsculos (IPV6.BR, 2012b).

A tabela 3, ilustra o exemplo:

**Hexadecimal Binário**

2001	0010 0000 0000 0001
0DB8	0000 1101 1011 1000
0000	0000 0000 0000 0000
0000	0000 0000 0000 0000
0000	0000 0000 0000 0000
0000	0000 0000 0000 0000
0000	0000 0000 0000 0000
0001	0000 0000 0000 0001

**Tabela 3 – Equivalente em binário de um IP em hexadecimal.  
Fonte: (IPv6.br, 2012b).**

Há a possibilidade de omitir zeros à esquerda de cada hexadecateto, sendo outro modo de abreviação a substituição de um grande grupo contínuo de zeros por “::”, muito embora essa forma de abreviação só possa ocorrer uma única vez em cada endereço. As abreviações facilitam quando se escreve endereços muito extensos (IPV6.BR, 2012b).

Exemplo omitindo zeros à esquerda:

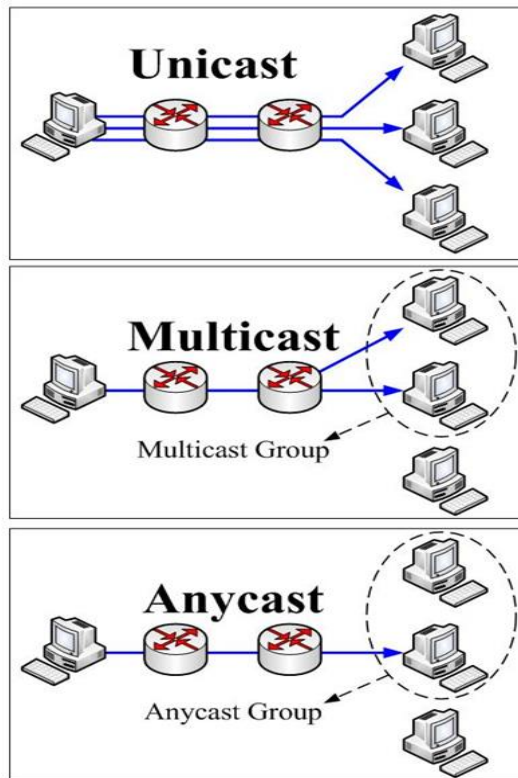
2001:0DB8:0000:0000:0000:0000:0000:0001 → 2001:db8:0:0:0:0:0:1

Exemplo abreviando zeros contínuos:

2001:db8:0:0:0:0:0:1 → 2001:db8::1

No IPv6 existem três tipos de endereço, o *Unicast* que é o mais comum e identifica o dispositivo de um modo único na rede, sem duplicação ou erro. Costuma ser utilizado para efetuar a comunicação entre dois nós. O segundo tipo é o *anycast* que identifica um conjunto de *interfaces*, este tipo de endereço é utilizado em comunicações de um-para-um-de-muitos. E por fim o *multicast* que assim como o *anycast* também identifica um conjunto de interfaces, mas neste caso a comunicação é um-para-muitos. No IPv6 não há endereço de *broadcast*, os endereços de *multicast* substituem essa função (IPV6.BR, 2012b).

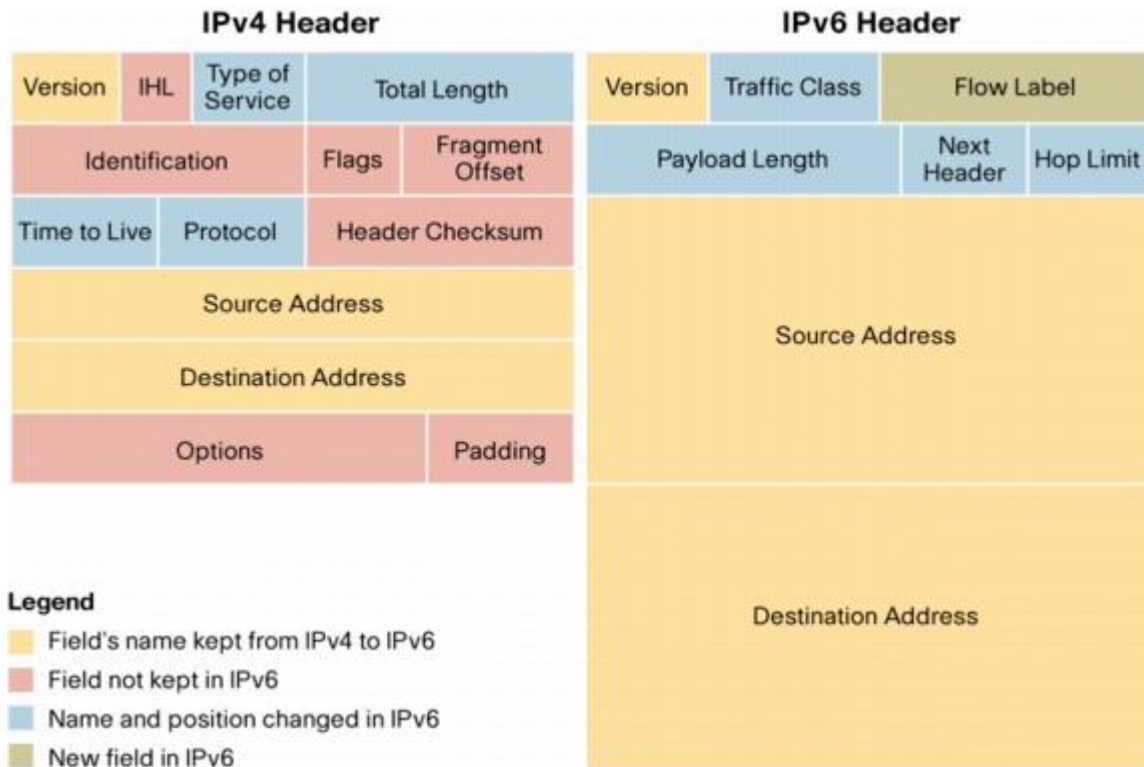
A figura 3, ilustra o funcionamento dos tipos de endereço no IPv6:



**Figura 3 – Unicast, multicast e anycast.**  
**Fonte: (Operating Systems and Middleware Group at HPI, 2009).**

O cabeçalho passou por alterações na nova versão, além tornar-se mais simplificado, expandiu a sua capacidade de encaminhamento e endereçamento, melhorou a qualidade de serviço, questões de privacidade e autenticação, além de termos o suporte obrigatório ao Protocolo de Segurança IP, enquanto na versão anterior era opcional (IPv6.br, 2012a).

Pode-se comparar os cabeçalhos através da figura 4:



**Figura 4 – Cabeçalho IPv4 e IPv6.**  
**Fonte: (Cisco, 2006).**

Enquanto a versão 4 possui 12 campos fixos, que por variarem o seu tamanho, podem fazer com que o tamanho do cabeçalho seja de 20 a 60 *bytes*, a nova versão possui apenas 8 campos e o tamanho foi fixado em 40 *bytes*. Além disso, alguns campos foram removidos do cabeçalho, sendo eles descritos a seguir (IPV6.BR, 2012a):

- *Internet Header Length* (IHL), campo responsável pelo tamanho do cabeçalho. Tornou-se dispensável, porque o seu valor foi fixado.
- *Identification*, *Flags*, *Fragmente offset*, *Options* e *Padding*, passaram a ter suas informações indicadas em cabeçalhos de extensão (são uma opção para incorporar requerimentos adicionais) apropriados.
- *Header checksum* foi removido, visto que na nova versão, há outras opções de validações realizadas pelos protocolos das camadas superiores da rede, tornando o protocolo mais eficiente com essa remoção.

Outros campos passaram por renomeação e reposicionamento, com essas alterações o processamento tornou-se mais eficiente, conforme mostra a tabela 4:

IPv4	IPv6
<i>Type of service</i>	<i>Traffic Class</i>
<i>Total length</i>	<i>Payload Length</i>
<i>Time to live (TTL)</i>	<i>Hop Limit</i>
<i>Protocol type</i>	<i>Next Header</i>

**Tabela 4 – Campos que foram renomeados e reposicionados, IPv4 e IPv6.  
Fonte: (IPv6.br, 2012a).**

Os campos *version*, *source address* e *destination address* foram mantidos, tendo apenas o tamanho alterado. E um campo foi criado, o *flow label*, que foi adicionado para possibilitar o funcionamento de um mecanismo extra de suporte a *Quality of Service* (QoS) (IPV6.BR, 2012a).

As principais motivações para a migração do IPv4 para IPv6 são a qualidade de serviço (IPv6 proporciona a acomodação dos serviços convergentes como VoIP, *streaming* de vídeo em tempo real, etc) e cada pessoa no planeta poderia ter o seu próprio endereço IP. Também há o endereçamento de um modo hierárquico, simplificando as tabelas de encaminhamento dos roteadores, maximizando o processamento. E a capacidade de extensão que facilita a adição de novas especificações (FILIPPETTI, 2008).

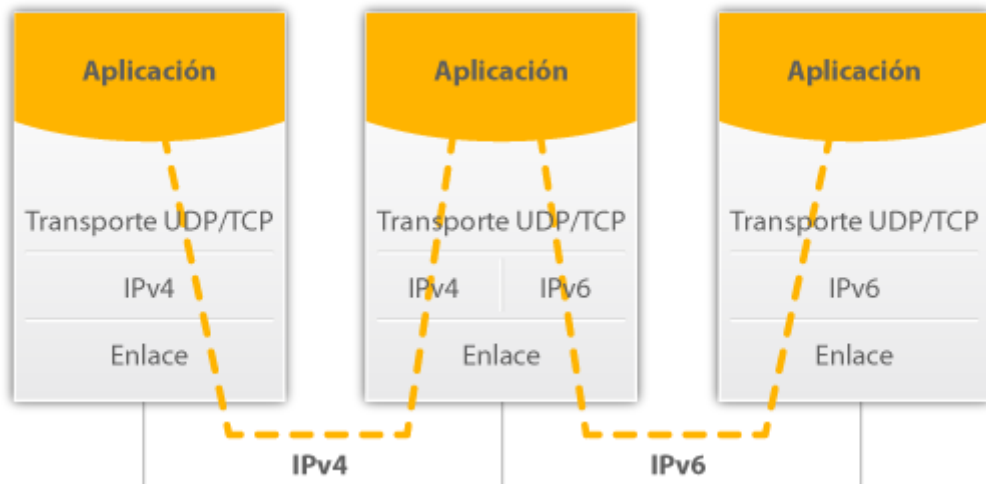
## 2.4 TÉCNICAS DE TRANSIÇÃO

O IPv6 foi criado com o intuito de substituir o IPv4, para suportar o crescimento da rede e assim resolver o problema de esgotamento de endereços, devido a dimensão da rede esse processo deveria ser realizado gradualmente, até alcançar toda a rede, as técnicas mais comuns utilizadas são (SANTOS et al., 2010):

- Pilha dupla ou *dual stack*: Os dois protocolos funcionam paralelamente, assim aos poucos o IPv6 é implementado. Para IPv6 na Internet essa é a técnica padrão e mais indicada para a alteração.

- Tradução: Possibilita as comunicações das redes IPv4 através de uma rede Ipv6 e ao contrário também.
- Túneis: Através de conversão de pacotes esse método possibilita que equipamentos que usem IPv6 se comuniquem com os que utilizam o IPv4.

A figura 5, exemplifica o modelo pilha dupla:



**Figura 5 – Dual stack ou pilha dupla.**  
Fonte: (Portal IPv6, 2017).



### 3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O principal objetivo deste trabalho foi demonstrar a transição do IPv4 para o IPv6, utilizando a técnica pilha dupla, que é o funcionamento dos dois protocolos simultaneamente. Para isso foi necessário instalar o simulador *Packet Tracer 7.0* e criar uma rede de dados para a demonstração. A figura 6, demonstra o diagrama da rede, ainda sem as devidas configurações:

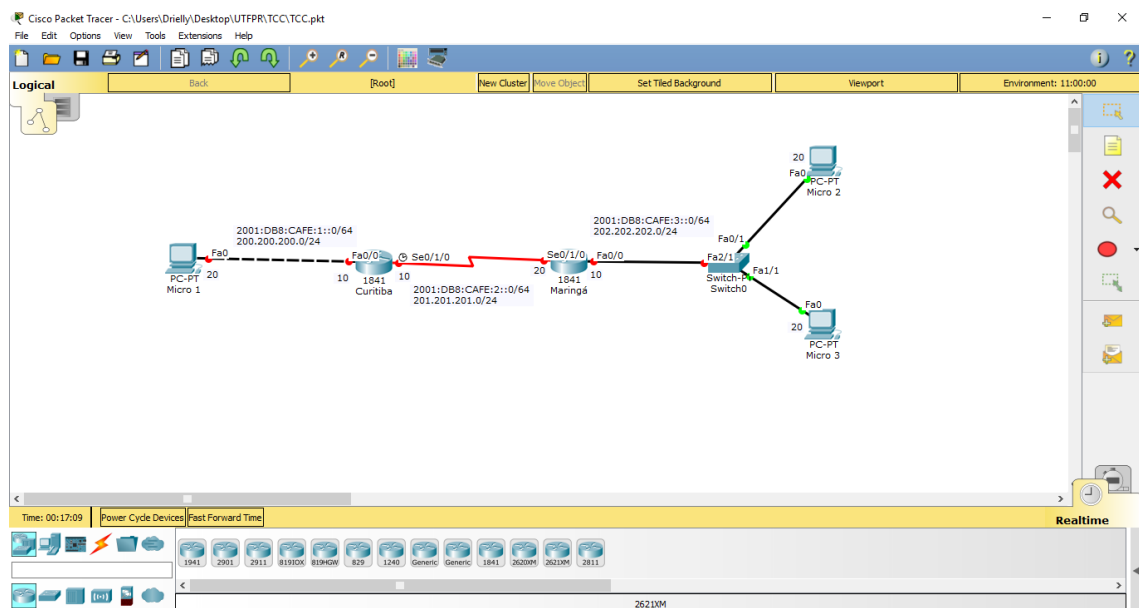


Figura 6 – Topologia utilizada na simulação

Tabela 5, com os dispositivos, interfaces e seus respectivos IPs e máscaras:

Dispositivo	Interface	Endereço IPv4	Máscara IPv4	Endereço IPv6	Máscara IPv6
Micro1	Fa0	200.200.200.20	255.255.255.0	2001:DB8:CAFÉ:1::20	/64
Micro2	Fa0	202.202.202.20	255.255.255.0	2001:DB8:CAFÉ:3::20	/64
Micro3	Fa0	202.202.202.30	255.255.255.0	2001:DB8:CAFÉ:3::30	/64
Router Curitiba - DCE	Fa0/0	200.200.200.10	255.255.255.0	2001:DB8:CAFÉ:1::10	/64
Router Curitiba - DCE	Serial 0/1/0	201.201.201.10	255.255.255.0	2001:DB8:CAFÉ:2::10	/64
Router Maringá	Fa0/0	202.202.202.10	255.255.255.0	2001:DB8:CAFÉ:3::10	/64
Router Maringá	Serial 0/1/0	201.201.201.20	255.255.255.0	2001:DB8:CAFÉ:2::20	/64

Tabela 5 – Tabela com IP e máscara dos dispositivos e suas interfaces

Configuração dos IPs dos micros da rede na versão 4 e 6, conforme figuras 7 a 9:

Micro 1

Physical Config Desktop Attributes Software/Services

IP Configuration

IP Configuration

DHCP  Static

IP Address 200.200.200.20

Subnet Mask 255.255.255.0

Default Gateway 200.200.200.10

DNS Server 0.0.0.0

IPv6 Configuration

DHCP  Auto Config  Static

IPv6 Address 2001:DB8:CAFE:1::20 / 64

Link Local Address FE80::260:3EFF:FE91:D7CA

IPv6 Gateway 2001:DB8:CAFE:1::10

IPv6 DNS Server

Top

Figura 7 – Configuração dos IPs do Micro 1

Micro 2

Physical Config Desktop Attributes Software/Services

IP Configuration

IP Configuration

DHCP  Static

IP Address 202.202.202.20

Subnet Mask 255.255.255.0

Default Gateway 202.202.202.10

DNS Server

IPv6 Configuration

DHCP  Auto Config  Static

IPv6 Address 2001:DB8:CAFE:3::20 / 64

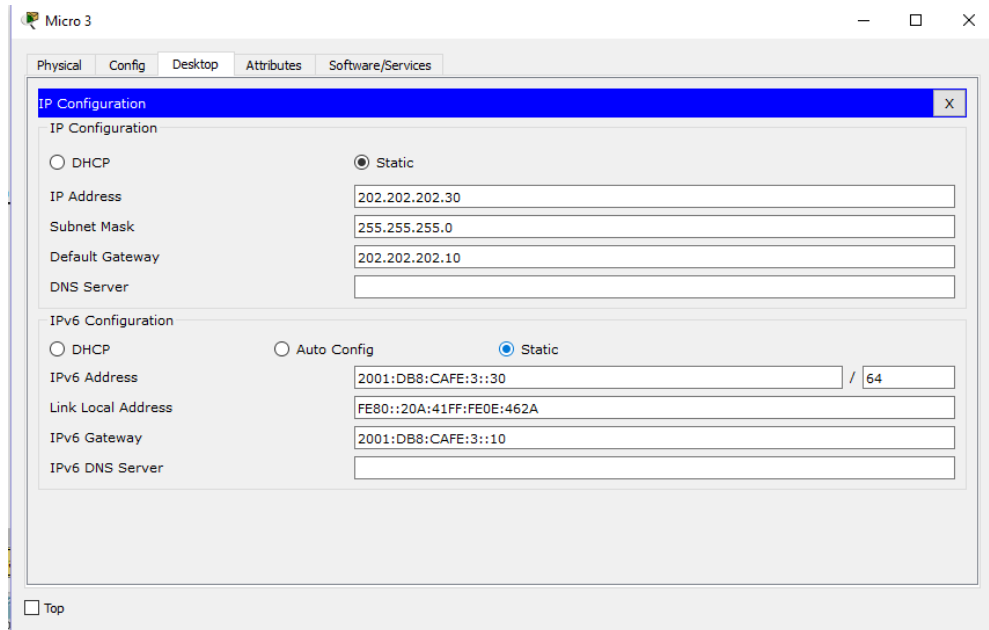
Link Local Address FE80::202:16FF:FE1A:C10B

IPv6 Gateway 2001:DB8:CAFE:3::10

IPv6 DNS Server

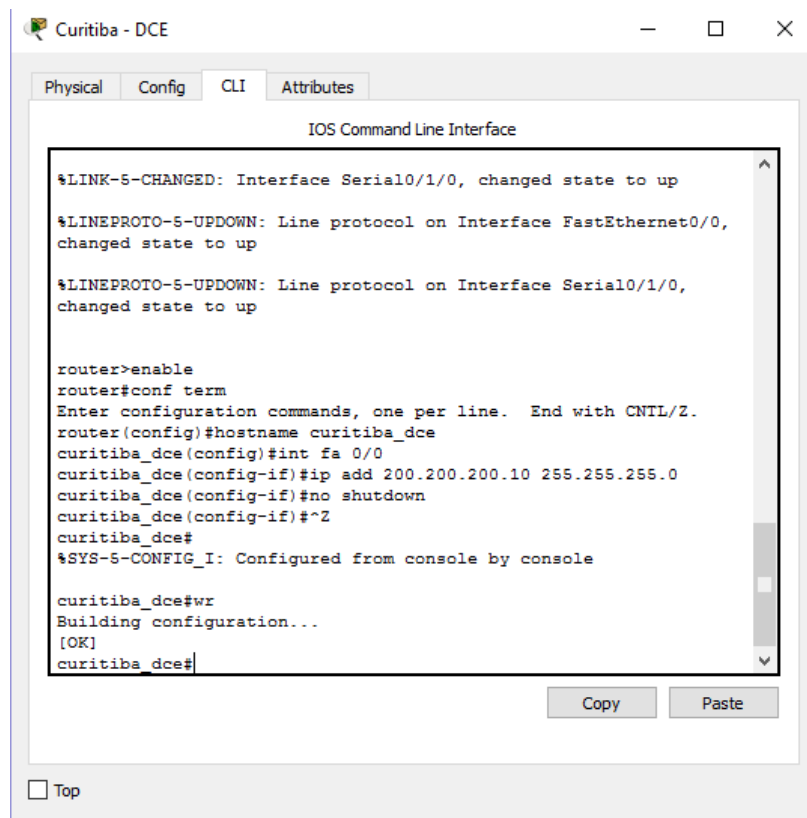
Top

Figura 8 – Configuração dos IPs do Micro 2



**Figura 9 – Configuração dos IPs do Micro 3**

As figuras 10 a 15, demonstram a configuração das Interfaces Fast Ethernet e Serial dos roteadores, assim como as rotas, para o funcionamento com o IPv4:



**Figura 10 – Configuração da Interface Fast Ethernet 0/0 do roteador Curitiba – DCE – IPv4**

```

Curitiba - DCE
Physical Config CLI Attributes
IOS Command Line Interface

curitiba_dce>
curitiba_dce>enable
curitiba_dce#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
curitiba_dce(config)#int se 0/1/0
curitiba_dce(config-if)#ip add 201.201.201.10 255.255.255.0
curitiba_dce(config-if)#clock rate 2000000
curitiba_dce(config-if)#no shutdown
curitiba_dce(config-if)#^Z
curitiba_dce#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

curitiba_dce#w
Building configuration...
[OK]
curitiba_dce#
Copy Paste
 Top

```

**Figura 11 – Configuração da Interface Serial 0/1/0 do roteador Curitiba – DCE – IPv4**

```

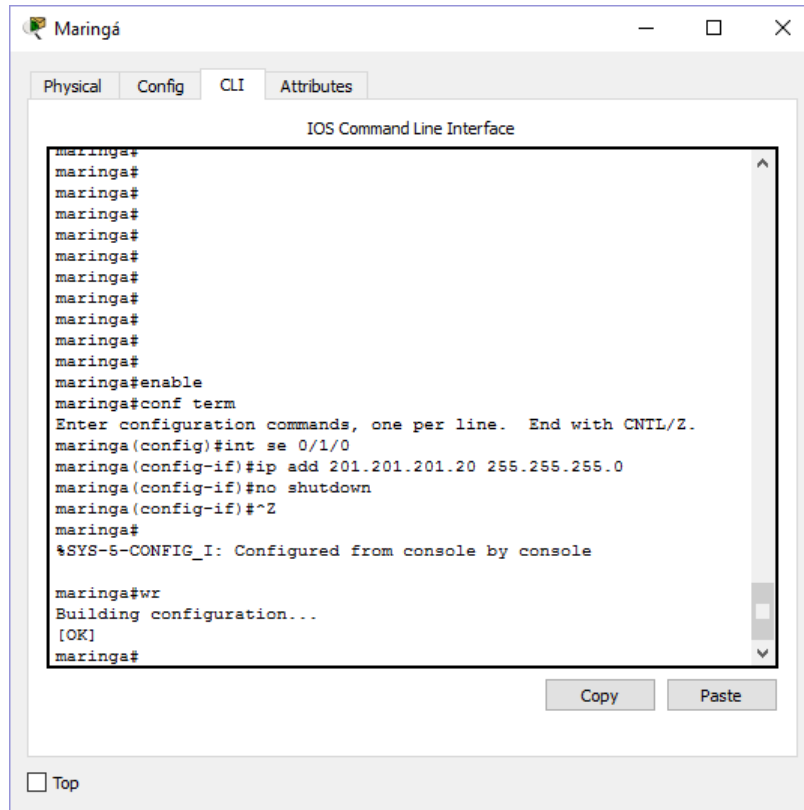
Maringá
Physical Config CLI Attributes
IOS Command Line Interface

router#
router#
router#
router#
router#
router#
router#
router#
router#
router#enable
router#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
router(config)#hostname maringa
maringa(config)#int fa 0/0
maringa(config-if)#ip add 202.202.202.10 255.255.255.0
maringa(config-if)#no shutdown
maringa(config-if)#^Z
maringa#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

maringa#wr
Building configuration...
[OK]
maringa#
Copy Paste
 Top

```

**Figura 12 – Configuração da Interface Fast Ethernet 0/0 do roteador Maringá – IPv4**



The screenshot shows a window titled 'Maringá' with tabs for 'Physical', 'Config', 'CLI', and 'Attributes'. The 'CLI' tab is active, displaying the 'IOS Command Line Interface'. The terminal output shows the following commands and responses:

```

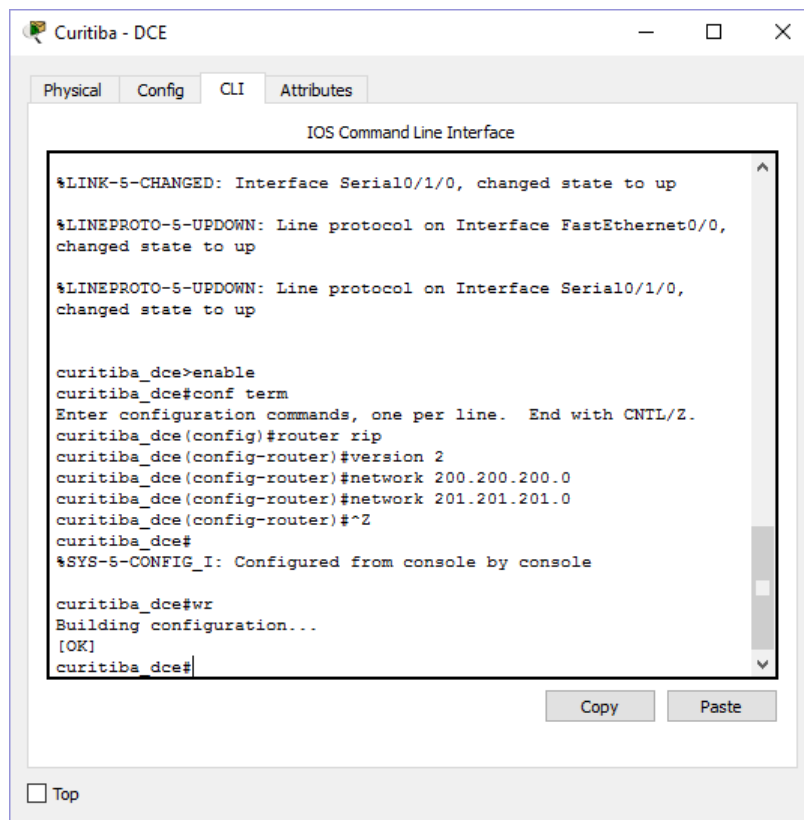
Maringá#
Maringá#
Maringá#
Maringá#
Maringá#
Maringá#
Maringá#
Maringá#
Maringá#
Maringá#
Maringá#
Maringá#enable
Maringá#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Maringá(config)#int se 0/1/0
Maringá(config-if)#ip add 201.201.201.20 255.255.255.0
Maringá(config-if)#no shutdown
Maringá(config-if)#^Z
Maringá#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

Maringá#wr
Building configuration...
[OK]
Maringá#

```

Buttons for 'Copy' and 'Paste' are visible at the bottom right of the terminal area. A 'Top' button is located at the bottom left of the window.

**Figura 13 – Configuração da Interface Serial 0/1/0 do roteador Maringá – IPv4**



The screenshot shows a window titled 'Curitiba - DCE' with tabs for 'Physical', 'Config', 'CLI', and 'Attributes'. The 'CLI' tab is active, displaying the 'IOS Command Line Interface'. The terminal output shows the following commands and responses:

```

%LINK-5-CHANGED: Interface Serial0/1/0, changed state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0,
changed state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/1/0,
changed state to up

curitiba_dce>enable
curitiba_dce#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
curitiba_dce(config)#router rip
curitiba_dce(config-router)#version 2
curitiba_dce(config-router)#network 200.200.200.0
curitiba_dce(config-router)#network 201.201.201.0
curitiba_dce(config-router)#^Z
curitiba_dce#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

curitiba_dce#wr
Building configuration...
[OK]
curitiba_dce#

```

Buttons for 'Copy' and 'Paste' are visible at the bottom right of the terminal area. A 'Top' button is located at the bottom left of the window.

**Figura 14 – Configuração da rota RIP Curitiba – DCE – IPv4**

```

Maringá
Physical Config CLI Attributes
IOS Command Line Interface

%LINK-5-CHANGED: Interface Serial0/1/0, changed state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0,
changed state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/1/0,
changed state to up

maringa>enable
maringa#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
maringa(config)#router rip
maringa(config-router)#version 2
maringa(config-router)#network 201.201.201.0
maringa(config-router)#network 202.202.202.0
maringa(config-router)#^Z
maringa#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

maringa#wr
Building configuration...
[OK]
maringa#
Copy Paste
Top

```

Figura 15 – Configuração da rota RIP Maringá – IPv4

Após configurar roteadores, realizou-se testes de conectividade utilizando a aplicação ping, conforme as figuras 16 a 18.

```

Micro 1
Physical Config Desktop Attributes Software/Services
Command Prompt
C:\>ping 202.202.202.20

Pinging 202.202.202.20 with 32 bytes of data:

Reply from 202.202.202.20: bytes=32 time=2ms TTL=126
Reply from 202.202.202.20: bytes=32 time=4ms TTL=126
Reply from 202.202.202.20: bytes=32 time=1ms TTL=126
Reply from 202.202.202.20: bytes=32 time=3ms TTL=126

Ping statistics for 202.202.202.20:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 4ms, Average = 2ms

C:\>ping 202.202.202.30

Pinging 202.202.202.30 with 32 bytes of data:

Reply from 202.202.202.30: bytes=32 time=1ms TTL=126
Reply from 202.202.202.30: bytes=32 time=6ms TTL=126
Reply from 202.202.202.30: bytes=32 time=1ms TTL=126
Reply from 202.202.202.30: bytes=32 time=1ms TTL=126

Ping statistics for 202.202.202.30:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 6ms, Average = 2ms
Top

```

Figura 16 – Ping do Micro 1 para os Micros 2 e 3 - IPv4

```

Micro 2
Physical Config Desktop Attributes Software/Services
Command Prompt
C:\>ping 200.200.200.20

Pinging 200.200.200.20 with 32 bytes of data:

Reply from 200.200.200.20: bytes=32 time=1ms TTL=126
Reply from 200.200.200.20: bytes=32 time=1ms TTL=126
Reply from 200.200.200.20: bytes=32 time=1ms TTL=126
Reply from 200.200.200.20: bytes=32 time=2ms TTL=126

Ping statistics for 200.200.200.20:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 2ms, Average = 1ms

C:\>ping 202.202.202.30

Pinging 202.202.202.30 with 32 bytes of data:

Reply from 202.202.202.30: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 202.202.202.30: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 202.202.202.30: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 202.202.202.30: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 202.202.202.30:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 1ms, Average = 0ms
  
```

Figura 17 – Ping do Micro 2 para os Micros 1 e 3 - IPv4

```

Micro 3
Physical Config Desktop Attributes Software/Services
Command Prompt
C:\>ping 200.200.200.20

Pinging 200.200.200.20 with 32 bytes of data:

Reply from 200.200.200.20: bytes=32 time=34ms TTL=126
Reply from 200.200.200.20: bytes=32 time=15ms TTL=126
Reply from 200.200.200.20: bytes=32 time=11ms TTL=126
Reply from 200.200.200.20: bytes=32 time=27ms TTL=126

Ping statistics for 200.200.200.20:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 11ms, Maximum = 34ms, Average = 21ms

C:\>ping 202.202.202.20

Pinging 202.202.202.20 with 32 bytes of data:

Reply from 202.202.202.20: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 202.202.202.20: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 202.202.202.20: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 202.202.202.20: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 202.202.202.20:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 1ms, Average = 0ms
  
```

Figura 18 – Ping do Micro 3 para os Micros 1 e 2 - IPv4

Na figura 19, comando ping na versão 6 do IP, não funciona porque ainda não foi configurado.

```

C:\>
C:\>
C:\>ping 2001:db8:cafe:2::20

Pinging 2001:db8:cafe:2::20 with 32 bytes of data:

Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.

Ping statistics for 2001:DB8:CAFE:2::20:
    Packets: Sent = 4, Received = 0, Lost = 4 (100% loss),

C:\>ping 2001:db8:cafe:3::20

Pinging 2001:db8:cafe:3::20 with 32 bytes of data:

Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.

Ping statistics for 2001:DB8:CAFE:3::20:
    Packets: Sent = 4, Received = 0, Lost = 4 (100% loss),

C:\>
  
```

Figura 19 – Ping do Micro 1 para os Micros 2 e 3 – IPv6

Em seguida nas figuras 20 a 29 demonstra-se a configuração das Interfaces Fast Ethernet e Serial dos roteadores, assim como as rotas, para o funcionamento com o IPv6:

```

curitiba_dce#
curitiba_dce#
curitiba_dce#
curitiba_dce#
curitiba_dce#
curitiba_dce#
curitiba_dce#
curitiba_dce#
curitiba_dce#
curitiba_dce#enable
curitiba_dce#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
curitiba_dce(config)#int fa 0/0
curitiba_dce(config-if)#ipv6 add 2001:db8:cafe:1::10/64
curitiba_dce(config-if)#no shutdown
curitiba_dce(config-if)#^Z
curitiba_dce#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

curitiba_dce#wr
Building configuration...
[OK]
curitiba_dce#
  
```

Figura 20 – Configuração da Interface Fast Ethernet 0/0 do roteador Curitiba – DCE – IPv6



The screenshot shows a window titled "Curitiba - DCE" with tabs for "Physical", "Config", "CLI", and "Attributes". The "CLI" tab is active, displaying the "IOS Command Line Interface". The terminal output shows the following commands and responses:

```

curitiba_dce#
curitiba_dce#
curitiba_dce#
curitiba_dce#
curitiba_dce#
curitiba_dce#
curitiba_dce#
curitiba_dce#
curitiba_dce#enable
curitiba_dce#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
curitiba_dce(config)#int se 0/1/0
curitiba_dce(config-if)#ipv6 add 2001:db8:cafe:2::10/64
curitiba_dce(config-if)#clock rate 2000000
curitiba_dce(config-if)#no shutdown
curitiba_dce(config-if)#^Z
curitiba_dce#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

curitiba_dce#wr
Building configuration...
[OK]
curitiba_dce#

```

At the bottom of the window, there are "Copy" and "Paste" buttons and a "Top" button.

**Figura 21 – Configuração da Interface Serial 0/1/0 do roteador Curitiba – DCE – IPv6**

The screenshot shows a window titled "Maringá" with tabs for "Physical", "Config", "CLI", and "Attributes". The "CLI" tab is active, displaying the "IOS Command Line Interface". The terminal output shows the following commands and responses:

```

maringa#
maringa#
maringa#
maringa#
maringa#
maringa#
maringa#
maringa#
maringa#enable
maringa#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
maringa(config)#int fa 0/0
maringa(config-if)#ipv6 add 2001:db8:cafe:3::10/64
maringa(config-if)#no shutdown
maringa(config-if)#^Z
maringa#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

maringa#wr
Building configuration...
[OK]
maringa#

```

At the bottom of the window, there are "Copy" and "Paste" buttons and a "Top" button.

**Figura 22 – Configuração da Interface Fast Ethernet 0/0 do roteador Maringá – IPv6**

```

Maringá
Physical Config CLI Attributes
IOS Command Line Interface
maringa#
maringa#
maringa#
maringa#
maringa#
maringa#
maringa#
maringa#
maringa#
maringa#
maringa#enable
maringa#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
maringa(config)#int se 0/1/0
maringa(config-if)#ipv6 add 2001:db8:cafe:2::20/64
maringa(config-if)#no shutdown
maringa(config-if)#^Z
maringa#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

maringa#wr
Building configuration...
[OK]
maringa#

```

Figura 23 – Configuração da Interface Serial 0/1/0 do roteador Maringá – IPv6

```

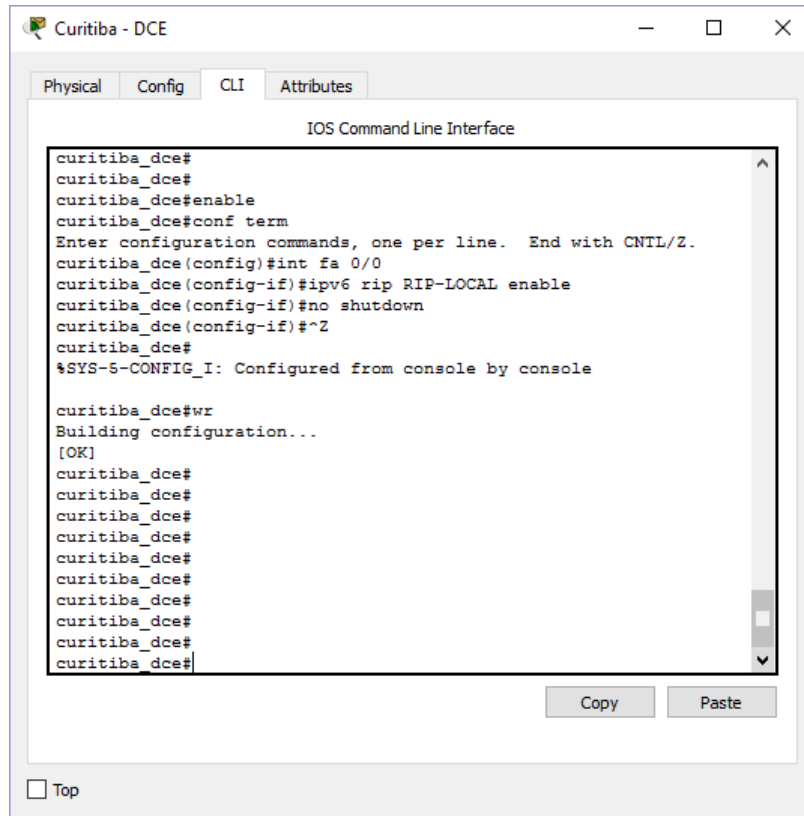
Curitiba - DCE
Physical Config CLI Attributes
IOS Command Line Interface
curitiba_dce(config-rtr)#no shutdown
^
% Invalid input detected at '^' marker.
curitiba_dce(config-rtr)#^Z
curitiba_dce#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

curitiba_dce#
curitiba_dce#
curitiba_dce#
curitiba_dce#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
curitiba_dce(config)#ipv6 unicast-routing
curitiba_dce(config)#ipv6 router rip RIP-LOCAL
curitiba_dce(config-rtr)#redistribute static
curitiba_dce(config-rtr)#^Z
curitiba_dce#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

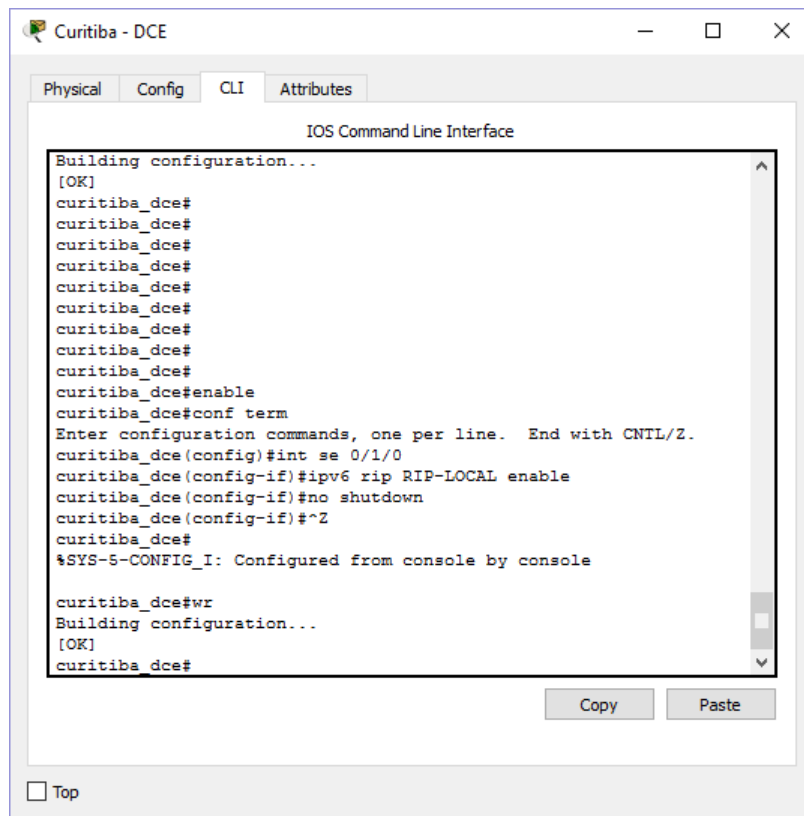
curitiba_dce#wr
Building configuration...
[OK]
curitiba_dce#

```

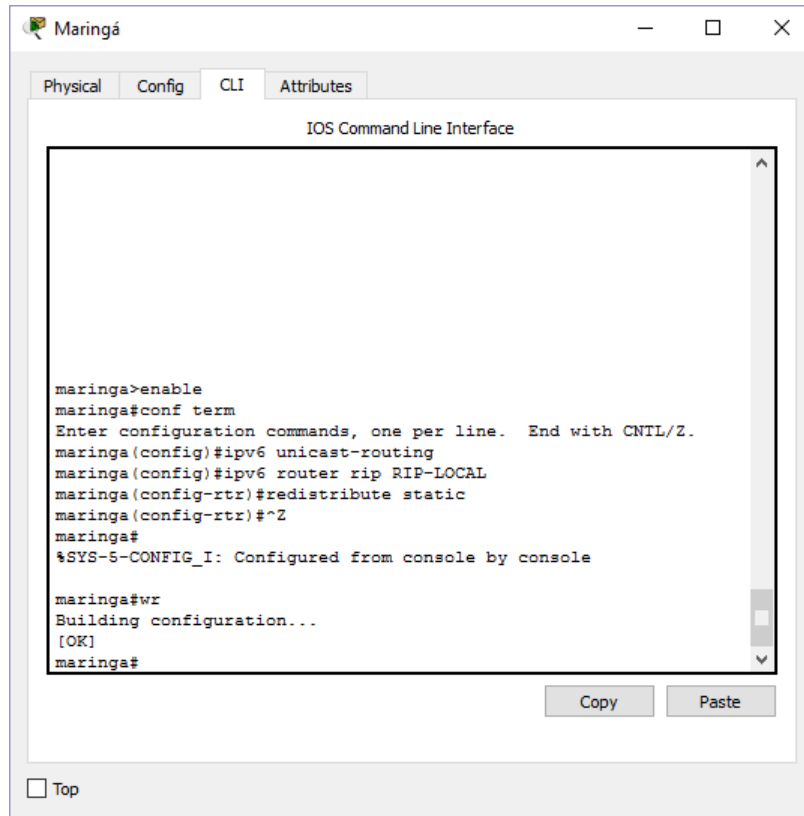
Figura 24 – Configuração da rota RIP Curitiba – DCE – IPv6



**Figura 25 – Habilitando a interface Fast Ethernet Curitiba – DCE – IPv6**



**Figura 26 – Habilitando a interface Serial Curitiba – DCE – IPv6**



The screenshot shows the Maringá CLI interface with the following commands and output:

```

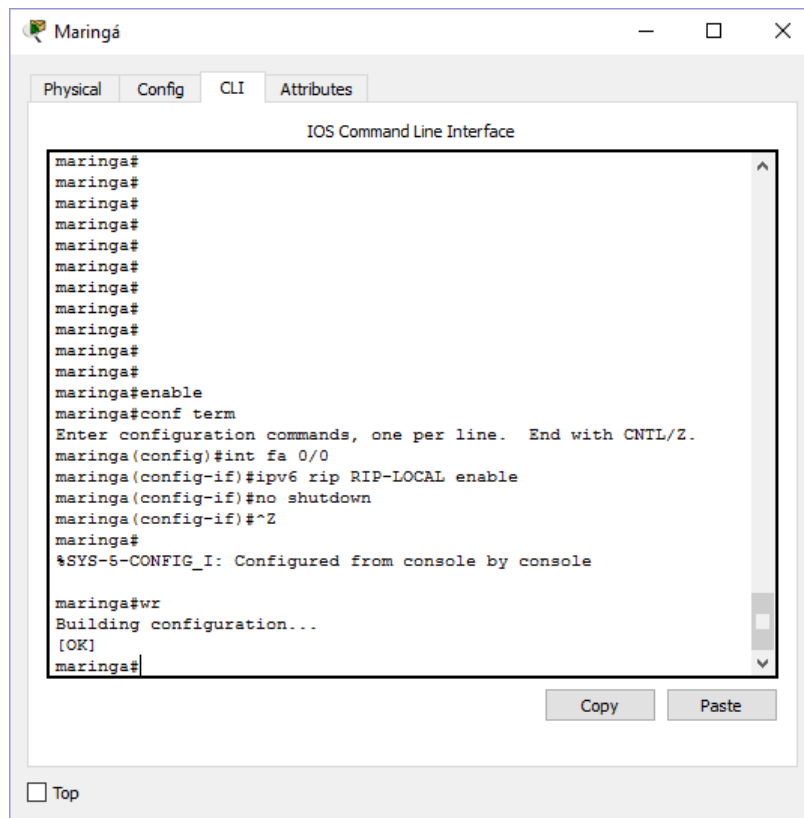
Maringá
Physical Config CLI Attributes
IOS Command Line Interface

maringa>enable
maringa#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
maringa(config)#ipv6 unicast-routing
maringa(config)#ipv6 router rip RIP-LOCAL
maringa(config-rtr)#redistribute static
maringa(config-rtr)#^Z
maringa#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

maringa#wr
Building configuration...
[OK]
maringa#
Copy Paste
 Top

```

**Figura 27 – Configuração da rota RIP Maringá – IPv6**



The screenshot shows the Maringá CLI interface with the following commands and output:

```

Maringá
Physical Config CLI Attributes
IOS Command Line Interface

maringa#
maringa#
maringa#
maringa#
maringa#
maringa#
maringa#
maringa#
maringa#
maringa#
maringa#
maringa#enable
maringa#conf term
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
maringa(config)#int fa 0/0
maringa(config-if)#ipv6 rip RIP-LOCAL enable
maringa(config-if)#no shutdown
maringa(config-if)#^Z
maringa#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

maringa#wr
Building configuration...
[OK]
maringa#
Copy Paste
 Top

```

**Figura 28 – Habilitando a interface Fast Ethernet Maringá – IPv6**

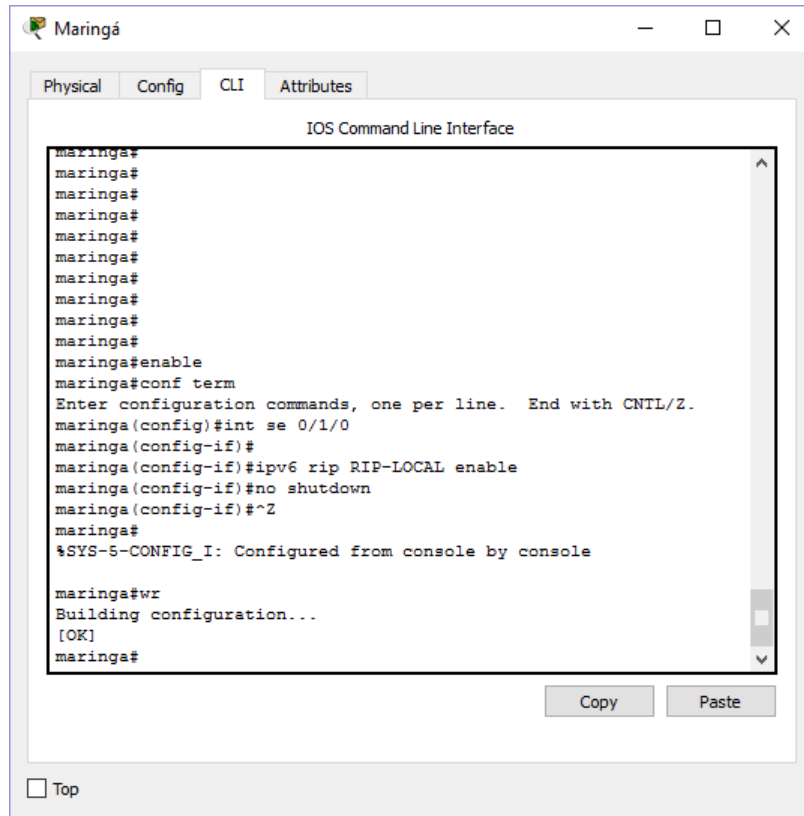


Figura 29 – Habilitando a interface Serial Maringá – IPv6

Após configurar roteadores, realizou-se testes de conectividade utilizando a aplicação ping, conforme as figuras 30 a 32.

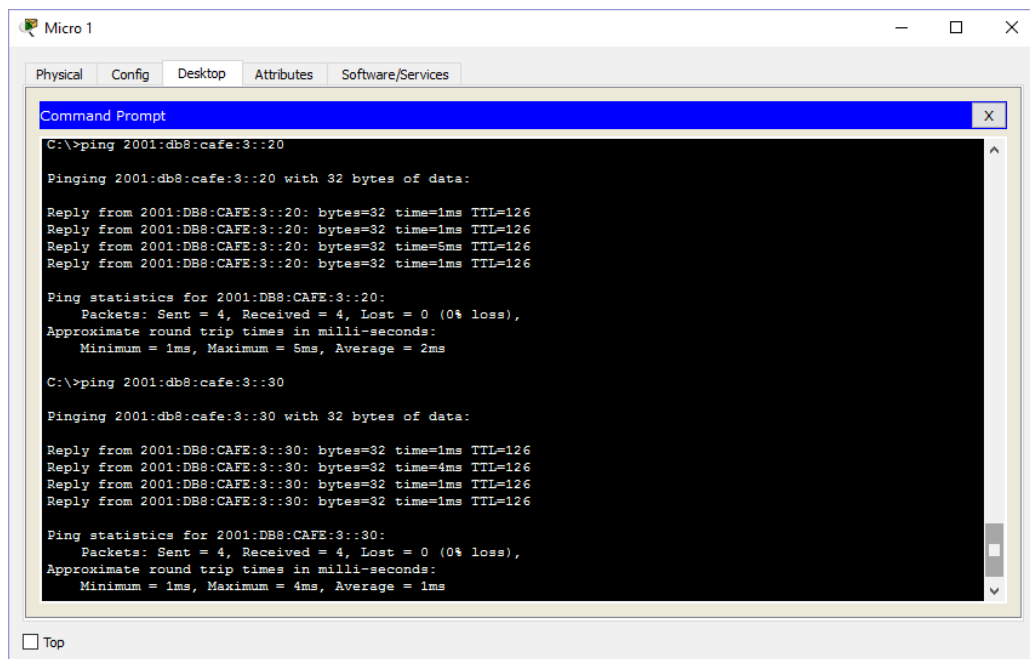


Figura 30 – Ping do Micro 1 para os Micros 2 e 3 – IPv6

```

Micro 2
Physical Config Desktop Attributes Software/Services
Command Prompt
C:\>ping 2001:db8:cafe:3::30

Pinging 2001:db8:cafe:3::30 with 32 bytes of data:

Reply from 2001:DB8:CAFE:3::30: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 2001:DB8:CAFE:3::30: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 2001:DB8:CAFE:3::30: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 2001:DB8:CAFE:3::30: bytes=32 time=1ms TTL=128

Ping statistics for 2001:DB8:CAFE:3::30:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 1ms, Average = 0ms

C:\>ping 2001:db8:cafe:1::20

Pinging 2001:db8:cafe:1::20 with 32 bytes of data:

Reply from 2001:DB8:CAFE:1::20: bytes=32 time=1ms TTL=126
Reply from 2001:DB8:CAFE:1::20: bytes=32 time=4ms TTL=126
Reply from 2001:DB8:CAFE:1::20: bytes=32 time=2ms TTL=126
Reply from 2001:DB8:CAFE:1::20: bytes=32 time=1ms TTL=126

Ping statistics for 2001:DB8:CAFE:1::20:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 4ms, Average = 2ms
  
```

Figura 31 – Ping do Micro 2 para os Micros 1 e 3 – IPv6

```

Micro 3
Physical Config Desktop Attributes Software/Services
Command Prompt
C:\>ping 2001:db8:cafe:1::20

Pinging 2001:db8:cafe:1::20 with 32 bytes of data:

Reply from 2001:DB8:CAFE:1::20: bytes=32 time=4ms TTL=126
Reply from 2001:DB8:CAFE:1::20: bytes=32 time=1ms TTL=126
Reply from 2001:DB8:CAFE:1::20: bytes=32 time=1ms TTL=126
Reply from 2001:DB8:CAFE:1::20: bytes=32 time=1ms TTL=126

Ping statistics for 2001:DB8:CAFE:1::20:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 4ms, Average = 1ms

C:\>ping 2001:db8:cafe:3::20

Pinging 2001:db8:cafe:3::20 with 32 bytes of data:

Reply from 2001:DB8:CAFE:3::20: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 2001:DB8:CAFE:3::20: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 2001:DB8:CAFE:3::20: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 2001:DB8:CAFE:3::20: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 2001:DB8:CAFE:3::20:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
  
```

Figura 32 – Ping do Micro 3 para os Micros 1 e 2 – IPv6

Nas figuras 33 a 36 o comando *show ip route* exibe o conteúdo da tabela de roteamento IP:

```

Curitiba - DCE
Physical Config CLI Attributes
IOS Command Line Interface
curitiba_dce>
curitiba_dce>
curitiba_dce>
curitiba_dce>
curitiba_dce>
curitiba_dce>
curitiba_dce>
curitiba_dce>
curitiba_dce>
curitiba_dce>
curitiba_dce>show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C    200.200.200.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C    201.201.201.0/24 is directly connected, Serial0/1/0
R    202.202.202.0/24 [120/1] via 201.201.201.20, 00:00:03, Serial0/1/0
curitiba_dce>
Copy Paste
 Top

```

Figura 33 – Tabela de roteamento - Curitiba - DCE – IPv4

```

Curitiba - DCE
Physical Config CLI Attributes
IOS Command Line Interface
Serial0/1/0
curitiba_dce>show ipv6 route
IPv6 Routing Table - 6 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, R - RIP, B - BGP
       U - Per-user Static route, M - MIPv6
       I1 - ISIS L1, I2 - ISIS L2, IA - ISIS interarea, IS - ISIS
summary
       O - OSPF intra, OI - OSPF inter, OE1 - OSPF ext 1, OE2 -
OSPF ext 2
       ON1 - OSPF NSSA ext 1, ON2 - OSPF NSSA ext 2
       D - EIGRP, EX - EIGRP external
C    2001:DB8:CAFE:1::/64 [0/0]
   via ::, FastEthernet0/0
L    2001:DB8:CAFE:1::10/128 [0/0]
   via ::, FastEthernet0/0
C    2001:DB8:CAFE:2::/64 [0/0]
   via ::, Serial0/1/0
L    2001:DB8:CAFE:2::10/128 [0/0]
   via ::, Serial0/1/0
R    2001:DB8:CAFE:3::/64 [120/2]
   via FE80::201:63FF:FE72:901, Serial0/1/0
L    FF00::/8 [0/0]
   via ::, Null0
curitiba_dce>
Copy Paste
 Top

```

Figura 34 – Tabela de roteamento - Curitiba - DCE – IPv6

```

Maringá
Physical Config CLI Attributes
IOS Command Line Interface

maringa>show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

R    200.200.200.0/24 [120/1] via 201.201.201.10, 00:00:14, Serial0/1/0
C    201.201.201.0/24 is directly connected, Serial0/1/0
C    202.202.202.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0

maringa>
Copy Paste
 Top

```

Figura 35 – Tabela de roteamento - Maringá – IPv4

```

Maringá
Physical Config CLI Attributes
IOS Command Line Interface

R    200.200.200.0/24 [120/1] via 201.201.201.10, 00:00:14, Serial0/1/0
C    201.201.201.0/24 is directly connected, Serial0/1/0
C    202.202.202.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0

maringa>show ipv6 route
IPv6 Routing Table - 6 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, R - RIP, B - BGP
       U - Per-user Static route, M - MIPv6
       I1 - ISIS L1, I2 - ISIS L2, IA - ISIS interarea, IS - ISIS summary
       O - OSPF intra, OI - OSPF inter, OE1 - OSPF ext 1, OE2 - OSPF ext 2
       ON1 - OSPF NSSA ext 1, ON2 - OSPF NSSA ext 2
       D - EIGRP, EX - EIGRP external

R    2001:DB8:CAFE:1::/64 [120/2]
    via FE80::201:97FF:FE19:A401, Serial0/1/0
C    2001:DB8:CAFE:2::/64 [0/0]
    via ::, Serial0/1/0
L    2001:DB8:CAFE:2::20/128 [0/0]
    via ::, Serial0/1/0
C    2001:DB8:CAFE:3::/64 [0/0]
    via ::, FastEthernet0/0
L    2001:DB8:CAFE:3::10/128 [0/0]
    via ::, FastEthernet0/0
L    FF00::/8 [0/0]
    via ::, Null0

maringa>
Copy Paste
 Top

```

Figura 36 – Tabela de roteamento - Maringá – IPv6



Nas figuras 37 a 42, o comando *Traceroute*, ferramenta que permite descobrir o caminho feito pelos pacotes da origem até o destino.

```

Micro 1
Physical Config Desktop Attributes Software/Services
Command Prompt
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>tracert 202.202.202.20

Tracing route to 202.202.202.20 over a maximum of 30 hops:

  1  0 ms    0 ms    0 ms    200.200.200.10
  2  1 ms    3 ms    0 ms    201.201.201.20
  3  1 ms    1 ms    0 ms    202.202.202.20

Trace complete.

C:\>tracert 202.202.202.30

Tracing route to 202.202.202.30 over a maximum of 30 hops:

  1  0 ms    1 ms    1 ms    200.200.200.10
  2  2 ms    0 ms    1 ms    201.201.201.20
  3  0 ms    0 ms    3 ms    202.202.202.30

Trace complete.

C:\>
  
```

Figura 37 – Traceroute Micro 1 para os Micros 2 e 3 – IPv4

```

Micro 2
Physical Config Desktop Attributes Software/Services
Command Prompt
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>tracert 200.200.200.20

Tracing route to 200.200.200.20 over a maximum of 30 hops:

  1  1 ms    0 ms    0 ms    202.202.202.10
  2  0 ms    0 ms    0 ms    201.201.201.10
  3  0 ms    1 ms    1 ms    200.200.200.20

Trace complete.

C:\>tracert 202.202.202.30

Tracing route to 202.202.202.30 over a maximum of 30 hops:

  1  1 ms    1 ms    0 ms    202.202.202.30

Trace complete.

C:\>
  
```

Figura 38 – Traceroute Micro 2 para os Micros 1 e 3 – IPv4

```

Micro 3
Physical Config Desktop Attributes Software/Services
Command Prompt
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>tracert 200.200.200.20

Tracing route to 200.200.200.20 over a maximum of 30 hops:

  0  0 ms  0 ms  0 ms  200.200.200.10
  1  1 ms  0 ms  0 ms  202.202.202.10
  2  1 ms  1 ms  0 ms  201.201.201.10
  3  2 ms  0 ms  1 ms  200.200.200.20

Trace complete.

C:\>tracert 202.202.202.20

Tracing route to 202.202.202.20 over a maximum of 30 hops:

  0  0 ms  0 ms  0 ms  202.202.202.20
  1  0 ms  0 ms  1 ms  202.202.202.20

Trace complete.

C:\>

```

Figura 39 – Traceroute Micro 3 para os Micros 1 e 2 – IPv4

```

Micro 1
Physical Config Desktop Attributes Software/Services
Command Prompt
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>tracert 2001:db8:Cafe:3::20

Tracing route to 2001:db8:Cafe:3::20 over a maximum of 30 hops:

  0  0 ms  0 ms  0 ms  2001:DB8:CAFE:1::10
  1  1 ms  10 ms  0 ms  2001:DB8:CAFE:2::20
  2  1 ms  1 ms  0 ms  2001:DB8:CAFE:2::20
  3  12 ms  4 ms  12 ms  2001:DB8:CAFE:3::20

Trace complete.

C:\>tracert 2001:db8:Cafe:3::30

Tracing route to 2001:db8:Cafe:3::30 over a maximum of 30 hops:

  0  0 ms  0 ms  0 ms  2001:DB8:CAFE:1::10
  1  2 ms  0 ms  0 ms  2001:DB8:CAFE:1::10
  2  1 ms  1 ms  1 ms  2001:DB8:CAFE:2::20
  3  12 ms  15 ms  13 ms  2001:DB8:CAFE:3::30

Trace complete.

C:\>

```

Figura 40 – Traceroute Micro 1 para os Micros 2 e 3 – IPv6

```

Micro 2
Physical Config Desktop Attributes Software/Services
Command Prompt
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>tracert 2001:db8:Cafe:1::20

Tracing route to 2001:db8:Cafe:1::20 over a maximum of 30 hops:

  1  1 ms    0 ms    0 ms    2001:DB8:CAFE:3::10
  2  1 ms    0 ms    0 ms    2001:DB8:CAFE:2::10
  3  3 ms    1 ms    1 ms    2001:DB8:CAFE:1::20

Trace complete.

C:\>tracert 2001:db8:Cafe:3::30

Tracing route to 2001:db8:Cafe:3::30 over a maximum of 30 hops:

  1  1 ms    0 ms    0 ms    2001:DB8:CAFE:3::30

Trace complete.

C:\>

```

Figura 41 – Traceroute Micro 2 para os Micros 1 e 3 – IPv6

```

Micro 3
Physical Config Desktop Attributes Software/Services
Command Prompt
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>tracert 2001:db8:cafe:1::20

Tracing route to 2001:db8:cafe:1::20 over a maximum of 30 hops:

  1  0 ms    0 ms    1 ms    2001:DB8:CAFE:3::10
  2  1 ms    0 ms    0 ms    2001:DB8:CAFE:2::10
  3  1 ms    1 ms    0 ms    2001:DB8:CAFE:1::20

Trace complete.

C:\>tracert 2001:db8:cafe:3::20

Tracing route to 2001:db8:cafe:3::20 over a maximum of 30 hops:

  1  4 ms    0 ms    0 ms    2001:DB8:CAFE:3::20

Trace complete.

C:\>

```

Figura 42 – Traceroute Micro 3 para os Micros 1 e 2 – IPv6

Finaliza-se a demonstração do funcionamento da rede operando simultaneamente com os protocolos IPv4 e IPv6.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a crescente expansão da Internet, faz-se cada vez mais necessária a migração do IPv4 para o IPv6, protocolo este que disponibiliza uma quantidade de endereços satisfatória, solucionando essa questão e melhorando a segurança e agilidade na transmissão de dados. Para a transição ser efetuada com sucesso, algumas das técnicas de transição existentes são as de tunelamento, tradução e pilha dupla.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de demonstrar a técnica pilha dupla, que é recomendada sempre que possível de acordo com o Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR. Nessa técnica as duas versões do IP funcionam simultaneamente. Após a criação de uma rede no simulador *Cisco Packet Tracer 7.0*, foi implementada a técnica pilha dupla, mantendo as duas versões funcionando perfeitamente, mostrando-se uma opção viável para a efetivação da transição entre as versões do IP.

## REFERÊNCIAS

ANATEL, **IPv6 estará disponível para o público a partir de julho de 2015**, 2015 Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/Portal/exibirPortalNoticias.do?acao=carregaNoticia&codigo=36710>>. Acesso em 08 jun. 2017.

CISCO. **IPv6 Extension Headers Review and Considerations**, 2006. Disponível em: <[https://www.cisco.com/en/US/technologies/tk648/tk872/technologies\\_white\\_paper0900aecd8054d37d.html](https://www.cisco.com/en/US/technologies/tk648/tk872/technologies_white_paper0900aecd8054d37d.html)>. Acesso em: 23 de Agosto de 2017.

COMER, Douglas E. **Redes de Computadores e Internet. 4ª ed.** Ed. Artmed/Bookman, 2007.

FILIPPETTI, Marco. A. **CCNA 4.1: Guia Completo de Estudos**. Florianópolis: Visual Books, 2008.

IPV6.BR. **Cabeçalho**, 2012a. Disponível em: <http://ipv6.br/post/cabecalho/>. Acesso em: 04 de Setembro de 2017.

\_\_\_\_\_. **Endereçamento**, 2012b. Disponível em: <<http://ipv6.br/post/enderecamento/>>. Acesso em: 29 de Agosto de 2017.

\_\_\_\_\_. **O diálogo sobre a transição para o IPv6 no Brasil**, 2014. Disponível em: <http://ipv6.br/post/o-dialogo-sobre-a-transicao-para-o-ipv6-no-brasil/>. Acesso em: 06 de Setembro de 2017.

KUROSE, James F. e ROSS, Keith W. **Rede de Computadores e a Internet: Uma abordagem top-down**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

Operating Systems and Middleware Group at HPI. **IPv6 only with Microsoft Windows**, 2009. Disponível em: <<https://www.dcl.hpi.uni-potsdam.de/teaching/osAdminSem/hoppe.pdf>>. Acesso em: 31 de Agosto de 2017.

PORTAL IPV6. **Dual stack ou pilha dupla**. Disponível em: <<http://portalipv6.lacnic.net/dual-stack-o-pila-doble>>. Acesso em: 10 de Outubro de 2017.

SANTOS, Rodrigo Regis dos; MOREIRAS, Antônio Marcos; REIS, Eduardo Ascenço; ROCHA, Ailton Soares da. **Curso IPv6 Básico**, São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://ipv6.br/media/arquivo/ipv6/file/48/IPv6-apostila.pdf>>. Acesso em: 18 de Agosto de 2017.

SOARES, Luiz Fernando Gomes; SOUZA FILHO, Guido Lemos de; COLCHER, Sérgio. **Redes de computadores: das LANs, MANs e WANs às redes ATM**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Campus, 1995.

TANENBAUM, Andrew. S. **Redes de Computadores**. 4. ed. São Paulo: Campus, 2003.