

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO SEMIPRESENCIAL EM CONFIGURAÇÃO E  
GERENCIAMENTO DE SERVIDORES E EQUIPAMENTOS DE REDES

ANDRE LUIZ MONFREDINHO

**MPLS**

MONOGRAFIA

**CURITBA**

**2011**

ANDRE LUIZ MONFREDINHO

MPLS

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Configuração e Gerenciamento de Servidores e Equipamentos de Redes, do Programa de Pós-Graduação do Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.  
Área de Concentração: Redes

Orientador: Prof. Dr. Augusto Foronda

**CURITIBA**

**2011**

## RESUMO

MONFREDINHO, André Luiz. **MPLS**. 2011. Monografia – Curso de Especialização Semipresencial em Configuração e Gerenciamento de Servidores e Equipamentos em Redes, UTFPR, Curitiba.

Esta monografia apresenta a simulação de uma rede MPLS. O importante que toda e qualquer rede ou sistema, pode ser simulado antes de sua implantação efetiva. O trabalho está direcionado no estudo dos conceitos da tecnologia MPLS e a sua simulação em implantação de dispositivos reais, validando os resultados através do simulador GNS3.

A simulação demonstra as características e recursos disponíveis do simulador com base em dispositivos utilizados em redes reais de longa distância. Aqui será demonstrada o comportamento da Tecnologia MPLS.

## Sumário

CAPÍTULO 1 .....	5
INTRODUÇÃO .....	5
1.1 PROBLEMA .....	5
1.2 JUSTIFICATIVA .....	6
1.3 OBJETIVOS .....	6
1.3.1 Objetivo Geral .....	6
1.3.2 Objetivos Específicos .....	6
1.4 MÉTODOS DE PESQUISA .....	6
CAPÍTULO 2 .....	7
2. MPLS .....	7
2.1 Terminologia MPLS .....	7
2.2 Características do MPLS .....	8
2.3 - Conceitos MPLS .....	8
2.3.1 Mecanismos de comutação do roteador .....	9
2.3.2 Comutação do CEF (Encaminhamento Rápido da Cisco) .....	9
2.4 ARQUITETURA DO MPLS .....	10
2.4.1 Componentes MPLS .....	10
2.4.2 Rótulo MPLS .....	11
2.4.3 Estrutura do rótulo MPLS .....	12
2.4.4 Pilhas de rótulos .....	12
2.4.5 Quadro MPLS .....	13
2.4.6 Distribuição de rótulos .....	13
3. CONFIGURAÇÃO DO MEIO MPLS .....	14
3.1 Configuração do CEF .....	14
3.2 Configuração dos quadros MPLS nas interfaces .....	16
3.3 Configuração do tamanho MTU .....	18
4. SIMULAÇÃO DA REDE MPLS .....	19
4.1 SIMULADOR DE REDES GNS3 (SIMULADOR GRÁFICO DE REDE) .....	19
4.2 TOPOLOGIA E IMPLEMENTAÇÃO .....	21
4.2.1 Configurações básicas .....	22
4.2.2 Configurações MPLS .....	24
4.2.3 RESULTADOS .....	29
CONCLUSÃO .....	30
REFERÊNCIAS .....	31

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUÇÃO**

As tecnologias de telecomunicações estão em constante evolução e cada vez mais se necessita de serviços mais rápidos. O MPLS (Multiprotocol Label Switching) é uma tecnologia que utiliza rótulos para o roteamento e não a verificação de cabeçalhos IP (Internet Protocol) como acontece com alguns protocolos. Existem outras tecnologias como o ATM (Asynchronous Transfer Mode), que também oferece uma melhora considerável em redes de comutação de pacotes. Entretanto, o mais interessante sobre o MPLS é que ele é aplicado sobre o IP (INÁCIO, 2002).

O MPLS foi desenvolvido para resolver o problema de altos fluxos de redes ATM sobre IP. Hoje esta tecnologia é utilizada em muitas operadoras para promover uma melhor prestação de serviços. Estes serviços podem ser utilizados em conexões nacionais e internacionais (PRETO, 2008).

O MPLS é o resultado de inúmeros esforços, que a indústria realizou no fim da década de 90, para melhorar a velocidade entre roteadores IP, adotando o conceito de rótulo de tamanho fixo (KUROSE e ROSS, 2006).

O objetivo deste trabalho é fazer um estudo sobre a tecnologia nos serviços de rede e apresentar uma simulação de uma rede MPLS mostrando como os recursos desta tecnologia podem ser usados.

Este projeto será desenvolvido em sua maior parte através de levantamento bibliográfico presente nos veículos de comunicação como livros, Internet e através do simulador GNS3. Isso é necessário, pois existem vários textos que exemplificam a tecnologia, mostrando as suas aplicações, tendências, serviços e seu futuro com relação às tecnologias como a Internet, VoIP (Voice over IP) , Vídeo Conferência, entre outros recursos.

### **1.1 PROBLEMA**

O MPLS é uma tecnologia que esta sendo difundida em muitas empresas de diversos segmentos. Antes de colocar a tecnologia MPLS em produção, há a necessidade de testar a solução em laboratório, configurando-o mais próximo possível ao cenário que se emprega nas empresas. O teste antes da implantação

visa mostrar os problemas que podem vir a ocorrer, e assim, não prejudicando a empresa.

Por isso, a simulação da rede MPLS que será apresentada tem o intuito de emular os possíveis problemas que podem vir a acontecer e tem como o objetivo reduzir os problemas na implantação da tecnologia.

Este projeto é uma análise da teoria do MPLS e pretende verificar a sua funcionalidade através da simulação do programa GNS3. Tendo como resultado os prós e contras da tecnologia. Este estudo é necessário, pois o crescimento da tecnologia MPLS é uma tendência, e contribuirá em outros serviços ligados ao protocolo IP.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

A tecnologia MPLS está sendo largamente utilizada em telecomunicações. Com o intuito de atender serviços prestados pelas operadoras.

Esse estudo sobre MPLS está diretamente ligado ao Curso de Especialização Semipresencial em Gerenciamento de Redes, pois sua característica é utilizar redes de grandes portes. A execução do projeto simula a funcionalidade em uma rede. Prevendo qualquer imprevisto antes de colocá-la em produção.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo Geral**

Simular a implantação da tecnologia MPLS em equipamentos Cisco.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Simular a tecnologia MPLS;
- Classificar quais as vantagens e desvantagens da tecnologia MPLS;
- Aplicar os conhecimentos teóricos na simulação da rede MPLS;
- Descrever os resultados na simulação da tecnologia MPLS.

## **1.4 MÉTODOS DE PESQUISA**

O projeto será realizado com auxílio de livros e da internet, podendo ser usado também o auxílio de fóruns de discussão especializados no tema.

## CAPÍTULO 2

### 2. MPLS

Este capítulo será dividido em sub-capítulos para a melhor explanação do estudo realizado.

O MPLS evoluiu de vários esforços que foram realizados pela indústria, do meio ao final dos anos 1990, visando aperfeiçoar a velocidade de distribuição dos roteadores IP, adotando um novo conceito de redes, um rótulo de tamanho fixo (KUROSE e ROSS, 2006).

#### 2.1 Terminologia MPLS

Para estudar a tecnologia MPLS é necessário conhecer alguns termos definidos pela RFC (*Request for Comments*) 3031. Abaixo estão algumas terminologias (MORGAN e LOVERING, 2008).

- Rótulo (*Label*): identifica o comprimento fixo, usado para identificação de redes, em um grupo compartilhado de destino comum.

- Pilha de Rótulo (*Label Stack*): é um conjunto de rótulos presente no cabeçalho do pacote, onde um é independente do outro.

- Troca de Rótulos (*Label Swap*): operação básica do encaminhamento.

- Salto de Comutação do Rótulo (*Label-Switched Hop* – LSH): é o salto entre dois nós MPLS.

- Caminho de comutação do Rótulo (*Label Switched Router* – LSR): é o caminho através dos dispositivos.

- Roteador de Comutação de Rótulos (*Label Switching Router* – LSR): é um nó MPLS que é capaz de encaminhar pacotes rotulados.

- Domínio MPLS: é um conjunto de equipamentos capaz de realizar roteamento e encaminhamento MPLS. Geralmente, os equipamentos estão no mesmo domínio administrativo.

- Nó de Borda MPLS: é um nó MPLS que conecta a outros dispositivos fora do domínio MPLS.

- Saída no Nó MPLS: é um ponto da borda MPLS, que controla o tráfego deixando o domínio MPLS.

- Entrada no Nó MPLS: é um ponto da borda MPLS, que controla o tráfego de entrada do domínio MPLS.

- Rótulo MPLS: é o rótulo presente no cabeçalho do pacote e que contém as informações do MPLS para a rede.

- Nó MPLS: é um controlador de protocolos MPLS, onde opera um ou mais protocolos de roteamento, capaz de encaminhar pacotes com base em rótulos.

## 2.2 Características do MPLS

Algumas características sobre o comutador de rótulos multiprotocolos (MORGAN e LOVERING, 2008).

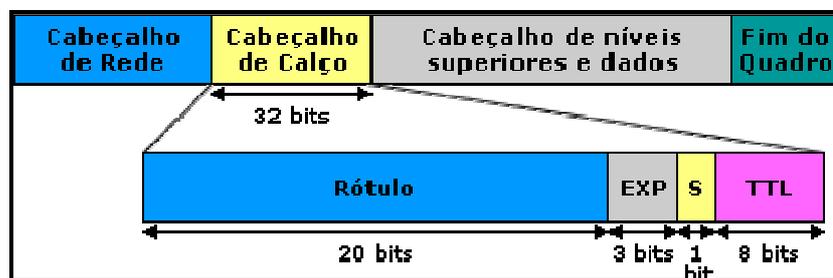


FIGURA 1: Cabeçalho MPLS FONTE: www.telecom.com.br

- É um mecanismo de comutação de pacotes, onde os rótulos possuem informações necessárias para encaminhar os pacotes;

- Não realizam a pesquisa dos cabeçalhos do protocolo de Internet;

- O roteador independe do protocolo de rede, o seu trabalho é enviar os pacotes ao roteador de próximo salto;

- Em MPLS, há apenas um exame do pacote e a atribuição de uma FEC (Encaminhamento de Classe de Equivalência);

- Nas redes MPLS, o atraso é do caminho da comutação de rotulos é menor pois os roteadores de borda que executam a pesquisa na tabaela de roteamento;

## 2.3 - Conceitos MPLS

Conforme já descrito anteriormente, o MPLS analisa os rótulos, ao invés dos protocolos de camada de rede. Desta maneira o rótulo de um pacote de saída é verificado e comparado com um rótulo do banco de dados. Com a informação encontrada, um novo rótulo é anexado ao pacote e transmitido para a interface de destino (MORGAN e LOVERING, 2008).

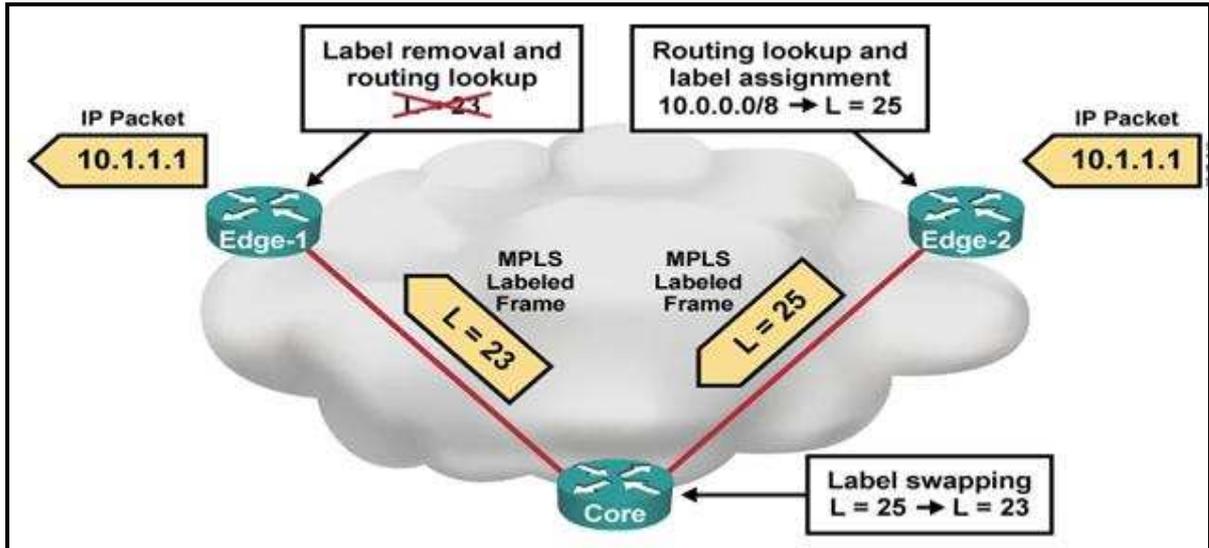


FIGURA 2: COMUTAÇÃO DE RÓTULOS FONTE: blog.cna.com.br

Na figura acima, o roteador core é chamado de SLRs (roteador de comutação de rótulos). Ele não participa da consulta à tabela de roteamento, o roteador que executa esse processo é o roteador de borda. A decisão de encaminhamento é realizada através dos rótulos. Às vezes, um LSR anterior ao roteador de borda poderá aparecer antes de enviar o pacote o destino final (MORGAN e LOVERING, 2008).

### 2.3.1 Mecanismos de comutação do roteador

O mecanismo de comutação MPLS é fornecido pelos sistemas de Internet da Cisco, através do recurso CEF (Encaminhamento Rápido da Cisco). Este recurso passou por evolução e esta descrita abaixo (MORGAN e LOVERING, 2008).

- O pacote é processado antes do encaminhamento, pela tabela de roteamento;
- Os destinos são armazenados na memória e usados para encaminhar pacotes, fazendo com que a comutação seja mais rápida;
- É utilizada a FIB (Base de Informação de Encaminhamento) para operar em altas velocidades na camada de rede.

### 2.3.2 Comutação do CEF (Encaminhamento Rápido da Cisco)

O CEF é uma tecnologia que utiliza o FIB (Base de Informação de Encaminhamento). O FIB é uma imagem da tabela de roteamento do protocolo de Internet, nele está a informação de próximo salto, com base nas informações de

endereço do protocolo de Internet. Quando há alguma mudança na tabela de roteamento, o FIB é atualizado com a ajuda de um protocolo de roteamento, seja o protocolo estado de conexão ou vetor de distancia (MORGAN e LOVERING, 2008).

O CEF mantém uma tabela de adjacência, pois o FIB não armazena informações de interface de saída e encapsulamento de camada de enlace. O CEF pode ser executado em modo distribuído, realizando a comutação mais rápida e eficiente.

## 2.4 ARQUITETURA DO MPLS

### 2.4.1 Componentes MPLS

A arquitetura subjacente da tecnologia MPLS foi separada em dois mecanismos tradicionais de roteamento (MORGAN e LOVERING, 2008).

Plano de Controle: mantém o roteamento e troca informações de rótulos entre os dispositivos adjacentes.

Plano de Dados: também conhecido como plano de encaminhamento, direciona as informações com base nos endereços ou rótulos de destino.

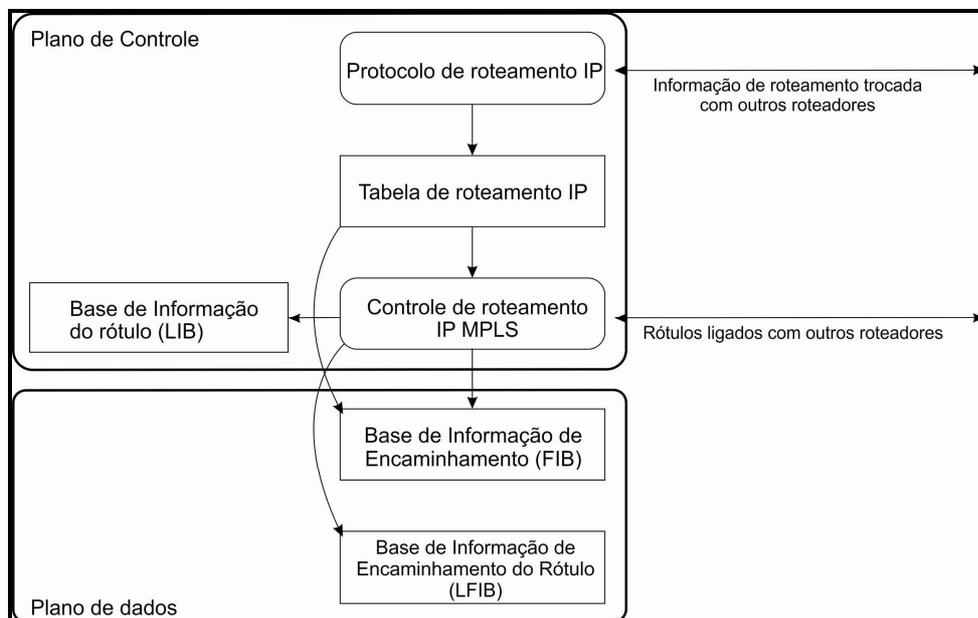


FIGURA 3: ARQUITETURA DO LSR FONTE: [www.telecom.com.br](http://www.telecom.com.br).

O plano de controle trabalha com as complexidades de roteamento em geral. Incluindo os protocolos OSPF (*Open Shortest Path First*), EIRGP (*Enhanced Interior Gateway Routing Protocol*), IS-IS (*Intermediate System To Intermediate System*), BGP (*Border Gateway Protocol*), entre outros protocolos utilizados.

Além dos protocolos de roteamento tradicionais, existem rótulos equivalentes baseados em protocolo de roteamento. O TDP (*Tag Distribution Protocol*) e o LDP (*Label Distribution Protocol*), este protocolo é proprietário da Cisco. Outro protocolo presente na tecnologia é o RSVP (*ReSource reserVation Protocol*), utilizado no mecanismo de engenharia de tráfego do MPLS, este permite a reserva da largura de banda (MORGAN e LOVERING, 2008).

O plano de dados é utilizado para o tráfego de encaminhamento, com base nas informações do protocolo de roteamento ou LDP. O LFIB (Base de Informação de Encaminhamento de Rótulos) é criado através das informações dos protocolos LDP, BGP e RSVP, e utilizado para armazenar e enviar pacotes para o destino.

#### **2.4.2 Rótulo MPLS**

Os rótulos contidos no MPLS tem a função de separar as operações de encaminhamento da camada de rede de destinos e informações contidas nos cabeçalhos dos pacotes (MORGAN e LOVERING, 2008). Quando é associado um rótulo a uma FEC (Classe de Equivalência de encaminhamento) as informações de encaminhamento tornam-se altamente eficientes.

A FEC é um grupo de pacotes IP que pode corresponder a uma rede IP de destino ou qualquer classe de tráfego que o LSR considera significativo. Os tráfegos podem ser classificados com níveis de serviço (SLA). Os SLAs podem ser negociados com as operadoras de telefonia (MORGAN e LOVERING, 2008).

Os rótulos são adicionados aos pacotes por LSRs de borda, também o provedor do roteador de borda (PE) é o LSR que adiciona o rótulo. Os roteadores (PE) estão ligados diretamente aos roteadores dos clientes de borda (CE), que geralmente são equipamentos de instalação do cliente (CPE). Todo caminho de ingresso para a saída PE é conhecido como o rótulo ligado ao caminho (LSP) (MORGAN e LOVERING, 2008).

Os pacotes são classificados de acordo com as diversas FECs contidas no mecanismo de rótulos MPLS. O rótulo é colocado entre os cabeçalhos da camada de enlace e camada de rede, formando o quadro MPLS.

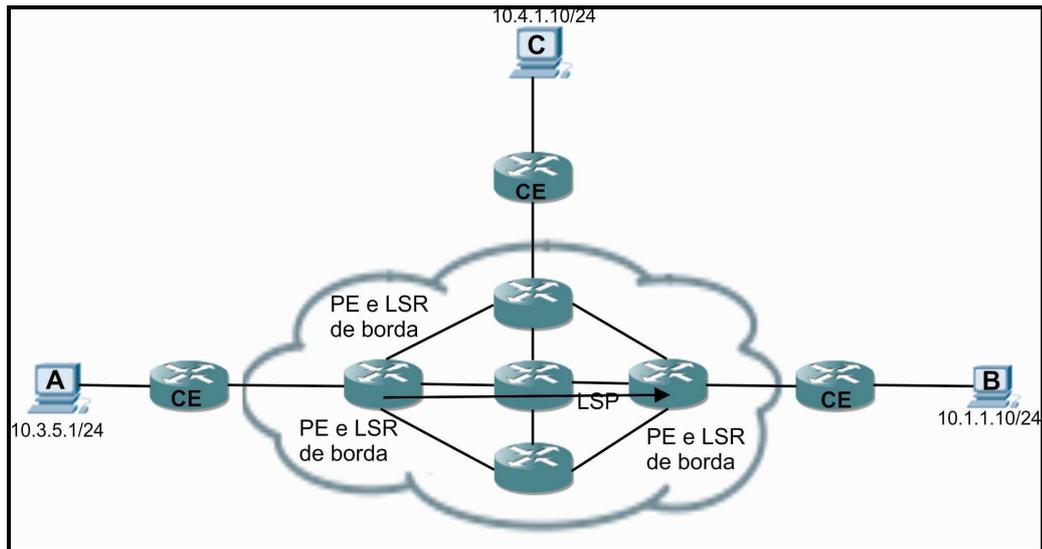


FIGURA 4: ROTEADORES MPLS FONTE: MORGAN e LOVERING, 2008

### 2.4.3 Estrutura do rótulo MPLS

O cabeçalho MPLS é formado por quatro bytes e está localizado antes do cabeçalho IP. O rótulo do MPLS é formado por um campo de 20 bits. (ODOM; HEALY; METHA, 2008).

20 bits	3 bits	1b	8 bits
Rótulo	EXP CoS	s	TTL

FIGURA 5: CABEÇALHO MPLS FONTE: (ODOM, HEALY e METHA, 2008)

- Rótulo (20 bits): Identifica o espaço de caminho de comutação do rótulo;
- Classe de Serviço (3 bits): usado para qualidade de serviço, este pequeno campo é utilizado para propósitos experimentais;
- Pilha (1 bit): sinalizador, que quando esta em 1, significa que o rótulo esta imediatamente precedendo um cabeçalho IP;
- Tempo de Vida (8 bits): Usado para os mesmo propósitos do cabeçalho IP, tais como, evitar loop de roteamento.

### 2.4.4 Pilhas de rótulos

As pilhas de rótulos podem ser comparadas como o encapsulamento IP dentro do IP, existem dois cabeçalhos, mas apenas o primeiro é utilizado para tomar as decisões de roteamento (MORGAN e LOVERING, 2008).

Cabeçalho do Quadro	Rótulo 3 S=0	Rótulo 2 S=0	Rótulo 1 S=1	Cabeçalho do protocolo de camada 3	Carga
---------------------	-----------------	-----------------	-----------------	------------------------------------	-------

FIGURA 6: PILHA MPLS FONTE: MORGAN e LOVERING, 2008

Se os rótulos se tornarem obsoletos, eles serão removidos do cabeçalho. O processamento de rótulos é sempre baseado no rótulo superior. Cada um dos rótulos tem uma denominação, o inferior é o rótulo de nível 1, o segundo de nível 2, e assim por diante. O pacote sem rótulo possui uma profundidade zero.

#### **2.4.5 Quadro MPLS**

O quadro MPLS é utilizado para descrever que tipo de encapsulamento será utilizado nas interfaces que estão sendo usadas para a comunicação dos roteadores (MORGAN e LOVERING, 2008). Se a interface de saída está habilitada com MPLS, o roteador deverá colocar o rótulo e encapsular de acordo com a estrutura da camada de enlace. O roteador também especifica o tipo do protocolo de roteamento, conforme está configurado e encontra seus vizinhos.

#### **2.4.6 Distribuição de rótulos**

O MPLS não adiciona overhead na comunicação adicional entre os roteadores. São usados recursos significativos para a propagação de prefixos de rotas e a manutenção da LIB e LFIB, juntamente com a tabela de adjacência (MORGAN e LOVERING, 2008).

A distribuição de rótulos é realizada pelo LDP (Protocolo de Distribuição de Rótulo). O MPLS admite duas formas de propagar informações em sua arquitetura: utilizar as funcionalidades dos protocolos existentes e criar novos protocolos à tarefa de troca de rótulos. O LDP está implementado no plano de controle e os rótulos de troca estão armazenados na LIB.

A decisão de distribuir um rótulo especial a uma FEC é feito pelo LSR em cada salto ao longo do caminho. No tráfego MPLS, os rótulos são propagados nos dois sentidos. A distribuição de rótulos pode acontecer de duas maneiras: atualizações não solicitadas e atualizações por demanda.



O CEF pode ser executado de dois modos: No modo central, em que um processo CEF está sendo executado no roteador ou, no modo distribuído, o CEF é projetado para ser executado em roteadores de alto nível. Isto permite um percentual de comutação mais rápida se as interfaces de origem e destino estiverem no mesmo roteador, devido ao cache de comutação (MORGAN e LOVERING, 2008).

A FIB é uma cópia da tabela de roteamento. A FIB e as tabelas de adjacência são base operacional para a CEF, e são utilizadas para tomar decisões de comutação de destino IP. A tabela de adjacência mantém os dados de informações de camada de enlace de dados, evitando os processos desta camada (MORGAN e LOVERING, 2008).

O CEF é ativado na configuração global do roteador com o seguinte comando:

- Nome do roteador (config)#ip cef

Para ativar o modo distribuído, através do comando:

- Nome do roteador (config) # ip cef distributed

Outra opção possível é configurar o CEF em uma interface específica, usando o seguinte comando:

- Nome do roteador (config - if) # ip route-cache cef

Para desativar o CEF onde não é necessário, basta colocar (no) antes dos comandos descritos anteriormente.

Existem três outras opções de configurações para o CEF:

- Balanceamento de carga: pode ser configurado por destino ou por pacote para o balanceamento de carga;

- Contador de rede: autoriza a coleta de estatísticas de tráfego, como pacotes e bytes;

- Comutação distribuída de túneis: está ativado automaticamente no CEF, o que permite a comutação de túneis.

Para verificar se as configurações no equipamento estão certas, é necessária a utilização de um dos dois comandos abaixo, o segundo comando exibe um resumo das informações da FIB:

- Nome do roteador #show ip cef; ou

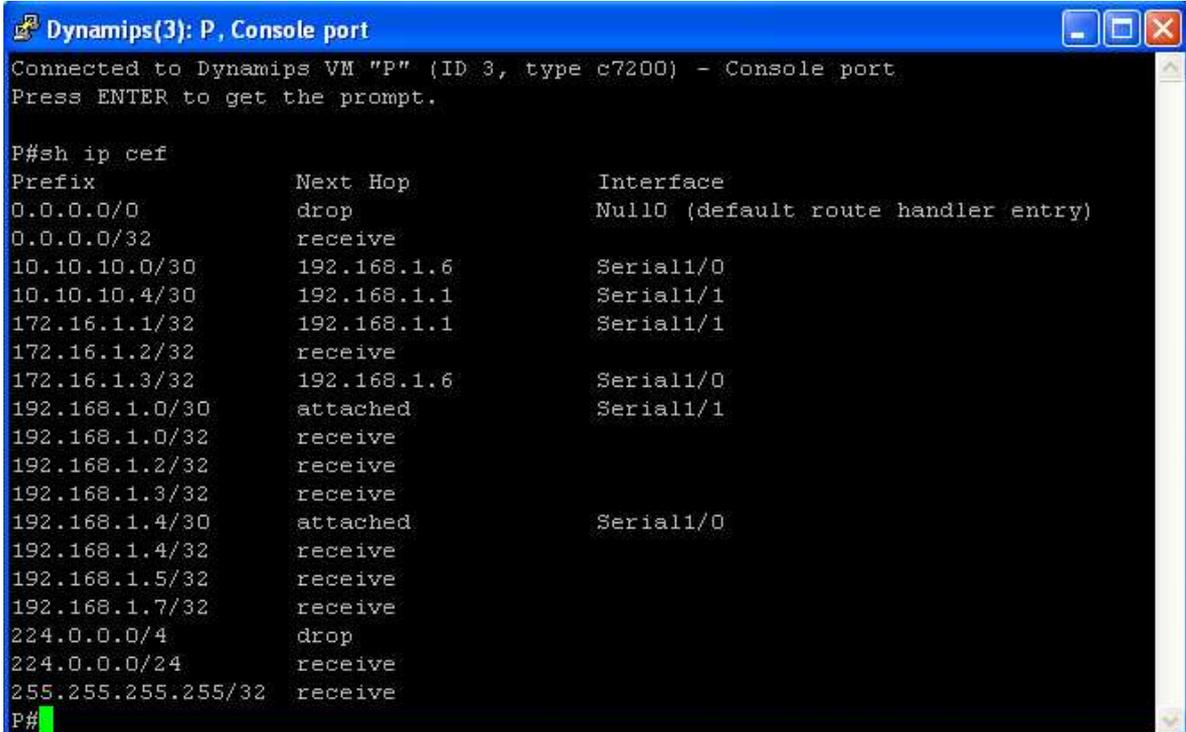
- Nome do roteador #show ip cef detail.

Os dois comandos acima não são suficientes para verificar se a rede esta em perfeito funcionamento. Para isso existem outros comandos que permitem a atualização das informações de rótulos no roteador para a verificação de convergência da rede:

- Nome do roteador # clear adjacency;
- Nome do roteador # clear ip cef inconsistency;
- Nome do roteador # clear cef interface.

Para o monitoramento em tempo real é possível à utilização de outros dois comandos:

- Nome do roteador # debug ip cef;
- Nome do roteador # debug ip cef events.



```

Dynamips(3): P, Console port
Connected to Dynamips VM "P" (ID 3, type c7200) - Console port
Press ENTER to get the prompt.

P#sh ip cef
Prefix                Next Hop                Interface
0.0.0.0/0              drop                     Null0 (default route handler entry)
0.0.0.0/32             receive
10.10.10.0/30          192.168.1.6             Serial1/0
10.10.10.4/30          192.168.1.1             Serial1/1
172.16.1.1/32          192.168.1.1             Serial1/1
172.16.1.2/32          receive
172.16.1.3/32          192.168.1.6             Serial1/0
192.168.1.0/30         attached                 Serial1/1
192.168.1.0/32         receive
192.168.1.2/32         receive
192.168.1.3/32         receive
192.168.1.4/30         attached                 Serial1/0
192.168.1.4/32         receive
192.168.1.5/32         receive
192.168.1.7/32         receive
224.0.0.0/4            drop
224.0.0.0/24           receive
255.255.255.255/32    receive
P#

```

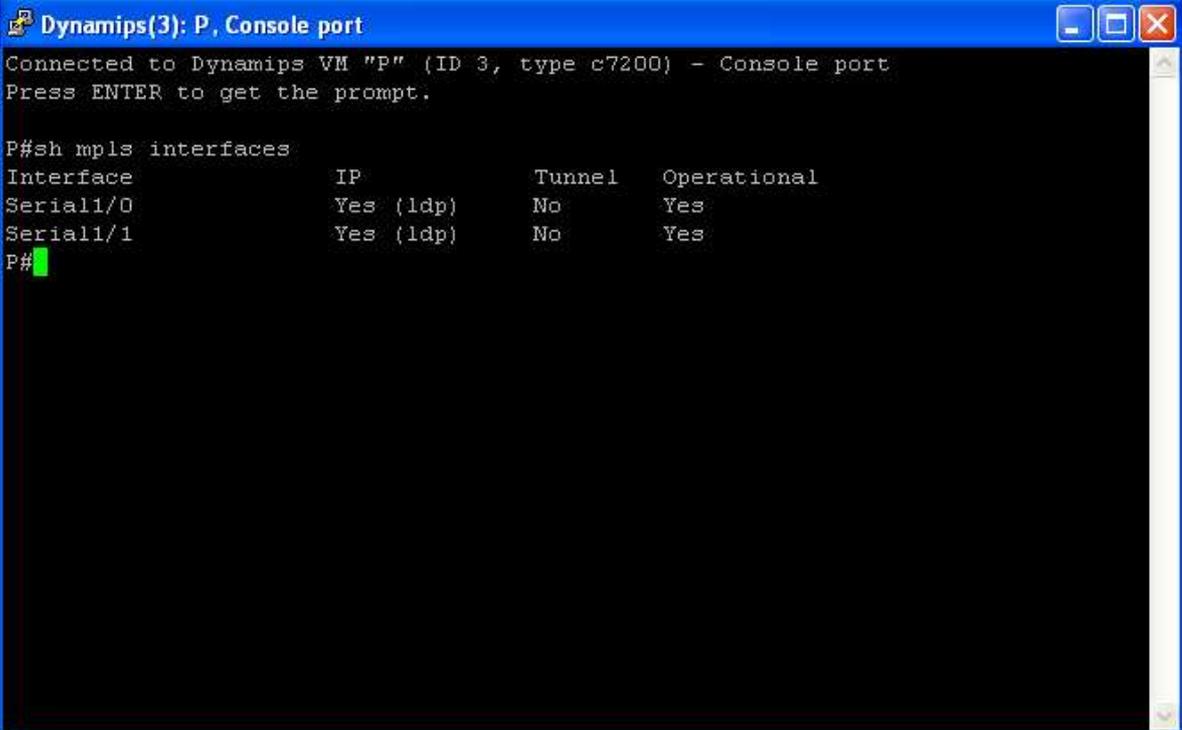
FIGURA 8: SAÍDA DO COMANDO SHOW IP CEF FONTE: Autoria Própria

### 3.2 Configuração dos quadros MPLS nas interfaces

A próxima etapa da configuração esta relacionada com a configuração das interfaces que estão sendo utilizadas na rede. Nesta etapa é necessário configurar um protocolo para a distribuição de rótulos. Em alguns ambientes é utilizado o TDP (Protocolo de Distribuição de Rótulos). Entretanto, na maioria das implementações é utilizado o LDP (Protocolo de Distribuição de Rótulos), que é um mecanismo padronizado para troca de rótulos, de propriedade da Cisco (MORGAN e LOVERING, 2008).

O MPLS é ativado em um roteador através do comando abaixo. Deve ser ativado em todos os roteadores da rede:

- Nome do roteador (config) # mpls ip



```

Dynamips(3): P, Console port
Connected to Dynamips VM "P" (ID 3, type c7200) - Console port
Press ENTER to get the prompt.

P#sh mpls interfaces
Interface      IP          Tunnel    Operational
Serial1/0      Yes (ldp)   No        Yes
Serial1/1      Yes (ldp)   No        Yes
P#

```

FIGURA 9: VERIFICAÇÃO DA CONFIGURAÇÃO DO MPLS FONTE: Autoria Própria

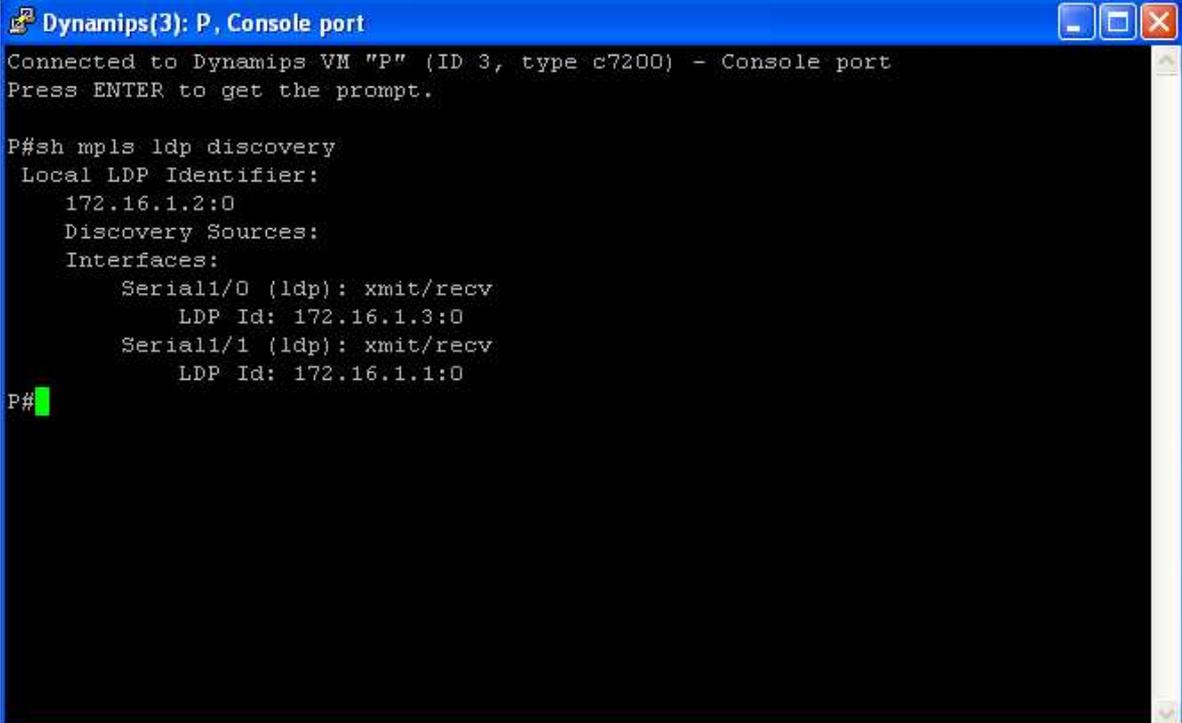
Em roteadores Cisco, o comando mpls ip já está ativado por padrão, entretanto é possível desativar com (no) antes do comando mpls ip. Após ter configurado o MPLS na interface, os protocolos de distribuição também devem ser configurados. Pode ser usado um dos protocolos ou os dois através dos comandos abaixo:

- Nome do roteador (config - if) # mpls label protocol both (para usar os dois);
- Nome do roteador (config - if) # mpls label protocol ldp (padrão);
- Nome do roteador (config - if) # mpls label protocol tdp.

O LPD conforme dito, deve ser configurado na interface. Em versões antigas do IOS da Cisco aparecerá o comando tag-switching, como protocolo de rótulos para o MPLS. Nos sistemas IOS mais novos, a partir do lançamento da versão 12.4(3) o LDP é definido como padrão (MORGAN e LOVERING, 2008).

Os protocolos TDP e LDP possuem diferenças com relação as portas que utilizam na camada de transporte. O TDP utiliza a porta UDP 646 e o LDP utiliza a porta TCP 711. Caso o comando mpls ip não esteja configurado na interface, não

haverá adjacência na rede e a comunicação não ocorrerá por MPLS. Caso um ambiente MPLS com equipamentos diferentes, este tipo de cenário é o mais ideal (MORGAN e LOVERING, 2008).

A screenshot of a terminal window titled "Dynamips(3): P, Console port". The window shows the output of the command "sh mpls ldp discovery". The output displays the local LDP identifier as 172.16.1.2:0 and lists two discovery sources: Serial1/0 (LDP Id: 172.16.1.3:0) and Serial1/1 (LDP Id: 172.16.1.1:0). The prompt "P#" is visible at the bottom left of the terminal.

```
Dynamips(3): P, Console port
Connected to Dynamips VM "P" (ID 3, type c7200) - Console port
Press ENTER to get the prompt.

P#sh mpls ldp discovery
Local LDP Identifier:
 172.16.1.2:0
Discovery Sources:
Interfaces:
  Serial1/0 (ldp): xmit/rcv
    LDP Id: 172.16.1.3:0
  Serial1/1 (ldp): xmit/rcv
    LDP Id: 172.16.1.1:0
P#
```

FIGURA 10: VERIFICAÇÃO DA CONFIGURAÇÃO DO PROTOCOLO LDP FONTE: MORGAN e LOVERING, 2008

### 3.3 Configuração do tamanho MTU

A última parte da configuração do quadro MPLS é a definição do tamanho da MTU. Este é considerado um problema em configuração de MPLS e pode ter efeitos de longo alcance em ambiente de área local (MORGAN e LOVERING, 2008).

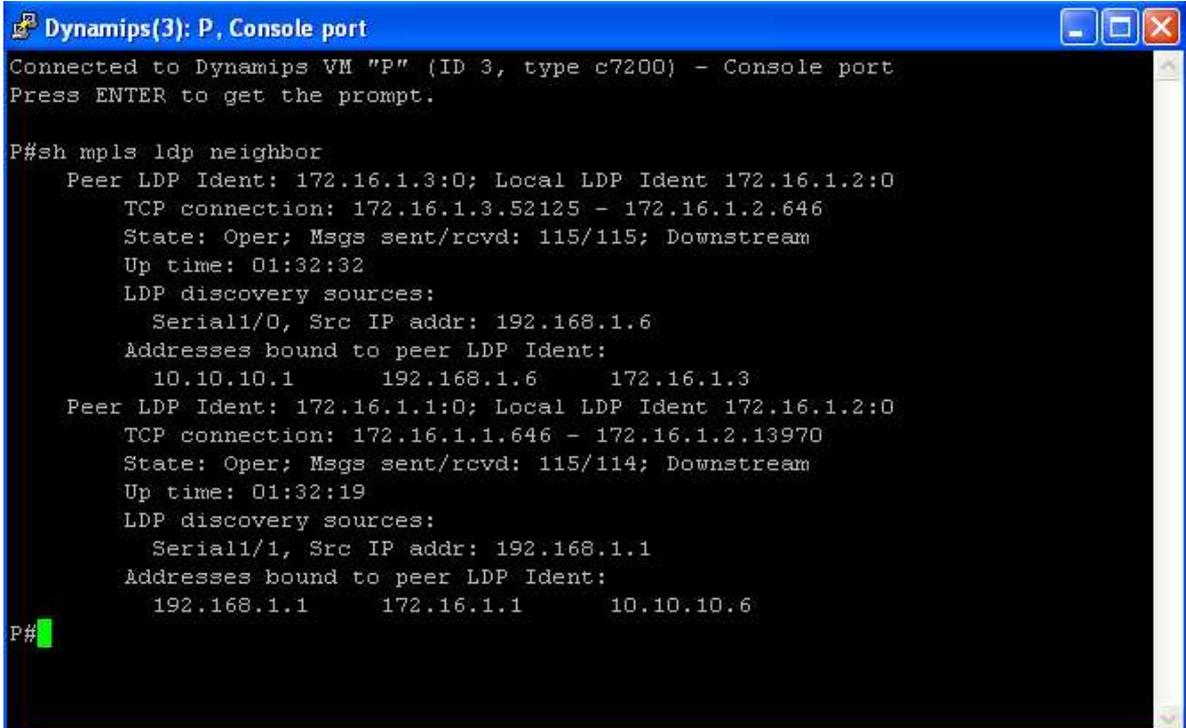
Tipicamente este problema acontece em interfaces LAN, em que o tamanho está em torno de 1500 bytes. Já a interface utilizada em longa distancia possuem tamanhos de MTU maior a capacidade de se ajustar automaticamente. O tamanho da MTU leva em conta o comprimento do rótulo utilizado, no caso 4 bytes. Pode ser utilizado uma MTU de 1504 bytes para um único rótulo (MORGAN e LOVERING, 2008).

Quando alguns serviços como o Engenharia de Tráfego e VPN, sobre o MPLS estiverem funcionando é necessário aumentar o tamanho da MTU, este tamanho pode ser de 1512 bytes. A alteração da MTU acontece na interface com a utilização do comando:

- Nome do roteador (config – if) # mpls mtu 1512

O comando define um tamanho de MTU específico para a comutação de pacote, ao invés de definir para todos os tipos de tráfegos. O intervalo do tamanho da MTU pode variar entre 64 a 65535 bytes (MORGAN e LOVERING, 2008).

Uma configuração importante para verificar se a configuração do MPLS esta correta é utilizar o comando debug mpls ldp bindings, para visualizar as trocas de rótulos com relação a atualização FIB em tempo real. Outro comando interessante é o show mpls ldp neighbor para a verificação de dispositivos conectados diretamente e que estejam funcionando com o protocolo LDP.



```

Dynamips(3): P, Console port
Connected to Dynamips VM "P" (ID 3, type c7200) - Console port
Press ENTER to get the prompt.

P#sh mpls ldp neighbor
Peer LDP Ident: 172.16.1.3:0; Local LDP Ident 172.16.1.2:0
TCP connection: 172.16.1.3.52125 - 172.16.1.2.646
State: Oper; Msgs sent/rcvd: 115/115; Downstream
Up time: 01:32:32
LDP discovery sources:
Serial1/0, Src IP addr: 192.168.1.6
Addresses bound to peer LDP Ident:
10.10.10.1 192.168.1.6 172.16.1.3
Peer LDP Ident: 172.16.1.1:0; Local LDP Ident 172.16.1.2:0
TCP connection: 172.16.1.1.646 - 172.16.1.2.13970
State: Oper; Msgs sent/rcvd: 115/114; Downstream
Up time: 01:32:19
LDP discovery sources:
Serial1/1, Src IP addr: 192.168.1.1
Addresses bound to peer LDP Ident:
192.168.1.1 172.16.1.1 10.10.10.6
P#

```

FIGURA 11: VERIFICAÇÃO DE VIZINHANÇA FONTE: Autoria Própria

## 4. SIMULAÇÃO DA REDE MPLS

A última parte deste projeto esta destinada à implantação de uma rede para a simulação do MPLS. Nesta simulação será verificada toda a configuração de todos os roteadores envolvidos na rede. Será verificada a convergência de rede e se o protocolo MPLS corresponde conforme foi estudado.

### 4.1 SIMULADOR DE REDES GNS3 (SIMULADOR GRÁFICO DE REDE)

O GNS3 é um simulador gráfico de redes, que permite a emulação de redes complexas. Assim como é possível fazer um ambiente virtual com softwares de computadores em outros programas de emulação. O GNS3 emula os sistemas Operacionais de Internet da Cisco (FUZSNER, 2008).

O GNS3 permite a emulação do Cisco IOS em plataformas Windows ou Linux permitindo a configuração do MPLS para a simulação de uma rede simples ou complexa. Dependendo da capacidade do hardware hospedeiro da configuração da rede.

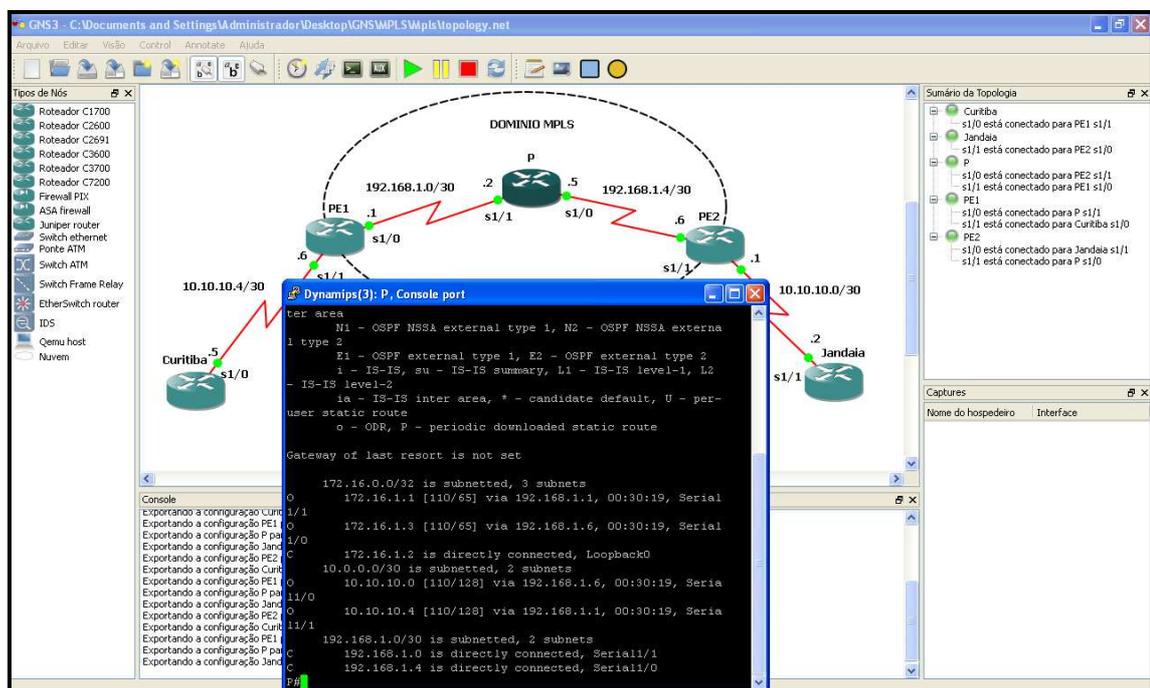


FIGURA 12: GNS 3 FONTE: Autoria Própria

Para a simulação da tecnologia, usaremos o software GNS3 com roteadores Cisco da serie 7200, com o IOS (*Internetworking Operating System*).

O GNS3 é um simulador gráfico de rede que permite a emulação de redes complexas. Este programa cria um ambiente virtual no computador, com a utilização do Cisco IOS, de maneira que a tecnologia MPLS possa ser testada em laboratório (FUSZNER, 2008).

O software é usado não só para simular o estudo de uma tecnologia de rede, e também para projetar redes.



FIGURA 13: CISCO 7200 SERIES FONTE: [www.cisco.com](http://www.cisco.com)

## 4.2 TOPOLOGIA E IMPLEMENTAÇÃO

O estudo da tecnologia MPLS se baseia na topologia abaixo, apresentando 5 roteadores.

Os roteadores PE1 e PE2 são os de borda do domínio MPLS que é do provedor, o roteador P é da operadora e os de Curitiba e Jandaia são os roteadores de borda do cliente.

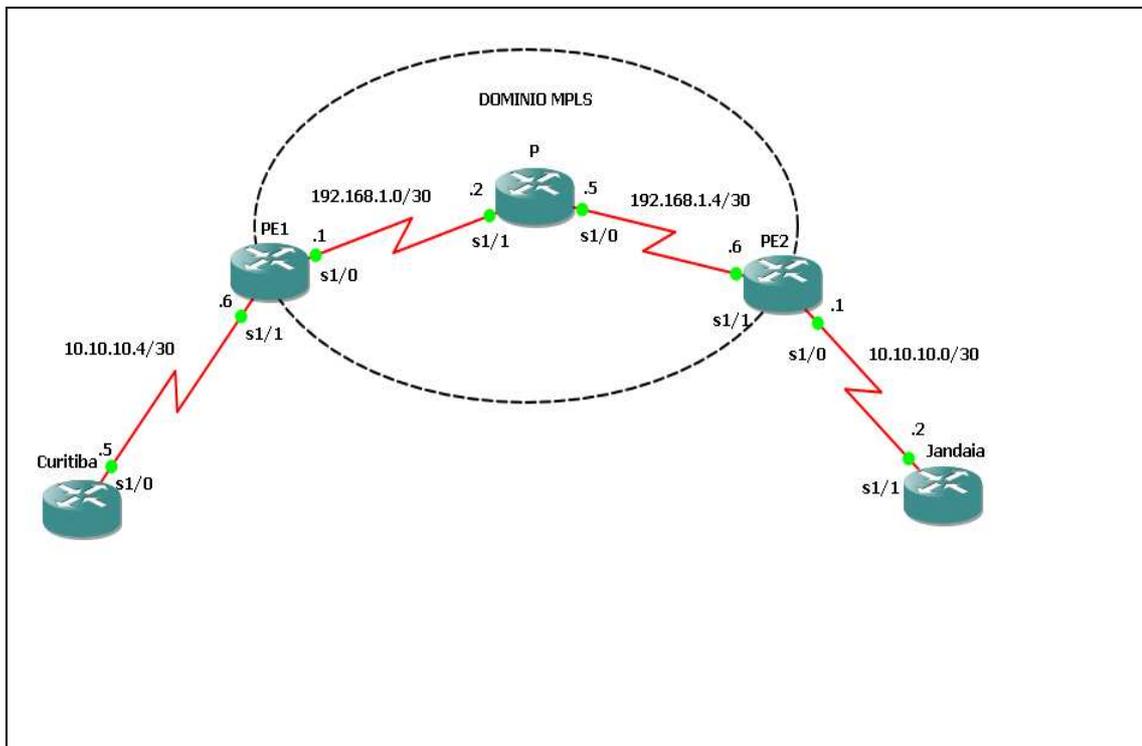


FIGURA 14: TOPOLOGIA DA REDE FONTE: Autoria própria

Abaixo o sumário da topologia da rede na figura acima.



```

interface Serial1/2
  no ip address
  shutdown
  serial restart-delay 0
!
interface Serial1/3
  no ip address
  shutdown
  serial restart-delay 0
!
interface Serial1/4
  no ip address
  shutdown
  serial restart-delay 0
!
interface Serial1/5
  no ip address
  shutdown
  serial restart-delay 0
!
interface Serial1/6
  no ip address
  shutdown
  serial restart-delay 0
!
interface Serial1/7
  no ip address
  shutdown
  serial restart-delay 0
!
router ospf 100
  log-adjacency-changes
  network 10.10.10.0 0.0.0.255 area
  0
  network 172.16.0.0 0.0.255.255
  area 0
  network 192.168.1.0 0.0.0.255 area
  0
!
!
no ip http server
no ip http secure-server
!
!
logging alarm informational
!
!
!
control-plane
!
!
!
gatekeeper
  shutdown
!
!
line con 0
  exec-timeout 0 0
  logging synchronous
  stopbits 1
line aux 0
  stopbits 1
line vty 0 4
  login
!
!
end

```

### Roteador Jandaia

```

! Last configuration change at
23:17:52 UTC Thu Nov 10 2011
! NVRAM config last updated at
23:26:20 UTC Thu Nov 10 2011
!
version 12.4
service timestamps debug datetime
msec
service timestamps log datetime
msec
no service password-encryption
!
!
hostname Curitiba
!
boot-start-marker
boot-end-marker
!
!
no aaa new-model
!
resource policy
!

```

```

ip cef
!
!
!
!
no ip domain lookup
!
!
!
interface FastEthernet0/0
no ip address
shutdown
duplex half
!
interface Serial1/0
ip address 10.10.10.5
255.255.255.252
serial restart-delay 0
!
interface Serial1/1
no ip address
shutdown
serial restart-delay 0
!
interface Serial1/2
no ip address
shutdown
serial restart-delay 0
!
interface Serial1/3
no ip address
shutdown
serial restart-delay 0
!
interface Serial1/4
no ip address
shutdown
serial restart-delay 0
!
interface Serial1/5
no ip address
shutdown
serial restart-delay 0
!
interface Serial1/6
no ip address
shutdown
serial restart-delay 0
!
interface Serial1/7
no ip address
shutdown
serial restart-delay 0
!
router ospf 100
log-adjacency-changes
network 10.10.10.0 0.0.0.255 area
0
network 172.16.0.0 0.0.255.255
area 0
network 192.168.1.0 0.0.0.255 area
0
!
no ip http server
no ip http secure-server
!
!
!
logging alarm informational
!
!
!
!
control-plane
!
!
!
!
gatekeeper
shutdown
!
!
!
!
line con 0
exec-timeout 0 0
logging synchronous
stopbits 1
line aux 0
stopbits 1
line vty 0 4
login
!
!
end

```

#### 4.2.2 Configurações MPLS

**Roteador P**

```

! Last configuration change at
10:50:31 UTC Wed Nov 16 2011
! NVRAM config last updated at
10:50:33 UTC Wed Nov 16 2011
!
version 12.4
service timestamps debug datetime
msec
service timestamps log datetime
msec
no service password-encryption
!
hostname P
!
boot-start-marker
boot-end-marker
!
!
no aaa new-model
!
resource policy
!
ip cef
!
!
!
no ip domain lookup
!
!
!
interface Loopback0
 ip address 172.16.1.2
255.255.255.255
!
interface FastEthernet0/0
 no ip address
 shutdown
 duplex half
!
interface Serial1/0
 ip address 192.168.1.5
255.255.255.252
 mpls label protocol ldp
 mpls ip
 serial restart-delay 0
!
interface Serial1/1
 ip address 192.168.1.2
255.255.255.252
 mpls label protocol ldp
 mpls ip
 serial restart-delay 0
!
interface Serial1/2
 no ip address
 shutdown
 serial restart-delay 0
!
interface Serial1/3
 no ip address
 shutdown
 serial restart-delay 0
!
interface Serial1/4
 no ip address
 shutdown
 serial restart-delay 0
!
interface Serial1/5
 no ip address
 shutdown
 serial restart-delay 0
!
interface Serial1/6
 no ip address
 shutdown
 serial restart-delay 0
!
interface Serial1/7
 no ip address
 shutdown
 serial restart-delay 0
!
router ospf 100
 log-adjacency-changes
 network 10.0.0.0 0.255.255.255
 area 0
 network 172.16.0.0 0.0.255.255
 area 0
 network 192.168.1.0 0.0.0.255 area
0
!
no ip http server
no ip http secure-server

```

```

!
!
!
logging alarm informational
!
!
!
!
mpls ldp router-id Loopback0
!
control-plane
!
!
!
!

```

```

gatekeeper
shutdown
!
!
line con 0
exec-timeout 0 0
logging synchronous
stopbits 1
line aux 0
stopbits 1
line vty 0 4
login
!
!
!
end

```

### Roteador PE1

```

! Last configuration change at
23:15:39 UTC Thu Nov 10 2011
! NVRAM config last updated at
23:27:06 UTC Thu Nov 10 2011
!
version 12.4
service timestamps debug datetime
msec
service timestamps log datetime
msec
no service password-encryption
!
hostname PE1
!
boot-start-marker
boot-end-marker
!
!
no aaa new-model
!
resource policy
!
ip cef
!
!
!
no ip domain lookup
!
mpls ip
mpls label protocol ldp
!
!

```

```

!
!
interface Loopback0
ip address 172.16.1.1
255.255.255.255
!
interface FastEthernet0/0
no ip address
shutdown
duplex half
!
interface Serial1/0
description Link_P
ip address 192.168.1.1
255.255.255.252
mpls label protocol ldp
mpls ip
serial restart-delay 0
!
interface Serial1/1
description Link_Curitiba
ip address 10.10.10.6
255.255.255.252
serial restart-delay 0
!
interface Serial1/2
no ip address
shutdown
serial restart-delay 0
!
interface Serial1/3
no ip address

```

```

shutdown
serial restart-delay 0
!
interface Serial1/4
no ip address
shutdown
serial restart-delay 0
!
interface Serial1/5
no ip address
shutdown
serial restart-delay 0
!
interface Serial1/6
no ip address
shutdown
serial restart-delay 0
!
interface Serial1/7
no ip address
shutdown
serial restart-delay 0
!
router ospf 100
log-adjacency-changes
network 10.0.0.0 0.255.255.255
area 0
network 172.16.0.0 0.0.255.255
area 0
network 192.168.1.0 0.0.0.255 area
0

!
no ip http server
no ip http secure-server
!
!
!
logging alarm informational
!
!
!
!
control-plane
!
!
!
!
gatekeeper
shutdown
!
!
line con 0
exec-timeout 0 0
logging synchronous
stopbits 1
line aux 0
stopbits 1
line vty 0 4
login
!
!
end

```

## Roteador PE2

```

! Last configuration change at
10:43:21 UTC Wed Nov 16 2011
! NVRAM config last updated at
10:43:29 UTC Wed Nov 16 2011
!
version 12.4
service timestamps debug datetime
msec
service timestamps log datetime
msec
no service password-encryption
!
hostname PE2
!

boot-start-marker
boot-end-marker
!
!
no aaa new-model
!
resource policy
!
ip cef
!
!
no ip domain lookup
!

```

```

mpls label protocol ldp
!
!
!
!
interface Loopback0
 ip address 172.16.1.3
 255.255.255.255
!
interface FastEthernet0/0
 no ip address
 shutdown
 duplex half
!
interface Serial1/0
 description Link_Jandaia
 ip address 10.10.10.1
 255.255.255.252
 serial restart-delay 0
!
interface Serial1/1
 description Link_P
 ip address 192.168.1.6
 255.255.255.252
 mpls label protocol ldp
 mpls ip
 serial restart-delay 0
!
interface Serial1/2
 no ip address
 shutdown
 serial restart-delay 0
!
interface Serial1/3
 no ip address
 shutdown
 serial restart-delay 0
!
interface Serial1/4
 no ip address
 shutdown
 serial restart-delay 0
!
interface Serial1/5
 no ip address
 shutdown
 serial restart-delay 0
!

interface Serial1/6
 no ip address
 shutdown
 serial restart-delay 0
!
interface Serial1/7
 no ip address
 shutdown
 serial restart-delay 0
!
router ospf 100
 log-adjacency-changes
 network 10.0.0.0 0.255.255.255
 area 0
 network 172.16.0.0 0.0.255.255
 area 0
 network 192.168.1.0 0.0.0.255 area
 0
!
no ip http server
no ip http secure-server
!
!
!
logging alarm informational
!
!
!
control-plane
!
!
!
gatekeeper
 shutdown
!
!
line con 0
 exec-timeout 0 0
 logging synchronous
 stopbits 1
line aux 0
 stopbits 1
line vty 0 4
 login
!
!
end

```

### **4.2.3 RESULTADOS**

Os resultados obtidos foram satisfatórios, pois é simulação simples da tecnologia MPLS.

É possível verificar que, é uma configuração simples, cada roteador possui um rótulo próprio sendo divulgado a outros roteadores existentes no Domínio MPLS.

Com os comandos mostrados, podemos verificar a convergência da rede e demonstra que a mesma se encontra funcionando.

## CONCLUSÃO

O projeto foi de grande importância para ampliar o conhecimento sobre a tecnologia MPLS. Foi possível verificar o porquê da evolução da tecnologia em relação a substituição de outros protocolos através do estudo realizado acima.

Com o decorrer do trabalho vimos as características básicas da tecnologia MPLS e em conjunto com os protocolos de roteamento tivemos uma noção sua utilização se torna simples, onde as tabelas de roteamento, são automaticamente criadas.

O MPLS é multiprotocolo, o que quer dizer que se adapta a qualquer protocolo da camada de rede. Utiliza as informações necessárias para encaminhar pacotes por redes, através de rótulos simples de complemento fixo. Oferecendo ainda algumas vantagens como Engenharia de Tráfego, QoS e VPN das mais aplicadas.

A tecnologia MPLS começa a surgir no mercado com um grande potencial para substituir outras tecnologias do estágio a mais tempo em utilização.

## REFERÊNCIAS

BARA, João Pedro Filho. As Redes MPLS são Seguras? Julho 2008. Disponível em: <  
[http://www.itweb.com.br/voce\\_informa/interna.asp?cod=1235](http://www.itweb.com.br/voce_informa/interna.asp?cod=1235) > Acesso em 7 ago. 2011.

BONEY, James. Cisco IOS in a Nutshell. 2. Ed. United States of America: O'Reilly, 2005.  
796 p.

CCNA EXPLORATION 4.0. 2007. San Francisco, USA.

CISCO 1. MPLS FAQ para Iniciantes. Setembro 2008. Disponível em: <  
[http://www.cisco.com/en/US/tech/tk436/tk428/technologies\\_q\\_and\\_a\\_item09186a00800949e5.shtml](http://www.cisco.com/en/US/tech/tk436/tk428/technologies_q_and_a_item09186a00800949e5.shtml) > Acesso em 15 nov. 2010.

CISCO 2. Compare produtos e soluções. Disponível em; <  
[http://www.cisco.com/web/BR/produtos/routers\\_comparison.html](http://www.cisco.com/web/BR/produtos/routers_comparison.html) > Acesso em 8 de jun.  
2011

FELIPPETTI, Marco Aurélio. CCNA 4.1: Guia completo de estudo. Florianópolis: Visual Books, 2008. 480 p.

FUSZNER, Mike. GNS3 – Graphical Network Simulator. Disponível em: <  
<http://iweb.dl.sourceforge.net/project/gns-3/GNS3/0.5/GNS3-0.5-tutorial.pdf> > Acesso em 28  
out. 2010.

INÁCIO, Fabricio Couto. MPLS – Multiprotocol Label Switching. Disponível em: <  
[http://www.gta.ufrj.br/grad/02\\_1/mpls/apres.html](http://www.gta.ufrj.br/grad/02_1/mpls/apres.html) > Acesso em 30 nov. 2010.

KUROSE, James F.; ROSS, Keith W. Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down. 3. ed. São Paulo, SP: Pearson Addison-Wesley, 2006. xx, 634 p.

LAMMLE, Todd. CCNA: Cisco Certified Network Associate Fast pass. 3. ed. Indianapolis, Indiana: Wiley, 2008. 507 p.

MORGAN, Brian; LOVERING, Neil. CCNP ISCW: Official Exam Certification Guide. Indianapolis, USA: Cisco Press, 2008. 682 p.

MORROW, Monique; SAYEED, Azhar. MPLS and Next-Generation Networks: Foundations for NGN and Enterprise Virtualization. Indianapolis, USA: Cisco Press, 2006. 422 p.

ODOM 1, Wendell. Guia de certificação do exame: Cisco CCNA. 3. ed. rev. Rio de Janeiro: Alta Books, c2003. 738 p.

ODOM 2, Wendell. CCIE Routing and Switching Official Exam certification Guide. 2. ed. Indianapolis, USA: Cisco Press, 2006. 1097 p.

ODOM, Wendell; HEALY, Rus; MEHTA, Naren. CCIE Routing and Switching: Exam Certification Guide. Indianapolis, USA: Cisco Press, 2008. 1217 p.

PAQUET, Catherine. Construindo redes Cisco de acesso remoto. São Paulo, SP: Pearson Education do Brasil, 2003. xxiv, 590 p.

PRETO, Gerson. Rede MPLS, Tecnologias e Tendências de Evoluções Tecnológicas. Novembro 2008. Disponível em <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/15971/000695253.pdf?sequence=1> > Acesso em 18 de Fev. 2011.

RUELA, José. MPLS: Multiprotocol Label Switching. 2005. Disponível em: <<http://paginas.fe.up.pt/~jruela/Apontamentos/MPLS.pdf> > Acesso em 18 de Fev. 2011.

SEI: Sistema de Ensino Integrado. São Paulo: Pronal, 1997.

STALLING, William. The Internet Protocol Journal. September 2001. Disponível em: <[http://www.cisco.com/web/about/ac123/ac147/archived\\_issues/ipj\\_4-3/ipj\\_4-3.pdf](http://www.cisco.com/web/about/ac123/ac147/archived_issues/ipj_4-3/ipj_4-3.pdf) > Acesso em 18 de Fev. 2011.

TELETIME. MPLS e IMS: Esse é o caminho. Edição 132, ano 13, Maio 2010. Disponível em <<http://www.teletime.com.br/5/2010/mpls-e-ims-esse-e-o-caminho/tt/189069/revista.aspx> > Acesso em 10 dez. 2010.

VILARINHO, Claudio. MPLS (Multiprotocol Label Switching). Maio 2010. Disponível em: <<http://blogdovilarinho.blogspot.com/2010/05/mpls-multiprotocol-label-switching.html> > Acesso em 10 dez. 2010.