

IT-222

IT-222

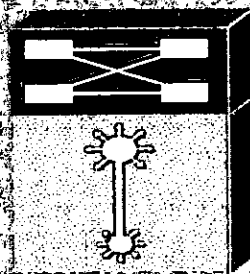


**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA E  
INFORMÁTICA**

Trabalho de Licenciatura

**MODELO DE IMPLEMENTAÇÃO  
DE UMA REDE MPLS  
NA UEM**



(Roteador Multicamada)

**Arnaldo Luis Cumbe**

Maputo, Julho/2005.

**IT-222**

IT-222

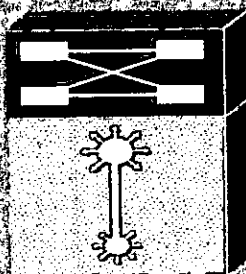


**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA E  
INFORMÁTICA**

Trabalho de Licenciatura

**MODELO DE IMPLEMENTAÇÃO  
DE UMA REDE MPLS  
NA UEM**



*(Roteador Multicamada)*

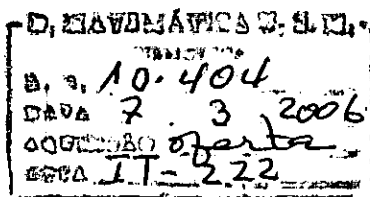
Discente: Arnaldo Luis Cumbe

Supervisor: Américo Francisco Muchanga

Maputo, Julho/2005

### Dedicatória

Aos meus pais Luís Cumbe e Virgínia Maundze, meus irmãos, a minha companheira Silvia Chana e aos meus filhos Hamilton chican e Dorca Laisa muito obrigado pela força que me deram e compreensão durante minha formação.



## **Agradecimentos**

A Deus, por estar ao meu lado.

Eng. ° Américo Francisco Muchanga, meu supervisor, por toda a paciência com as minhas falhas, além da orientação, apoio e atenção fornecida durante o desenvolvimento deste trabalho. CIUEM em especial ao director, Eng. ° Bila, Eng. Reginaldo, Eng. ° Eneas pela disponibilização dos recursos necessários para execução deste trabalho.

Aos funcionários, Docentes do Departamento de Matemática e Informática,

A todos os meus colegas, pelos grandes momentos que passamos juntos, especialmente Bernardo, Emidio, Afonso, Genito, Zinha, Meraldina e pela contribuição no meu aprendizado assim como pela amizade estabelecida.

Aos meus irmãos, primos, tios em especial Luisa, Augusto, José, Carlos, Alberto, Isabel, Agostinho, pela preocupação em acompanhar minha trajectória

E finalmente a todos aqueles que directa ou indirectamente contribuíram para que este trabalho torne-se uma realidade.

O meu muito Obrigado.

---

## **Declaração de Honra**

Declaro por minha honra que este trabalho é resultado da minha investigação, que não foi submetido para outro grau que não seja o indicado – **Licenciatura em Informática**, da Faculdade de Ciências da Universidade Eduardo Mondlane.

---

*(Arnaldo Luís Cumbe)*

## Índice de Figuras

Figura 5.1:Funcionamento de uma rede MPLS.....	21
Figura 5.2:Geração das tabelas de encaminhamento.....	24
Figura 5.3:Exemplo de encaminhamento de um pacote.....	25
Figura 5.4:Representação dos roteadores de borda e interno.....	28
Figura 5.5:Posicionamento do label (etiqueta) em cabeçalhos diferentes.....	24
Figura 5.a) Etiqueta numa rede ATM.....	29
Figura 5.b) Etiqueta numa rede LAN/Ethernet.....	29
Figura 5.6:Label switching Path.....	34
Figura 9.1: Rede global da UEM.....	42
Figura 9.2: Rede actual da UEM.....	44
Figura 9.3:Modelo de rede MPLS.....	45
Figura 9.4:Modelo de configuração.....	48

## Índice de Tabelas

Tabela 3.1:Modelo ISO/OSI-Unidade de informação por camada .....	11
Tabela 5.1: Exemplo de um LFIB.....	26
Tabela 5.2:Comparação do roteamento convencional e IP/MPLS.....	27
Tabelas 5.3:Tabela de roteamento MPLS.....	31
Tabela 5.4: FEC e os correspondents LSP, e etiquetas.....	33
Tabela 9.1: Preçário do equipamento.....	52

## Resumo

Na Internet, quando um roteador recebe um pacote para o qual ele não é o último destinatário, ele faz uma busca na sua tabela de roteamento, baseando-se no endereço IP do pacote, decide para onde enviá-lo. Essa busca pode levar bastante tempo, dependendo do tamanho da tabela de roteamento. O MPLS rompe com este paradigma, usando um rótulo (etiqueta) de tamanho fixo a partir do qual o roteador decide por onde enviar os pacotes .

De facto a maior vantagem do MPLS consiste na providência da engenharia de tráfego.

O presente trabalho descreve a importância e necessidade do roteamento dos pacotes usando Multiprotocol Label switching (MPLS) numa rede, dentro duma corporação ou numa rede extensa e descreve a sua implementação na Universidade Eduardo Mondlane.

Para a consecução dos objectivos deste trabalho, foram usadas sessões de encontros de modo a fazer entrevistas não estruturadas e análise da informação disponível na internet.

Em seguida é feita a descrição do funcionamento da rede da Universidade Eduardo Mondlane (UEM), especialmente na fonte referente a rede de dados.

É desenhado o modelo de rede experimental usando a tecnologia proposta MPLS tendo em conta a infraestrutura já existente e faz-se a sua configuração usando ferramentas de *open source*.

Este trabalho termina com a apresentação das conclusões, recomendações e anexos.

## ÍNDICE

<b>1. Introdução</b> .....	3
<b>2. Descrição do problema</b> .....	4
<b>3. Objectivos Gerais e Específicos</b> .....	6
3.1 Objectivo Geral .....	6
3.2 Objectivos Específicos.....	6
<b>4. Metodologia de Pesquisa</b> .....	7
<b>5. Estudo Básico dos protocolos TCP/IP</b> .....	9
5.1 Historial do TCP/IP.....	9
5.2 Modelo de referência OSI/ISO .....	10
5.3 Modelo de referência TCP/IP .....	11
5.4 Comutação de pacotes e de Circuitos .....	12
5.5 Decisão de encaminhamento em redes IP.....	13
<b>6. Introdução ao MPLS</b> .....	14
6.1 Surgimento .....	14
6.2 Princípios arquitectónicos.....	15
6.3 Comutação por Etiquetas .....	15
6.4 Desenhadores de LBS .....	16
6.5 Mudança nas Redes Actuais .....	17
<b>7. Funcionamento</b> .....	20
7.1 Conceitos Básicos no Funcionamento de Uma rede MPLS .....	22
7.2 Comparação etiquetas vs roteamento convencional (IP).....	25
7.3 Componentes de Encaminhamento.....	27
7.4 Componentes de Controle.....	29
7.5 Informação de Distribuição das Etiquetas .....	30
7.6 Label stack .....	31
7.7 O Papel dos Roteadores de Borda (ELSR) .....	31
7.8 LSP (Label Switching Path).....	32
<b>8. Intserv nas Redes MPLS</b> .....	33



8.1 Diffserv nas redes MPLS .....	33
<b>9. Parâmetros de QoS .....</b>	<b>35</b>
9.1 Engenharia de tráfego (ET).....	36
9.1.1 RSVP-TE (Resource Reservation Protocol-Traffic Engineer) .....	37
9.1.2 CR-LDP (Constraint Routing-Label distributing protocol).....	38
9.2 MPLS Generalizado (Generalized MPLS) .....	38
<b>10. UEM .....</b>	<b>39</b>
10.1 Modelo de Implementação da rede MPLS na UEM.....	41
10.1.2 Funcionamento da rede .....	41
10.1.3 Rede Actual.....	41
10.1.5 Análise dos Custos da implementação da tecnologia MPLS.....	50
<b>11. Conclusões e Recomendações .....</b>	<b>52</b>
11.1 Benefícios para a Instituição (UEM) .....	53
11.2 Benefícios para o estudante.....	53
<b>12. Glossário .....</b>	<b>54</b>
<b>13. Bibliografia .....</b>	<b>57</b>
13.1 Literatura:.....	57
13.2 Referências Electrónicas/White Papers/Draft Papers/RFC's .....	57
13.4 Outras Fontes .....	58
<b>14. Anexos .....</b>	<b>59</b>

## 1. Introdução

Em Moçambique tem se observado nos últimos anos uma grande evolução nas áreas das tecnologias de informação e comunicação, que vem contribuindo em parte para o desenvolvimento da sociedade global da informação.

Este avanço, tem facilitando não somente o acesso pelos países em desenvolvimento à ciência e tecnologia, como também a sua crescente participação na economia mundial e redução da pobreza absoluta[16].

A Internet passou a ser uma realidade na vida de uma grande quantidade de pessoas ao redor do mundo e dos moçambicanos. Pode-se verificar, no entanto, que o serviço proporcionado hoje pela Internet não é adequado para atender a demanda de aplicações avançadas.

O crescimento da Internet e das redes corporativas veio colocar maiores exigências no equipamento que faz a interligação no que concerne ao roteamento de dados, reserva e administração de recursos de rede.

Nesse cenário, surgiram dois problemas importantes. O primeiro foi o aumento do número de usuários de redes, e o segundo foi de se verificar que a Internet actual só oferece serviço de melhor esforço "Best effort", onde os pacotes são encaminhados pelos roteadores tão rapidamente quanto possível, mas sem garantia em relação ao atraso, ordem de chegada e até mesmo da entrega dos pacotes no seu destino.

*O Best effort* Embora amplamente usado, é ineficiente para suportar os requisitos das novas aplicações comerciais e multimédia, que geram tráfego integrado de dados, voz e vídeo, tornando o IP routing desnecessariamente lento e sem parâmetros que permitem garantia de qualidade de serviço.

O Multi-Protocol label switching (MPLS) surge como a principal tecnologia para o provisionamento rápido de serviços e o ponto de aglutinação de serviços novos e antigos.

A Universidade Eduardo Mondlane -UEM é uma instituição do nível superior que tem se empenhado na educação e formação de profissionais em várias áreas. O Centro de Informática da UEM (CIUEM) é a instituição que faz a gestão das tecnologias de informação e comunicação dentro da UEM.

Foi com base num dos objectivos da UEM, que é capacitar todos os sectores da UEM com meios de telecomunicações eficientes e funcionais que se elaborou este trabalho.

Este, visa apresentar um modelo e uma arquitectura funcional para a implementação de uma rede MPLS na Universidade Eduardo Mondlane e que vai interligar concretamente as redes do Campus Universitário principal, Campus das engenharias e reitoria da Universidade.

## 2. Descrição do problema

Quando um pacote transita de um roteador para o outro, cada roteador deve fazer uma decisão independente do caminho a dar ao pacote. Isto é, cada roteador deve analisar o cabeçalho dos pacotes, correr um algoritmo da camada de rede e escolher de uma forma independente o próximo *hop* para esse pacote.

Os cabeçalhos dos pacotes contêm uma considerável informação do que é necessária, simplesmente para escolha do próximo *hop*. Durante a passagem dos pacotes na rede, cada roteador reexamina os cabeçalhos dos pacotes, e isto, implica um mecanismo redundante.

Normalmente em um ambiente de roteamento onde os pacotes transitam de uma determinada origem para o destino o encaminhamento usado basea-se em métricas de menor custo ou número de *hops*. Os roteadores criam uma tabela de roteamento de modo a determinar o próximo salto para um determinado pacote.

Contudo este processo tende a reduzir o grau de serviço, criando do certo modo alguns atrasos na rede devido aos imediatos e intensivos pedidos a CPU para processar esses pacotes. Além disso novas aplicações específicas precisam de garantia de qualidade de serviço quando os seus pacotes são roteados numa rede para outra.

As tecnologias actuais de roteamento utilizam a informação do melhor caminho disponível baseando-se apenas no endereço do destino. Os atributos dos dados da aplicação não são considerados.

O grande desafio é o uso das características dos protocolos MPLS na rede da UEM que funciona com base no *IP forwarding* e o uso do conceito de qualidade de serviço (QoS) sobre a mesma rede.

Com o surgimento do protocolo MPLS, pode-se resolver os problemas descritos nos parágrafos acima, pois facilita a implementação de engenharia de tráfego, podendo por

exemplo escolher o caminho mais rápidos, ainda que seja de custo mais elevado para pacotes de maior prioridade, desta forma melhorando o desempenho da rede assim como a qualidade de serviço (QoS).

MPLS usa etiquetas para rotear os pacotes. As etiquetas são atribuídas nos nodos de entrada na rede MPLS. Os roteadores das bordas que contém MPLS analisam o conteúdo do cabeçalho do IP e seleccionam um etiqueta apropriado com o qual vai encapsular o pacote. Estas análises podem ser baseadas em mais do que o endereço de destino diferentemente do IP convencional.

Este trabalho visa apresentar um modelo e uma arquitectura de uma rede MPLS na perspectiva de melhorar os serviços e gestão do tráfego na rede.

### **3. Objectivos Gerais e Específicos**

#### **3.1 Objectivo Geral**

- Propor um modelo de Implementação uma rede em MPLS na Universidade Eduardo Mondlane.

#### **3.2 Objectivos Específicos**

- Estudar uma rede com tecnologia de encaminhamento IP convencional,
- Investigar e estudar uma rede baseada na tecnologia MPLS no encaminhamento de pacotes,
- Estudar e analisar os roteadores e plataformas que implementam protocolos MPLS,
- Investigar o software MPLS-LINUX e mplsadm que correm sobre a plataforma LINUX,
- Simular uma rede MPLS,
- Analisar o formato do frame dentro e fora da rede MPLS.

#### **4. Metodologia de Pesquisa**

O trabalho foi desenvolvido e apresentado através da metodologia descritiva e explicativa. Para a sua realização foram efectuadas entrevistas de carácter informal, consultas à páginas na Internet e à bibliografia existente sobre redes de computadores e protocolos. Este trabalho apresenta aqui uma tecnologia nova, ainda em expansão, por isso a necessidade de confrontar a informação obtida de modo a ter um trabalho final útil e consistente.

A proposta de Implementação da tecnologia MPLS como foi para uma rede já existente, houve necessidade de entender a arquitectura actual da rede da UEM, capacidades e as perspectivas de expansão.

Com o objectivo de melhor perceber a estrutura actual da rede da UEM, sua Performance, realizaram-se encontros com membros da administração do CIUEM, parte responsável por todo o sistema de comunicações da UEM. Estes encontros foram importantes para a concepção do modelo com um conhecimento mais sólido da realidade.

Este trabalho teve algumas fases importantes a destacar:

A Investigação sobre a tecnologia MPLS-Foi necessário efectuar consultas ao material disponível que esteja relacionado com o tema, de forma a obter uma ideia clara do que se pretende investigar. Pela natureza do tema a maior parte do material encontrava-se disponível na forma electrónica, por esta razão, deve-se confrontar a informação obtida e procura sempre fontes fiáveis, e também necessário olhar para o tema sob as várias perspectivas para se obter uma percepção mais rápida.

Elaboração de um resumo sobre MPLS – com base na informação recolhida, um primeiro documento foi elaborado, que descreve por completo a tecnologia, e que seja independente de qualquer aplicação futura em que possa ser usado.

Recolha de informação sobre UEM – várias entrevistas informais foram realizadas para se obter informação útil para alcançar os objectivos do trabalho. Tal informação deve ser obtida junto à pessoas que tenham uma visão global, assim como detalhada da instituição no que

concerne à infra-estrutura e funcionalidade das tecnologias de informação e comunicação existente. O CIUEM é o órgão da UEM responsável por esta área.

Elaboração de um resumo sobre a UEM-Este resumo é produto da fase anterior, e esta contida apenas a informação relativa ao ambiente, constrangimentos e expectativas da UEM, orientando-se sempre com objectivos do presente trabalho.

Elaboração da proposta de rede MPLS para UEM- este modelo foi elaborado de forma a resolver possíveis problemas encontrados na fase anterior e ao mesmo tempo foram apresentadas opções de novos cenários por onde a UEM poderá optar.

Elaboração da rede de Simulação – A recolha de softwares necessários assim como a sua compilação foram os passos mais importantes nesta fase. A procura de computadores com plataforma linux para a simulação da rede e a procura de cartas de rede.

Compilação do trabalho final – Depois da simulação da rede MPLS o trabalho foi produzido que servirá como base documental do caso em estudo.

É de salientar que os passos acima referidos não foram um produto sequencial, havendo um passo feito antes do outro ou feitos em paralelo, pois possibilitava que, se uma informação relevante fosse encontrada era incorporada no trabalho.

## 5. Estudo Básico dos protocolos TCP/IP

### 5.1 Historial do TCP/IP

Nos anos 60, o principal sector estratégico americano, Departamento de defesa (*Department of Defense –DoD*) se interessou em um protocolo que estava sendo desenvolvido e utilizado pelas universidades para interligação dos seus sistemas computacionais e que utilizava a tecnologia de chaveamento de pacotes. O interesse do *DoD* estava no desejo de manter a comunicação entre os diversos sistemas espalhados pelo mundo, no caso de um desastre nuclear. O problema estava na compatibilidade entre os sistemas computacionais de diferentes fabricantes que possuíam diferentes sistemas operacionais, topologias e protocolos. A integração e partilha dos dados passou a ser um problema a resolver.

Foi atribuído assim à *Advanced Research Project Agency – ARPA* a tarefa de encontrar uma solução para este problema de tratar com diferentes equipamentos e diferentes características computacionais. Foi feita então uma aliança entre universidades e fabricantes para o desenvolvimento de padrões de comunicação. Esta aliança especificou e construiu uma rede de testes de quatro nós, chamada ARPANET, e que acabou sendo a origem da Internet hoje [D].

No final dos anos 70, esta rede inicial evoluiu, teve seu protocolo desenvolvido e transformado na base para o TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol). A aceitação mundial dos conjuntos de protocolo TCP/IP deveu-se principalmente a versão UNIX de Berkeley além de incluir estes protocolos, colocava-os em uma situação de domínio público, onde qualquer organização, através de sua equipe técnica poderia modificá-los e assim garantir seu desenvolvimento.

Dentre as várias organizações e comités que participaram deste desenvolvimento e divulgação, podemos destacar Internet Engineering Task Force - IETF[A], cuja principal função actual é a manutenção e apoio aos padrões de Internet e TCP/IP principalmente através da série de documentos Request for Comments – RFCs. Estes documentos descrevem as diversas Tecnologias envolvidas e servem de base para as novas tecnologias que deverão manter a compatibilidade com as anteriores dentro do possível.



Em resumo, o maior trunfo do TCP/IP é o facto destes protocolos apresentarem a interoperabilidade de comunicação entre todos os tipos de hardware e todos os tipos de sistemas operacionais. Sendo assim, o impacto positivo da comunicação computacional aumenta com o número de tipos de computadores que participam da grande rede Internet.

## 5.2 Modelo de referência OSI/ISO

Dentro deste cenário de grande variedade de sistemas operacionais, CPUs, Interfaces de rede, tecnologias e outras variáveis, e a necessidade de inter conexão entre os diversos sistemas computacionais em 1977, a International Organization for Standardization – ISO, criou um sub-comité para o desenvolvimento de padrões de comunicação para promover a interoperabilidade entre as diversas plataformas. Foi então desenvolvido o modelo de referência Open Systems Interconnection – OSI.

É importante observar que o modelo OSI é simplesmente um modelo que especifica as funções a serem implementadas pelos diversos fabricantes em suas redes. Este modelo não detalha como estas funções devem ser implementadas, deixando isto para que cada empresa/organização tenha liberdade para desenvolver.[B]

O comité ISO dividiu o processo complexo de comunicação em pequenas subtarefas (camadas), de maneira que os problemas passem a ser mais fáceis de tratar e as subtarefas melhor optimizadas. O modelo ISO/OSI é constituído por sete camadas descritas sucintamente na tabela 3.1.

Cada camada se comunica com a sua semelhante no outro nodo. Quando a informação é passada de uma camada para outra inferior, um cabeçalho é adicionado aos dados para indicar de onde a informação vem e para onde vai. O bloco de cabeçalho mais dados de uma camada é o dado da próxima camada, comumente designado de *payload*.

Tabela 3.1. –Modelo ISO/OSI, Unidades de Informação por camada

7	Aplicação (mensagem)	Esta camada funciona como uma interface de ligação entre os processos de comunicação de rede e as aplicações utilizadas pelo usuário
6	Apresentação	Nesta camada os dados são convertidos num formato universal
5	Sessão	Estabelece e encerra a ligação ou enlace de comunicação
4	Transporte (segmento)	Efectua os processos de sequenciamento e, em alguns casos, confirmação de recebimento dos pacotes de dados
3	Redes (pacotes)	Efectua o roteamento dos dados na rede
2	Ligação de Dados (frames)	Nesta camada a informação é formatada em frames representando a exacta estrutura dos dados fisicamente transmitidos através de fios e cabos
1	Física	Define a conexão física entre o sistema computacional e a rede. Especifica o conector, a pinagem, níveis de tensão, dimensões físicas, característica mecânica e eléctricas, etc.

A unidade de informação muda de nome ao longo das camadas de maneira que podemos saber sobre qual camada se está referindo pelos nomes destas unidades. A Tabela 3.1 relaciona os diversos nomes destas unidades de informação ao longo das camadas. Antes do desenvolvimento do modelo de camadas ISO/OSI, o DoD definiu seu próprio modelo de rede conhecido como modelo de rede DoD ou também modelo TCP/IP[C].

### 5.3 Modelo de referência TCP/IP

O modelo de camadas ISO/OSI acabou se tornando apenas uma base para praticamente todos os protocolos desenvolvidos pela indústria. Cada designer tem uma arquitectura que difere em detalhes as vezes fundamentais no seu desenvolvimento. Sendo assim, é de se esperar uma variação nas descrições do conjunto de protocolos TCP/IP. Apresenta-se no anexo a comparação resumida entre duas possíveis interpretações, a esquerda e direita do modelo base ISO/OSI ao centro [Anexo A].

#### **5.4 Comutação de pacotes e de Circuitos**

O TCP/IP permitiu a existência de comunicações abertas e a proliferação de conectividade LAN(rede local) a LAN e LAN a WAN(rede extensa) entre vários ambientes operacionais. Sua topologia e arquitetura, porém não tinham como base os métodos empregados pelas empresas telefônicas: comutação de circuitos.

Em comutação de pacotes, o percurso é encontrado em tempo real, e não precisa ser o mesmo. Além disso, as informações vão do ponto ao ponto.

Existem muitas diferenças entre comutação de circuitos e de pacotes. Na comutação de circuitos, um percurso é constituído antes do envio das informações, enquanto que na comutação de pacotes nenhum percurso é definido e nem se é criado antes do envio das informações. Por exemplo, quando se pretende fazer uma chamada telefônica, a companhia telefônica cria fisicamente um circuito para essa chamada. Não se pode falar (transmitir informações) até que o circuito seja criado.

Esse percurso é um circuito físico através do sistema de rede telefônica; no entanto, a companhia telefônica está empregando no momento outras tecnologias para permitir a “comutação de circuitos virtuais” através de tecnologias como ATM – Asynchronous Transfer Mode. Para nossa comparação um percurso de voz é criado no hardware antes que as informações sejam passadas. Nenhuma informação está contida no sinal de voz digitalizada para indicar aos switches onde o destino está localizado. Um nó de transmissão possui a mesma probabilidade de transmitir suas informações para o receptor.

Na comutação de pacotes, as informações necessárias para atingir a estação de destino estão contidas no cabeçalho das informações que estão sendo enviadas. As estações, conhecidas como roteadores, lê essas informações na rede e as encaminham ao longo do seu percurso. Milhares de pacotes de informações distintas podem usar o mesmo percurso para diferentes destinos[11].

Actualmente, está-se provando que a comutação de pacotes, além de ser viável, pode ser usada para voz, vídeo e dados. Foram inventadas estações rápidas que podem usar os meios de transmissão rápidos. Existe para além disto protocolos que permitem uma certa garantia de QoS.

## 5.5 Decisão de encaminhamento em redes IP

Em redes IP, por cada pacote que recebe, um nó(*router*) toma uma decisão independente quanto ao próximo passo *do percurso (hop-by-hop routing)*, com base no endereço de destino(*destination based routing*) e no conteúdo actual da tabela de encaminhamento.

Este método (*destination based routing*) tem algumas limitações presente no cabeçalho do pacote, excluindo-se assim critérios baseados noutra tipo de informação para além da explicitamente transportada no cabeçalho ( ex: campo *ToS-type of service*) O processamento do cabeçalho é relativamente complexo (quando comparados com o processamento de um identificador de circuito virtual, ou de etiquetas na terminologia MPLS)

- Look-up da tabela de encaminhamento
- Decremento do campoTTL(time to live)
- Computação dum novo CRC(Cyclic Redundancy Check)

Os algoritmos de encaminhamento usados em redes IP são baseados em métricas de menor custo, no caso típico em que se usa uma métrica aditiva baseada no número de ligações que formam o percurso (*hop count*), os algoritmos seleccionam os percursos mais curtos (*shortest path*). Os percursos mais curtos (*shortest path*) de várias nodos de entrada para um dado nó de saída formam uma árvore com raiz no nó de saída.

## 6. Introdução ao MPLS

No capítulo anterior um estudo básico dos protocolos TCP/IP foi efectuado, como sendo o alicerce das redes de computadores. Neste capítulo segue a abordagem de MPLS .

### 6.1 Surgimento

O MPLS é baseado no conceito de (*label based Switching*)-LBS que já estão disponíveis. A CISCO com o *TAG switching*; a *Ascend* com o *IP Navigator*; a *IBM* com o *ARIS*. Cada fabricante tem implementações próprias de LBS, o que dificulta a implementação de soluções interoperáveis.

Assim, como em outras normalizações emergentes, as ideias e experiência dos fabricantes e demais pesquisadores, levou a implementação de um grupo de trabalho para o estudo de soluções baseadas em LBS. Este esforço está sendo coordenado pela IETF (*Internet Engineering Task Force*) , buscando uma solução aberta, interoperável e independente de protocolos, a qual se denominou Multiprotocol Label Switching (MPLS).

O Multiprotocol Label Switching (MPLS) foi apresentado inicialmente como uma solução que possibilita melhorar a velocidade de encaminhamento dos pacotes pela rede, mas agora está sendo considerada uma tecnologia de grande importância que oferece novas potencialidades, principalmente em redes IP. Engenharia de Tráfego, que representa a habilidade de operadores de rede de ditar o trajecto pelo qual o tráfego segue, e suporte a redes privadas virtuais (do inglês *Virtual Private Network* (VPN), são exemplos de duas aplicações chaves onde o MPLS possui grande destaque[5].

A essência do MPLS é a geração de uma etiqueta de comprimento fixo reduzido. Esta irá actuar como uma forma abreviada do cabeçalho IP. Este mesmo conceito é utilizado nos correios, onde a rua e a cidade são representadas por um endereço postal, de tamanho fixo reduzido, que é o CEP. Através do uso dessas etiquetas criadas no MPLS são tomadas as decisões no encaminhamento do pacote. Os pacotes IP possuem um campo em seu cabeçalho que contém o endereço para qual o pacote será encaminhado. No roteamento tradicional, este campo é verificado e processado em cada roteador da rede até que ele atinja seu destino.

## 6.2 Princípios Arquitectónicos

As arquitecturas de comutação Multi-camada (*Multilayer Switching*), de que o MPLS se constitui como modelo, têm como ideia base combinar:

Técnicas simples e robustas de encaminhamento na camada de rede ( de que o paradigma é o IP e protocolos associados) –*layer 3 routing/ Control*

Técnicas de comutação rápida, eficiente e escaláveis, na camada de ligação de dados-Layer 2 Forwarding/Switching.

Em MPLS as funções de controle e de transporte de dados são claramente separados.

As funções de controle, realizados em software, baseam-se em protocolos de encaminhamento convencionais (normalizados) e em protocolos de sinalização adequados aos requisitos da arquitectura (podendo ser adaptações ou extensões de protocolos existentes)

A função de transporte (*Forwarding/ Switching*), realizada em Hardware baseia-se em técnicas de comutação de etiquetas.

Torna-se assim necessário estabelecer uma associação entre informação de nível 3 do modelo OSI ( rotas) com informação de nível 2 (etiqueta)- *Label binding*- o que justifica designação comutação multi-camada.

## 6.3 Comutação por Etiquetas

O protocolo TCP/IP (em especial o próprio protocolo IP) é o alicerce para redes públicas actuais (a Internet, por exemplo) e redes privadas (intranet corporativa) de dados. Com a chegada da convergência de voz, dados, e das redes de multimédia, espera-se que em sua maior parte seja utilizado o protocolos IP, criando uma necessidade de melhorias técnicas e operacionais neste protocolo. A comutação usando etiquetas é uma das respostas da industria a este desafio.

Melhorar a arquitectura original do TCP/IP tem sido um grande objectivo nos últimos tempos. Por exemplo, as redes IP necessitam evoluir para suportar a entrega de pacote em tempo real, a integração do IP com protocolos ATM, criação de redes públicas virtuais, e criação de redes públicas de um tamanho muito maior. A melhoria da eficiência com o aumento da performance e a diminuição dos custos (que pode estimular o uso de VoIP, por exemplo) provocaria mudanças radicais nas telecomunicações. Usando a comutação por

etiquetas para suporte de QoS e o fornecimento de atributos para engenharia de tráfego são vistos como parte da solução.

Soluções baseadas em comutação por etiquetas podem ser caracterizadas pelo encaminhamento de pacotes etiquetados combinado com protocolos de controle IP e mecanismos de distribuição de etiquetas[6].

Um dos grandes problemas para os engenheiros de redes é resolver os problemas de integração entre o IP e o ATM. As dificuldades encontradas com o mapeamento entre o protocolo IP e o ATM serviu como um direccionador para o desenvolvimento da tecnologia de comutação por etiquetas. No decurso dos últimos cinco anos, várias empresas investiram no desenvolvimento de tecnologias que combinam a característica de operação em alta velocidade do ATM com os processos da camada de rede baseada em IP. A seguir temos três dessas empresas:

#### 6.4 Desenhadores de LBS

a) *IP Switching*, desenvolvido pela Ipsilon, permite que um comutador ATM tenha a actuação de um roteador, superando dessa forma o limite de vazão de pacotes dos roteadores tradicionais. O objectivo básico do IP Switching é integrar comutadores ATM e roteadores IP em uma maneira simples e eficiente (eliminando o plano de controle do ATM). O IP Switching usa a presença do tráfego dos dados para levar ao estabelecimento de uma etiqueta. Um protocolo de gerência do fluxo (do inglês Ipsilon Flow Management Protocol ou IFMP) e um protocolo de gerência do comutador (do inglês General Switch Management Protocol ou GSMP) são definidos. GSMP é usado unicamente para controlar um comutador ATM e os circuitos virtuais produzidos por ele[12].

b) O *Tag Switching* é a tecnologia de comutação de etiqueta desenvolvida pela CISCO. Em contraste com as técnicas anteriores, o Tag Switching é uma técnica orientada a controle que não depende do fluxo dos dados para estimular a colocação de etiquetas nas tabelas de encaminhamento do roteador. Uma rede Tag Switching consiste em roteadores de borda para colocação de etiquetas e roteadores de comutação de etiquetas. Protocolos padrões de roteamento IP são usados para determinar o próximo salto. Tags são acoplados aos roteadores nas tabelas de roteamento e distribuídos aos vizinhos via protocolo de distribuição de Tag.

c) *Aggregate Route-based IP Switching* (ARIS) foi desenvolvido pela IBM e é similar à arquitectura do Tag Switching.

### 6.5 Mudança nas Redes Actuais

O Engenheiro de redes enfrenta hoje as exigências que eram apenas sonhos quando o IP foi definido em 1970. As redes actuais precisam suportar volumes cada vez mais elevados de dados na Internet (onde se usa transferência de arquivos, correio electrónico e acesso www) e está sendo exigido também o diferenciamento entre as várias classes de tráfego, que podem incluir dado, voz, e imagens.

A qualidade de serviço transformou-se numa necessidade para aqueles que visualizam uma convergência global do IP para todas as formas de comunicação. As potencialidades dos elementos subjacentes da rede - os roteadores e os comutadores que executam os protocolos - tornaram-se peças fundamentais neste processo. De qualquer forma muitos especialistas acreditam que o processamento tradicional "*hop-by-hop*" está alcançando seu limite tecnológico, e que uma mudança no paradigma actual é necessário no processo evolutivo nas tecnologias de rede. O desafio é evoluir a arquitectura de rede IP, preparando-a para a chegada da próxima geração de redes, permitindo uma transição suave e com custo controlado[4].

Um factor deve ser considerado - a produção de roteadores mais rápidos e mais baratos. O crescimento explosivo da Internet e a expansão que foi projectada de muitos milhões de endereços IP têm o colocado como centro das atenções (e os fabricantes de roteadores têm respondido com roteadores com capacidade mais elevada). O desenvolvimento da tecnologia de comutação de etiquetas, entretanto, está sendo orientado não apenas pela necessidade de uma velocidade maior. Outros dois aspectos significativos são:

Diferentes classes de tráfego exigem características específicas do serviço que devem ser garantidas por todo o trajecto na rede ( e muitas vezes através dos sistemas autónomos múltiplos);

A Infra-estrutura com vários usuário exige redes robustas que necessitam gerenciamento de recursos mais eficiente.

A utilização eficiente dos recursos de uma rede é um dos maiores objectivos para uma nova tecnologia de rede. As potencialidades da engenharia do tráfego do MPLS permitem um grau



de controle sobre o comportamento das redes que as tecnologias convencionais do IP não possuem.

As redes actuais enfrentam os principais desafios nas seguintes áreas:

a) **Funcionalidade** - A comutação por etiqueta fornece novas funções que eram ineficientes ou indisponível no roteamento convencional. O roteamento explícito selecciona uma rota específica que não precisa ser a rota mais curta, por exemplo. Escolher uma rota levando em consideração os atributos, ou em função do QoS requerido.

b) **Escalabilidade** - Futuras redes necessitam ser virtualmente ilimitadas no tamanho. A Engenharia de tráfego neste caso permite uma maior eficiência no uso dos recursos da rede ajudando em sua escalabilidade.

c) **Possibilidade de Evolução** - Um dos maiores desafios será permitir a mudança e o crescimento sem a interrupção da rede. Os serviços determinísticos necessitam estar cobertos em uma rede não-determinística como o IP, múltiplos tráfegos IP precisam ser aceites, e as redes privadas virtuais necessitam ser criadas e removidas

d) **Integração** - A convergência de aplicações, tal como VoIP, IPTv é um exemplo de integração do sistema.

Uma das principais vantagens do MPLS é que ele é a base do padrão para a tecnologia de comutação por etiqueta. O desenvolvimento de um padrão resulta em um ambiente aberto que permite a vários fabricantes produzirem equipamentos interoperáveis. A competição também resulta em preços mais baixos e conduz a uma maior inovação [7].

A questão é a seguinte: *Quais são os benefícios e vantagens que a UEM terá em usar a comutação de etiquetas? Será a comutação de etiquetas um degrau necessário na evolução da arquitectura TCP/IP actualmente em uso ?*

#### a) **Roteamento Explícito**

O roteamento explícito é uma técnica poderosa, podendo ser aplicada para vários propósitos. Para muitas aplicações, o roteamento implícito actualmente usado na UEM, baseado na análise dos datagramas, pacote a pacote, gera uma sobrecarga muitas vezes inaceitável. O MPLS permite que os pacotes sejam classificados, a partir de etiquetas atribuídas na admissão dos nós MPLS, e encaminhados, dentro de uma mesma classe, num caminho

virtual, sem a necessidade de ser analisado nó a nó. O roteamento explícito tem também a vantagem de criar "túneis transparentes" por onde trafega qualquer tipo de tráfego (por exemplo, SNA, IPX). OS LSR "identificam" apenas as etiquetas dos pacotes que são enviados pelo túnel.

**b) Redes Privadas Virtuais (do inglês Virtual Private Networks, VPN)**

Muitas organizações constroem redes privadas para conectar vários locais. O objectivo é ter uma rede de transporte que ofereça segurança, confiança, comportamento previsível e que seja mais barato. VPNs é uma emulação desta rede privada. MPLS é um ingrediente chave na construção dessas redes; as etiquetas do MPLS podem ser usadas para isolar o tráfego entre VPNs. Pode ser usado pelas faculdades para introdução remota de notas na DRA.

**c) Suporte a Múltiplos Protocolos e a Múltiplos Links**

A componente de encaminhamento não é específica a uma camada da rede. Por exemplo, o mesmo componente de encaminhamento poderia ser usado para fazer a comutação de etiqueta no IP assim como com a comutação de etiqueta no IPX. Comutação por etiquetas pode operar sobre todos os protocolos da camada de link de dados, embora a ênfase inicial estivesse no ATM, esta característica pode ser usada no caso da UEM onde temos diferentes tipos de rede ou seja diferentes protocolos da camada de ligação de dados, no caso UEM temos o IP e o IPX.

**d) Facilidade de evolução**

A comutação de etiquetas tem a vantagem de prover uma separação entre as funções de controle e encaminhamento. Cada parte pode evoluir sem criar constrangimentos a outra parte, o que faz a evolução da rede ser mais fácil, de menor custo e menos propenso a erros podendo se alterar os protocolos de roteamento (componente de controle) sem se alterar a parte referente as etiquetas (componente de transporte).

**e) Roteamento Inter-Domínio**

A comutação de etiquetas fornece uma separação mais completa entre a distribuição intra-domínio e inter-domínio. Isto melhora a escalabilidade no processo de roteamento e, de facto, reduz o conhecimento requerido de uma rota dentro de um domínio. Este é um benefício aos ISPs (do inglês Internet Service Provider caso do CIUEM) e aos portadores que podem ter

uma quantidade grande de tráfego em trânsito (isto é, o tráfego cuja fonte e o destino não estão na mesma rede).

#### **f) Suporte a todos tipos de tráfego**

Outra vantagem da comutação de etiqueta que geralmente não é visível ao usuário é o suporte a todos os tipos de encaminhamento: Unicast, unicast com tipo de serviço, e pacotes multicast. Pode ser usado com atributos de QoS, que por sua vez, permitem que diferentes classes de serviços de acesso aos ISPs sejam definidas.

### **7. Funcionamento**

No MPLS, os pacotes IP são encapsulados, através do uso de etiquetas, pelos dispositivos que se encontram na entrada da rede. O roteador de borda do MPLS analisa os índices do cabeçalho IP e selecciona uma etiqueta apropriada para encapsular o pacote. Grande parte do poder do MPLS vem do facto que, em contraste ao roteamento tradicional IP, esta análise pode ser baseada não apenas no endereço de destino que ele carrega dentro do cabeçalho, mas também pela qualidade de serviço requerido. Em todos os nós subsequentes dentro da rede MPLS, a etiqueta é utilizada pelos roteadores para realizar a decisão de encaminhamento dos pacotes na rede. Em nenhum momento os roteadores pertencentes ao núcleo da rede analisam o cabeçalho IP. Finalmente, a medida que os pacotes deixam a rede, as etiquetas são retiradas pelo roteadores de borda da rede [5]. A figura V.1 ilustra os dispositivos e domínio MPLS, roteadores internos e os roteadores IP. É possível ver na figura a representação de duas redes IP onde se encontra o Host A e o Host B, para cada rede IP temos um roteador IP, e na nuvem MPLS temos nos extremos dois roteadores com capacidades de inserção e remoção de labels.

Na terminologia do MPLS, os roteadores são chamados de roteadores de comutação por Etiquetas (do inglês Label Switched Routers). Os roteadores MPLS encaminham os pacotes tomando as decisões de encaminhamento baseado na etiqueta MPLS. Esta decisão pode ser tomada de acordo com o tipo de tráfego, o IP utilizado, a proveniência do conteúdo etc.

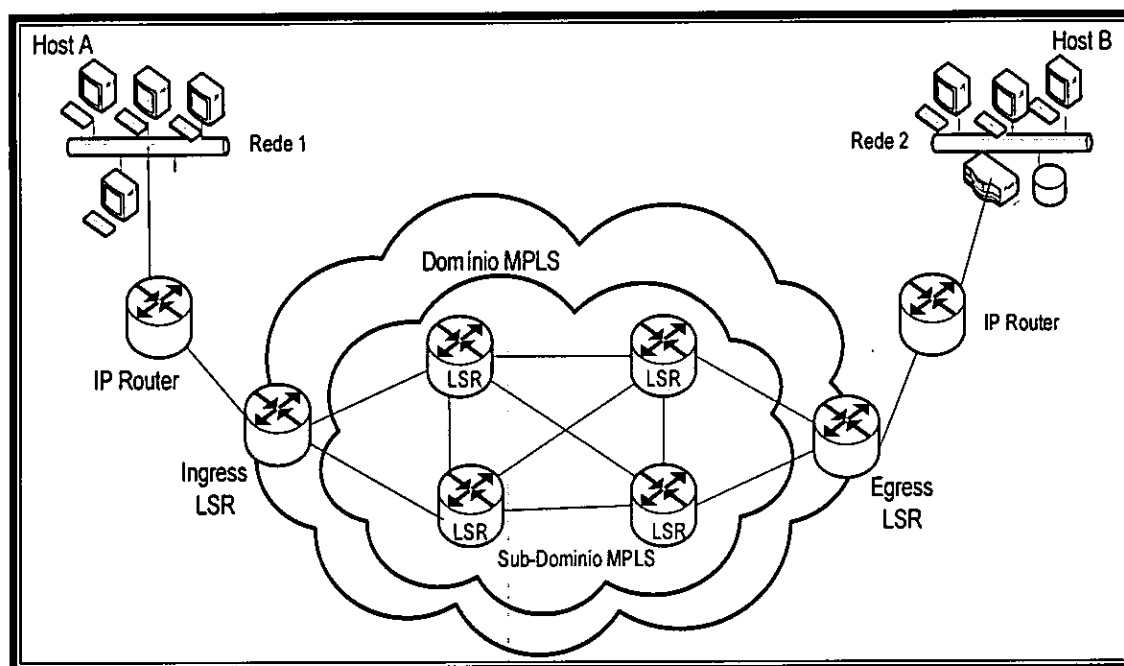


Figura 5.1: Funcionamento de uma rede MPLS

Os roteadores IP convencionais contêm tabelas de roteamento onde são feitas buscas referentes a informação do cabeçalho IP de um pacote para que a decisão de encaminhamento seja tomada. Estas tabelas são construídas pelos protocolos de distribuição do IP (por exemplo, RIP ou OSPF). O roteamento em geral engloba o plano de encaminhamento e o plano de controle. No roteamento IP, a análise do cabeçalho é feito no plano de encaminhamento, e no plano de controle, é gerada a tabela de roteamento. No MPLS é possível separar o plano de encaminhamento do plano de controle. Com isso é possível modificar cada um separadamente. Devido a esta característica, não precisamos, por exemplo, mudar os dispositivos de encaminhamento caso se deseja mudar a estratégia de roteamento da rede.

Existem duas categorias de roteadores no MPLS. Na borda da rede( nos extremos das rede), os classificadores de pacote precisam de um elevado desempenho no processo de aplicação (e retirada) das etiquetas: eles são conhecidos como roteadores de borda (ELSR, do inglês *Edge Label Switching Router*). A outra classe é composta pelos roteadores de núcleo (LSR, do inglês *Label switching Router*). Uma de suas características principais é encaminhar os pacotes etiquetados de forma rápida. Por isso necessidade de um grau de processamento elevado.

O MPLS se transformou em uma tecnologia que é a chave para futuro de redes IP. O MPLS fornece potencialidades da Engenharia de Tráfego às redes baseadas em pacotes, fornece potencialidades de QoS em IP, e ajuda na formação de VPN baseadas em IP. Estes avanços são decisivos para o sucesso dos provedores de multiserviços.

MPLS é diferente dos métodos de processamento hop-by-hop das redes tradicionais. Uma etiqueta de tamanho fixo reduzido fornece uma representação de forma abreviada do cabeçalho do pacote IP da mesma forma que o código CEP é a forma abreviada para a rua e a cidade em um endereço postal.

Nesta trabalho são identificados e discutidos os padrões do MPLS que prometem oferecer a importante funcionalidade de interoperabilidade entre diferentes tecnologias de redes.

### 7.1 Conceitos Básicos no Funcionamento de Uma rede MPLS

Diversos conceitos básicos que se aplicam a tecnologia de comutação precisam ser revistos antes de descrever como MPLS funciona para melhor compreensão do mecanismo.

a) **Roteamento** é um termo usado para descrever as acções feitas pela rede para mover os pacotes através dela. Os pacotes seguem através da rede sendo enviados de uma máquina a outra até atingir seu destino. Os protocolos de roteamento (ex *RIP, OSPF, IS-IS*) possibilitam aos roteadores trocarem a inteligência que permite cada *host* na rede alcançar o outro. Os roteadores usam os protocolos de roteamento para construir as tabelas de roteamento. Quando recebem um pacote e têm que fazer uma decisão de encaminhamento, os roteadores procuram na tabela de roteamento usando o endereço IP do destino no pacote, obtendo desse modo a identidade da máquina pertencente ao próximo "*hop*". A construção das tabelas e seu uso para o encaminhamento podem ser separados por operações lógicas.

b) **Comutação** é geralmente usada para descrever a transferência de dados de uma porta de entrada para uma porta de saída onde a escolha da porta de saída é baseada em informação da camada 2 do modelo OSI ( por exemplo, *ATM VPI/VCI, Ethernet*).

As figuras a 5.2 e 5.3 de criação de tabela e sua utilização, após os protocolos de roteamento trocarem as informações das conexões existentes e actualizarem as suas tabelas, os roteadores criam as tabelas que contém o endereço da rede que se pode atingir com um determinado label e de acordo com um determinado interface.

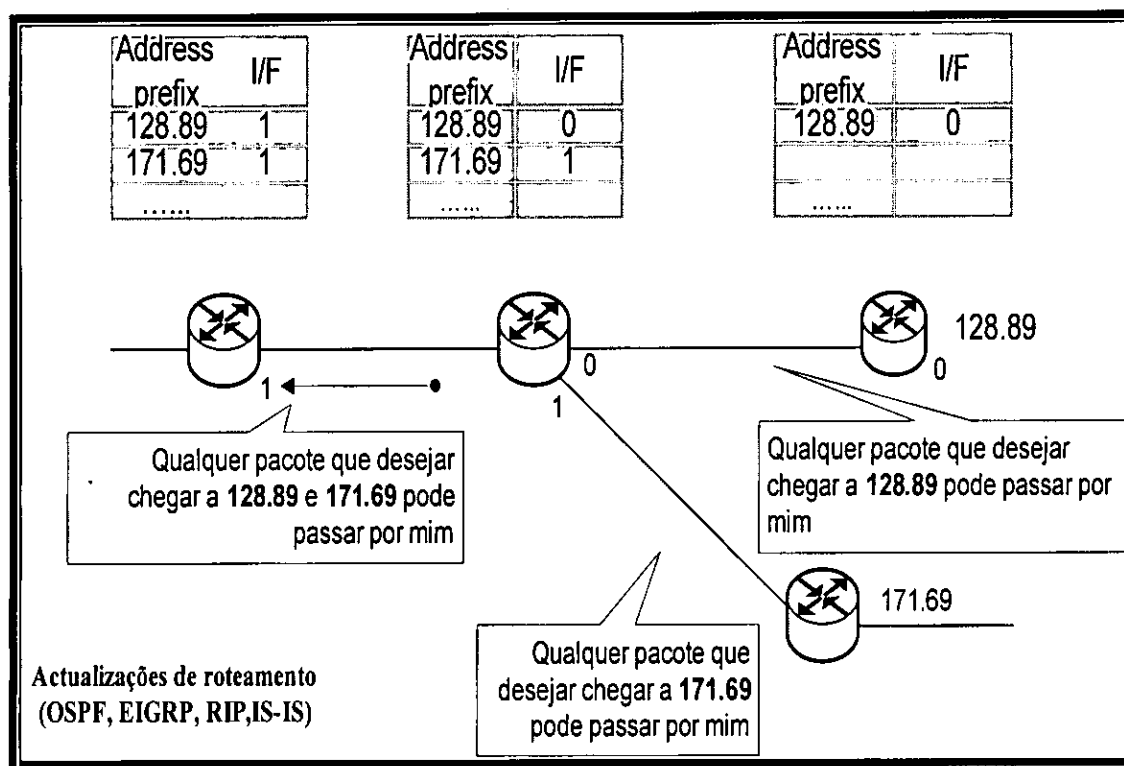


Figura 5.2: Geração das Tabelas de Encaminhamento

A figura 5.2 ilustra como um determinado pacote é enviado de uma rede para outra, após a classificação de acordo com o tipo de tráfego que o pacote contém, o pacote é inserido uma etiqueta entre a camada de rede e camada de ligação de dados, esse processo é feito nos roteadores da borda.

Depois da inserção da etiqueta se existir um roteador na rota que o pacote percorre, a etiqueta é trocada de acordo com o grupo da etiqueta de entrada.

A etiqueta é retirada quando a rota ou o destino do pacote não suportar o MPLS.

As tabelas aqui apresentadas contêm os dados, dos possíveis caminhos ou rotas que um pacote pode seguir até ao destino. Essas rotas são estabelecidas pelos protocolos de roteamento que os roteadores usam como um mecanismo de descobrir se uma determinada rota ainda continua activa. Esses protocolos podem ter um tempo determinado para verificação se a rota ainda está activa.

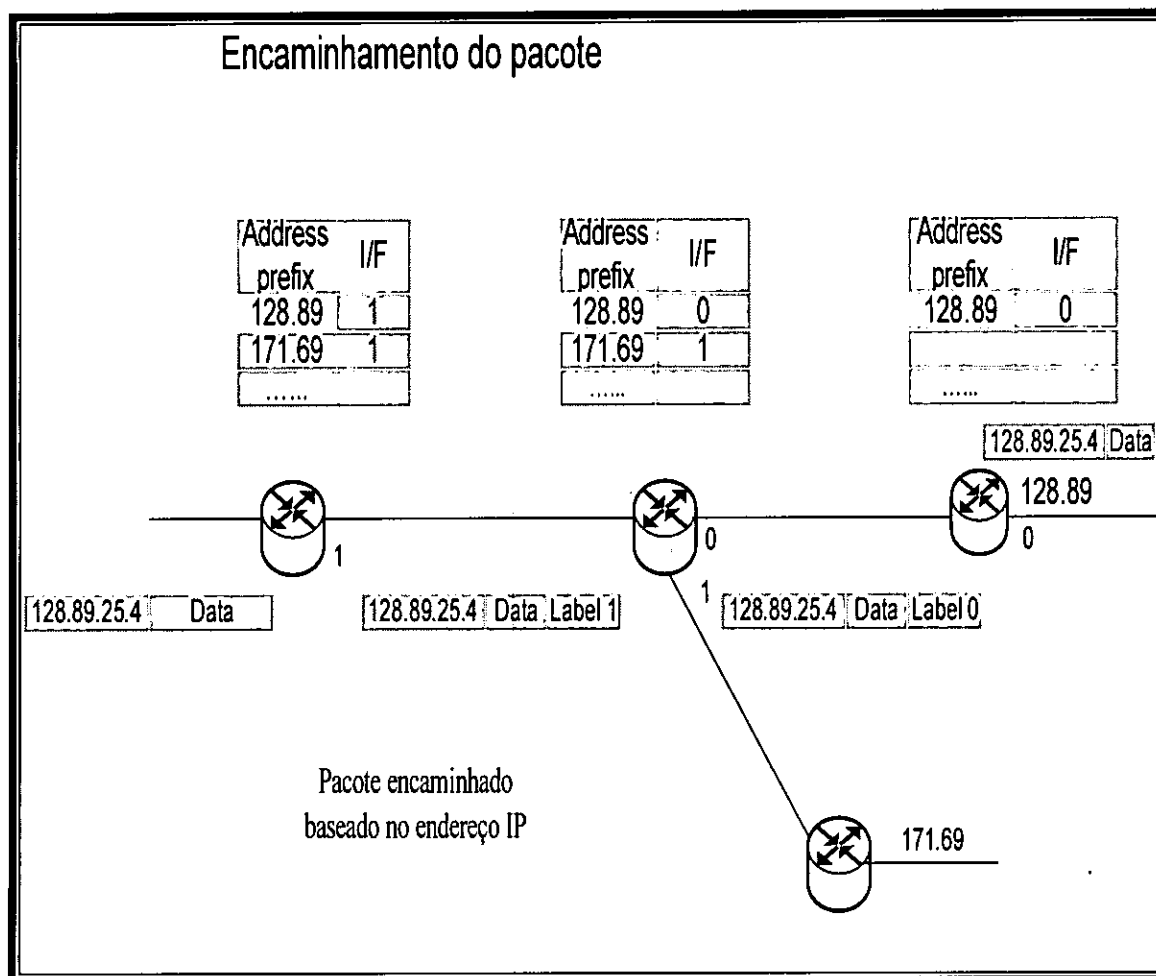


Figura 5.3: Exemplo de Encaminhamento de um pacote

d) Os componentes de encaminhamento executam o encaminhamento dos pacotes. Eles usam as informações a partir da tabela de encaminhamento (que é mantido pelo roteador); esta informação é carregada no próprio pacote e um conjunto de procedimentos locais fazem a decisão de encaminhamento. No roteamento convencional, um algoritmo compara o endereço de destino no pacote com uma entrada na tabela de roteamento até que se encontre um caminho apropriado. Todo este processo é repetido em cada nó da fonte da origem até ao destino. Nos LSR, algoritmos de troca de etiquetas usam as etiquetas dos pacotes e a tabela de encaminhamento baseado em etiquetas para obter uma nova etiqueta e interface de saída para o pacote.

e) A tabela de encaminhamento é um conjunto de entradas em uma tabela que fornece informação que ajuda as componentes de encaminhamento executar as funções de comutação. A tabela de encaminhamento precisa associar cada pacote a uma entrada

(tradicionalmente o endereço de destino) para fornecer instruções sobre para onde o pacote deverá ir.

**LFIB (Label Forwarding Information Base)** - Tabela que indica aonde e como encaminhar os pacotes. Criada por equipamentos pertencentes a um domínio MPLS, a LFIB contém uma lista de entradas que consistem de uma subentrada de ingresso e uma ou mais subentradas de saída (etiqueta de saída, interface de saída, componentes de saída de nível de enlace). A LFIB é construída baseada nas informações obtidas pelo LSR através da interação com os protocolos de roteamento. A tabela ilustra as informações contidas num LFIB

Tabela 5.1: Exemplo de um LFIB

Label In	Address Prefix	Out Interface	Out Label
4	128.89	0	9
5	171.69	1	7
.....	.....	.....	.....

f) **Forwarding Equivalence Class (FEC)** é definido como um grupo de pacotes que podem ser tratados de maneira equivalente. Um exemplo de uma FEC é um conjunto de pacotes unicast cujos endereços de destinos é compatíveis a um prefixo particular de endereço IP. Outro FEC é o conjunto de pacotes cujos endereços de fonte e destino são os mesmos.

g) **Uma etiqueta (label)** é um identificador relativamente curto e comprimento fixo que é usado no processo de encaminhamento dos pacotes. As etiquetas são associadas com uma FEC em um processo obrigatório do MPLS. As etiquetas são normalmente locais em um link de dados e não têm nenhum significado global (como um endereço). As etiquetas são análogas ao DLCI usado em uma rede Frase Relay ou o VPI/VCI usado em um ambiente ATM. As etiquetas são restringidas pelas FEC, sendo resultado de alguns eventos que indicam as necessidades no link.

## 7.2 Comparação etiquetas vs roteamento convencional (IP)

Há três diferenças importantes entre a comutação por etiqueta e o roteamento convencional: Tabela 5.2 ilustra a comparação do roteamento convencional e MPLS.



<u>Funcionalidade</u>	<u>Roteamento convencional</u> (IP)	<u>Comutação por etiquetas</u> (IP/MPLS)
Análise do cabeçalho IP por Completo	Ocorre em cada nó	Ocorre somente na borda da rede Quando a etiqueta é determinada
Support Unicast e Multicast	Necessita de muitos algoritmos complexos De encaminhamento	Necessita de um algoritmo de encaminhamento
Decisão do Roteamento	Basea-se somente no endereço IP	Pode ser usado com base em inúmeros parâmetros, tais como QoS, VPN, Grupo de Multicast

Tabela 5.2: Comparação do roteamento convencional e IP/MPLS

Um LSR (*Label Switching Router*) é um dispositivo que suporta ao mesmo tempo os componentes de controle IP (isto é, protocolos de roteamento, RSVP, etc.) e os componentes de encaminhamento e troca de etiquetas. A figura a seguir exemplifica de forma simples uma rede de comutação de etiquetas e ilustra o Edge LSRs (fornece as funções de entrada e saída da rede) e o Core LSRs (executa comutação em alta velocidade). Uma rede de comutação de etiquetas possui o mesmo objectivo das redes de roteamento tradicional: entregar o tráfego em um ou mais destinos. A figura 5.4 ilustra os roteadores da borda (edge LSR) e os roteadores internos (LSR). Como foi referido anteriormente os roteadores de borda fazem a remoção e inserção das etiquetas nos pacotes.

Da tabela 5.2 podemos observar que a análise do cabeçalho IP numa rede IP tradicional é feita em cada nó que o pacote atravessar, enquanto numa rede MPLS a análise é feita no roteador de entrada e nos restantes roteadores o pacote é reencaminhado usando a etiqueta já adicionada.

Em relação ao suporte de Unicast e Multicast o IP necessita de vários algoritmos para executá-lo enquanto o MPLS apenas de um algoritmo.

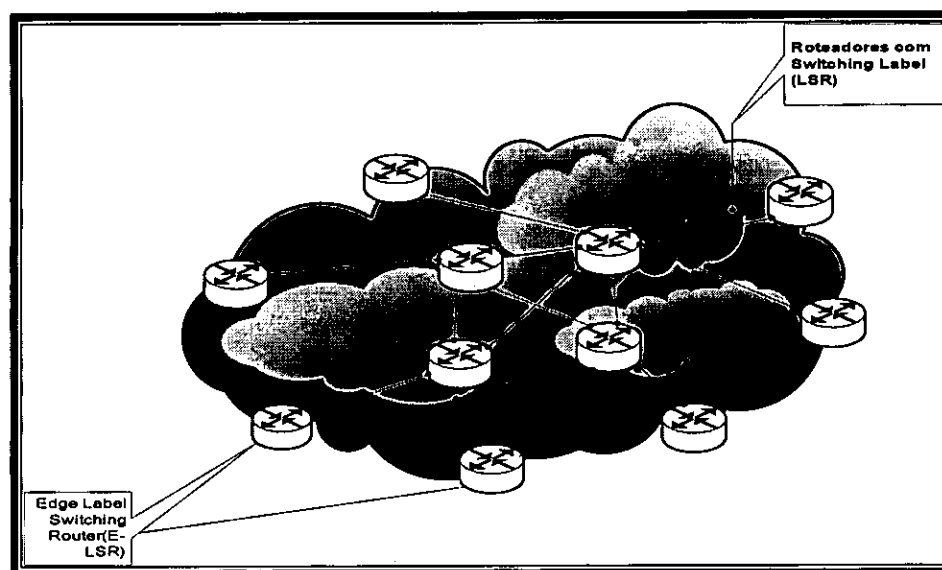


Figura 5.4: Representação do roteadores de borda e internos

### 7.3 Componentes de Encaminhamento

Uma etiqueta pode ser associada a um pacote de diversas maneiras. Algumas redes podem colocar a etiqueta no cabeçalho da camada de ligação de dados (no VCI/VPI do ATM, e no DLCI do Frame Relay). Uma outra opção é colocá-lo entre o cabeçalho de camada 2 e o de camada 3. Estas técnicas permitem que a comutação de etiquetas suporte qualquer tipo de link de dados, incluindo Ethernet, FDDI, e links ponto-a-ponto.

Na fronteira de uma rede MPLS os roteadores de borda classificam os pacotes examinando seu cabeçalho IP. Etiquetas apropriadas são aplicados aos pacotes e então são encaminhados pelos LSR.

As "etiquetas" actuam como uma representação do cabeçalho dos pacotes IP, e através do seu uso a complexidade de processamento é reduzido ao longo dos nós subsequentes. A etiqueta é gerada durante o processamento do cabeçalho do nó LSR. Todos os nós subsequentes na rede usam a etiqueta para suas decisões de encaminhamento. Os valores das etiquetas precisam, e fazem, troca a cada LSR. Isto é feito até o pacote atingir o LSR de borda na saída da rede.

Quando um pacote entra num LSR, este analisa sua etiqueta e a utiliza como um índice para pesquisar na sua tabela de encaminhamento. A partir deste índice (etiqueta de entrada), é

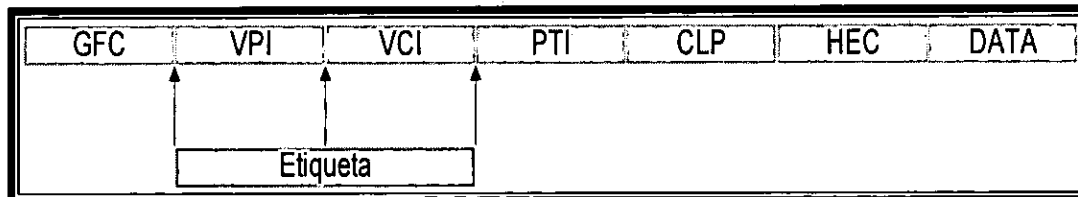
pesquisada uma entrada (ou mais) na tabela de encaminhamento. Se a entrada for localizada a etiqueta é substituída pela etiqueta de saída apontada na entrada da tabela de encaminhamento e o pacote é remetido pela interface de saída ao "next hop".

O que é o mais importante sobre o encaminhamento baseado em etiqueta é que somente um único algoritmo de encaminhamento é preciso para todo o modelo de comutação.

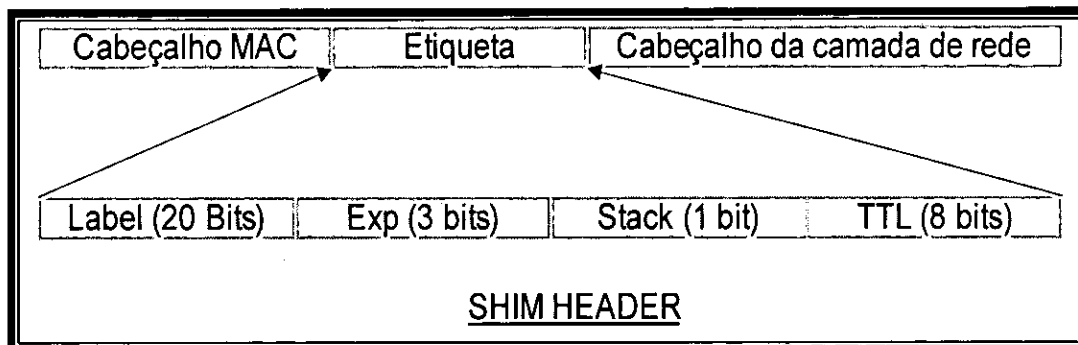
As figuras 5.5 a) e 5.5 b) são alguns exemplos da inserção de um label em cabeçalhos diferentes

Figura 5.5: Posicionamento do Label (Etiqueta) em cabeçalhos diferentes

a) Etiqueta numa rede ATM



b) Etiqueta numa rede LAN/ Ethernet



**Label (Etiqueta) MPLS**

- 1) O campo *Label* (20 bits) carrega o valor actual da etiqueta MPLS;
- 2) O campo *EXP* (3 bits) Experimental bits. Utilizados para classe de serviço, eles podem afectar os algoritmos de enfileiramento e descarte aplicados ao pacote enquanto o mesmo é transmitido através da rede;

- 3) O campo *Stack* (1 bit) suporta uma pilha hierárquica de etiquetas;
- 4) O campo *TTL* (8 bits) fornece funcionalidades de TTL IP convencional.

#### 7.4 Componentes de Controle

As etiquetas são colocadas pelo LSR que irá enviar o pacote. O LSR que recebe este pacote etiquetado precisa saber o que fazer com ele. É responsabilidade do componente de controle assumir esta tarefa. Ele usa o conteúdo de entrada da tabela de encaminhamento como guia.

O estabelecimento e manutenção da entrada da tabela de encaminhamento são funções essenciais desenvolvidos por cada LSR. O componente de controle é responsável em distribuir a informação de distribuição de forma consistente entre os LSRs e executar os procedimentos que são usados pelos LSRs para converter estas informações para uma tabela de encaminhamento.

As componentes de controle da comutação de etiquetas incluem todos os protocolos convencionais de distribuição (por exemplo, OSPF, BGP, PIM, e assim por diante). Estes protocolos de distribuição fornecem aos LSRs informação de como fazer o mapeamento entre o FEC e os endereços dos equipamentos referentes ao próximo salto. Além disso, o LSR deve:

- Criar a ligação entre as etiquetas e os FECs;
- Distribuir estas ligações para outros LSRs;
- Construir sua própria tabela de encaminhamento (Figura 5.4).

Tabela V-3: Tabela de roteamento MPLS

In label	Address Prefix	Out Interface	Out label
	128.89	1	
	171.69	1	

A ligação entre uma etiqueta e uma FEC pode ser orientada a dado (isto é, é o resultado da presença de tipos específicos de fluxo de tráfego) ou pode ser orientado a controle (isto é,

seja orientado pela topologia referente às actualizações de roteamento ou outras mensagens do controle).

Cada uma destas técnicas de ligação tem numerosas opções. A decisão para estabelecer o fluxo pode ser baseada em vários critérios. A ligação da etiqueta, no caso orientada a dado estabelece etiquetas activas somente quando existe uma necessidade imediata (isto é, quando o tráfego é apresentado para o encaminhamento). Informações sobre mudança de topologia ou mudança de tráfego precisam ser distribuídas. No caso orientada a controle, a ligação é baseada no conhecimento resultante do procedimento de roteamento e reserva de recursos.

### **7.5 Informação de Distribuição das Etiquetas**

A entrada de uma tabela de encaminhamento fornece, no mínimo, informação sobre a interface de saída e a nova etiqueta, mas também contém outras informações. Pode, por exemplo, indicar o método de enfileiramento na saída a ser aplicado ao pacote.

Cada etiqueta que é distribuída deve ser limitada a uma entrada na tabela do encaminhamento. Esta ligação pode ser executada no LSR local ou ser fornecido por um LSR remoto.

A arquitectura MPLS usa um controle local (o LSR pode criar e anunciar uma ligação sem esperar uma comunicação do vizinho sobre o mesmo FEC) e controle de saída (o LSR espera uma comunicação de seu vizinho antes de locar uma etiqueta).

O conhecimento entre as ligações localmente escolhida e os FECs associados deve ser disseminado aos LSRs adjacentes para que estas informações sejam usadas na construção das tabelas de encaminhamento. A informação na tabela de encaminhamento deve seguir também as mudanças na rede. Depois de tudo, a etiqueta no pacote de entrada é usado para descobrir as regras para o encaminhamento do pacote.

A informação da etiqueta pode ser distribuída de duas maneiras:

a) Adicionando nos protocolos de roteamento;

As informações podem ser adicionadas nos protocolos tradicionais de roteamento embora somente os esquemas orientados à controle podem suportar este método. A troca em

operações normais dos protocolos assegura consistência na informação de encaminhamento e evita a necessidade de outros protocolos.

#### b) Uso do Protocolo de Distribuição de Etiqueta

Seguindo o modelo Tag Switching da CISCO, o grupo que trabalha na definição do MPLS criou um novo protocolo específico para a distribuição de etiquetas chamado Protocolo de Distribuição de Etiquetas (do inglês Label Distribution Protocol, LDP). O LDP pode ser usado nos esquemas orientado a dados e orientado a controle. A desvantagem do LDP é que ele soma complexidade[11].

### **7.6 Label stack**

O mecanismo de pilha da etiqueta permite realizar uma operação hierárquica no domínio MPLS, através da inclusão de mais de uma etiqueta em um pacote. Este empilhamento permite que os LSRs do núcleo da rede troquem informações entre si e actuam como roteadores de borda. Estes novos roteadores de "borda" definem um novo domínio MPLS. Dentro de uma grande rede, podemos ter vários domínios. Para cada teremos um nível de etiqueta associado. Esta técnica permite uma diminuição das tabelas de roteamento dos roteadores de entrada da rede MPLS.

### **7.7 O Papel dos Roteadores de Borda (ELSR)**

É responsabilidade dos ELSRs (Edge Label Switching Router ou Roteadores de Borda) classificar o tráfego e aplicar (remover) etiquetas dos pacotes. Como tem sido visto anteriormente, as etiquetas podem ser atribuídas tomando como base requisitos de QoS e não o seu endereço de destino como é feito no roteamento tradicional. O ELSR determina se o tráfego é um fluxo estável e implementa políticas de gerência e controle de acesso.

Assim, a capacidade dos ELSRs é a chave para sucesso de um ambiente de comutação de etiquetas. É também um ponto do controle e gerência dos provedores do serviço.

Novas gerações de ELSR precisam ter as seguintes capacidades:

Potencialidade de classificação do fluxo IP: Isto permitirá que estes equipamentos atribuam valores de QoS e apliquem etiquetas ao IP sem nenhuma degradação no desempenho do encaminhamento;

Potencialidade extensiva ao VPN: Nestes equipamentos precisam rodar múltiplas tabelas de roteamento para que os clientes das VPN possam separar seu tráfego.

### 7.8 LSP (Label Switching Path)

Um conjunto de dispositivos MPLS representa um domínio MPLS. Dentro de um domínio MPLS, um caminho é criado para um determinado pacote baseado em sua FEC. Este caminho é formado através de uma sequência ordenada de LSRs, estabelecido entre uma origem e um destino dentro de um mesmo domínio. Este caminho formado é conhecido como LSP (Label Switched Path).

O LSP é ajustado antes da transmissão de dados. É feito com protocolos de roteamento convencionais ou roteamento com restrições. É importante realçar que um LSP é unidireccional, portanto é preciso ter dois LSPs para uma comunicação entre duas entidades.

Cada LSP possui a sua classe de FEC , e a etiqueta da classe para melhor diferenciar os tipos de tráfego e as rotas a seguir.

Essas classes são definidas pelo administrador da rede pois, em caso de se observar uma congestão cabe ao administrador da rede mudar as políticas de roteamento para o caso melhor usando um caminho mais caro, mas podendo ser o mais rápido

FEC1	LSP1	Label1
FEC2	LSP2	Label2
FEC3	LSP3	Label3
FEC4	LSP4	Label4

Tabela 5.4: FEC e os seus correspondentes LSP e as etiquetas

A figura 5.6 ilustra um Label Switching Path que se pode criar usando o MPLS com vários de níveis MPLS (Subdomain MPLS ).

Os roteadores que estão fora do domínio MPLS não fazem nenhuma operação com relação ao MPLS.

Os Roteadores de Ingresso e os LSR internos fazem toda a operação da passagem dos pacotes MPLS na rede. Adicionam os cabeçalhos e fazem a troca das etiquetas no domínio MPLS.

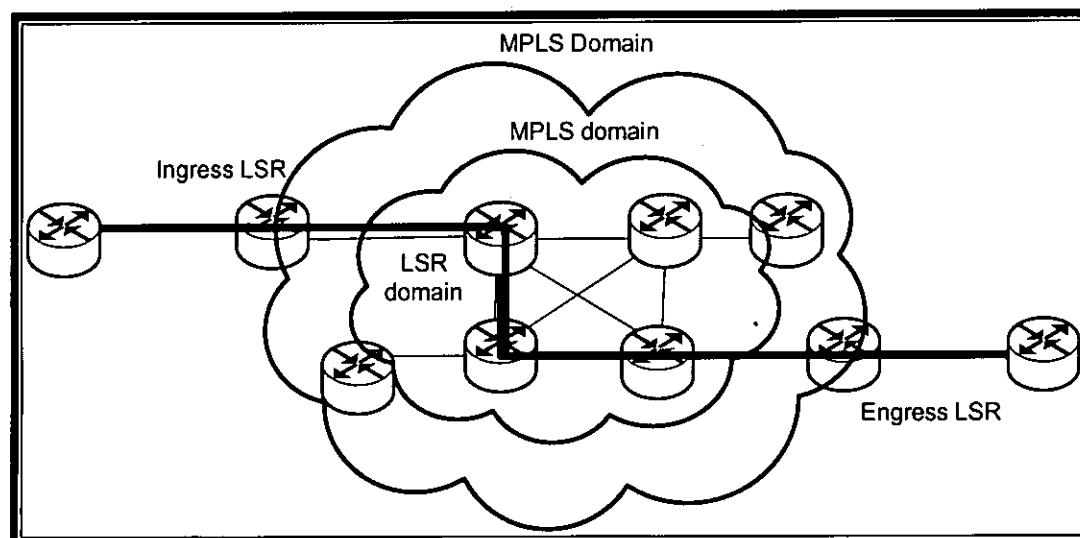


Figura 5.6: Label Switching Path

## 8. Intserv nas Redes MPLS

A implementação de *Intserv* nas redes MPLS é feita através da associação de etiquetas com os fluxos que contém as reservas feitas pelo RSVP, e sinalizada pelas mensagens de controle do RSVP. Essa implementação pode ocorrer de dois modos, porém ambas tomam como base a inclusão do objecto *label request* na mensagem *path* e do objecto *label* na mensagem *Resv* (Reservation.). Em um dos modos o protocolo de roteamento escolhe o caminho a ser estabelecido, como no roteamento convencional. No outro modo o caminho é determinado através do objecto ERO (*Explicit Routing Object*), que é incluído na mensagem *PATH*. Para as duas formas de implementação, os LSRs associam ao número do etiqueta as reservas de recursos que são transportadas nas mensagens *path* e *Resv*.

### 8.1 Diffserv nas redes MPLS

A implementação da arquitectura *Diffserv* nas redes MPLS se dá através do mapeamento do DSCP, directamente no campo Exp bits do *Shim* (*Calço*) do pacote MPLS que o contenha, ou nos campos VPI/VCI das células ATM, ou campo DLCI das redes Frame Relay. São utilizados dois métodos para a realização desse mapeamento, os quais estão sucintamente descritos a seguir :

*Método E-LSP:* Esse método consiste no mapeamento dos 3 bits mais significantes do campo DSCP dos pacotes IP em *Diffserv*, directamente nos 3 Exp bits do *Shim*. Como consequência,



somente é possível o mapeamento de 8 classes de serviço. E-LSP somente pode ser implementado em links que utilizam protocolos que existe o *Shim* para funcionamento do MPLS, e portanto não pode ser utilizado nas redes ATM e Frame Relay. É interessante salientar, que nesse método nenhum mecanismo de sinalização adicional é necessário e o mecanismo de distribuição de etiquetas é feito por protocolos utilizados normalmente pelo MPLS, tais LDP e BGP. em um único LSP, pode-se ter até 8 diferentes classes de serviço, que são multiplexadas do campo Exp bits [1]. *Método L-LSP*: Nesse método, o tratamento de QoS dado pelos LSRs aos pacotes MPLS, é inferido da etiqueta e do Exp bits para os pacotes com *Shim*, e da etiqueta e bit CLP para MPLS no módulo célula. Portanto, a fila onde é colocada o pacote, é inferida pelo LSR, exclusivamente da etiqueta, enquanto o descarte do pacote é inferido do campo Exp bits, ou bit CLP. Como o IP Precedente tem 3 bits, eles são mapeados directamente no campo Exp bits para os pacotes contendo o *Shim*, não havendo portanto prejuízo no tratamento de descarte para esses pacotes. Isto não se verifica para os pacotes no modo MPLS células, onde a classificação é feita pelo bit CLP, limitando o descarte em dois níveis. Nesse método, cada LSP transporta apenas uma classe de tráfego, ou PSC (PHB Scheduling Class), que é definido como um grupo de PHB que requer que pacotes com diferentes PHBs no grupo, não sejam desordenados, e devem utilizar o mesmo LSP. É interessante ressaltar que uma rede que suporta o método E-LSP também suporta o método L-LSP. Por outro lado, a rede que suporta o método L-LSP, pode ou não suportar o método E-LSP, estando incluídas nesse último caso, as redes ATM e Frame Relay. Os dois métodos podem, também, conviver em uma única rede. A responsabilidade por estar definindo qual dos métodos deverá ser utilizado é do LSR no ingresso da rede, de acordo com a configuração que recebe do operador.

## 9. Parâmetros de QoS

Disponibilizar QoS basicamente significa proporcionar garantias de transmissão para certos fluxos de dados. A garantia de transmissão pode ser expressa como a combinação de alguns dos seguintes parâmetros :

- **Atraso (Delay):** É o tempo necessário para um pacote ser passado do emissor, através da rede, até o receptor. Quanto maior o atraso, maiores são os problemas causados para o bom funcionamento dos protocolos de transporte, como o TCP. Algumas aplicações exigem o cumprimento de níveis máximos de retardo para funcionar adequadamente (vídeo e áudio, por exemplo).

- **Variação do atraso (jitter):** É a variação no atraso fim-a-fim. Mesmo com níveis de retardo dentro dos limites aceitáveis, variações acentuadas do retardo podem ter efeitos negativos na qualidade do serviço oferecido a algumas aplicações.

- **Largura de banda (bandwidth):** É a taxa de transmissão de dados máximos que pode ser sustentada entre dois pontos finais. Além dos limites físicos (tecnologia utilizada) a largura de banda é limitada também pela quantidade de fluxos que compartilham a utilização de determinados componentes da rede.

**Confiabilidade (Confiability):** Como uma propriedade dos sistemas de transmissão, pode ser vista como a taxa de erros do meio físico. Na Internet, no entanto, protocolos como o TCP consideram que menos de 1% das perdas de pacotes tem causas físicas. O principal componente para expressar a confiabilidade, é o roteamento, que pode atrasar os pacotes, alterar a sua ordem ou mesmo descartá-los quando as filas estão cheias.

Um serviço com qualidade pode ser visto como aquele que provê baixo atraso e variação do atraso, grande quantidade de banda e muita confiabilidade. Quando se refere a QoS na Internet, no entanto, a questão diz respeito à diferenciação e uma ou mais dessas quatro métricas básicas de qualidade para uma determinada categoria de tráfego. O serviço oferecido pela Internet é justo para com todos os usuários, mas o que se quer, na realidade, é introduzir uma boa dose de injustiça, a fim de beneficiar usuários ou aplicações que desejam ou podem pagar por serviços de Qualidade de serviço (QoS) é algo difícil de definir. Em geral, assume significados diferentes para pessoas distintas. Para a ISO, QoS é definida como o efeito colectivo do desempenho de um serviço, o qual determina o grau de satisfação de um usuário

do serviço. Essa definição é bastante genérica e deve ser melhor definida para o problema específico que se deseja tratar. No caso de aplicações multimídia alguns parâmetros de QoS podem possuir um componente subjectivo, já que a qualidade de áudio e vídeo está relacionada com a percepção dos usuários, que é uma medida variável. Em um sistema multimídia distribuído a qualidade de serviço pode ser definida a representação do conjunto de características qualitativas e quantitativas de um sistema multimídia distribuído, necessário para alcançar a funcionalidade de uma aplicação

### **9.1 Engenharia de tráfego (ET)**

Engenharia de Tráfego (ET) é o processo de arranjar como o tráfego flui através da rede para que congestionamentos causados pela utilização desigual da rede possam ser evitados. A Engenharia de Tráfego é direccionada à optimização de desempenho de redes operacionais. Em geral, ela engloba a aplicação de princípios tecnológicos e científicos para medir, modelar, caracterizar e controlar o tráfego na Internet e a aplicação dessas técnicas e conhecimentos para atingir determinados objectivos de desempenho. Um objectivo central da Engenharia de Tráfego na Internet/rede é facilitar a operação eficiente e confiável da rede enquanto que ao mesmo tempo optimiza a sua utilização e desempenho. A Engenharia de Tráfego já é actualmente uma função indispensável em grandes redes por causa do custo alto dos equipamentos e da natureza comercial e competitiva da Internet. Como altera o fluxo normal dos pacotes, ela pode ser utilizada para atender a requisitos de QoS de determinados fluxos de dados. Os objectivos de desempenho da Engenharia de Tráfego podem ser classificados como[1]:

Orientados a tráfego: incluem os aspectos relacionados à manutenção das garantias de QoS dos fluxos de dados (ou agregações de fluxos).

Orientados a recursos. estão relacionados à optimização dos recursos da rede, como impedir que certas partes da rede se tornem congestionadas, enquanto outras permaneçam com recursos ociosos.

A Engenharia de Tráfego pode ser feita manualmente, ou usando algum tipo de técnica automatizada, usando inclusive MPLS e/ou roteamento com QoS para descobrir e fixar os caminhos mais adequados a determinadas agregações de fluxos dentro da rede. Neste

trabalho, alterei o processo de encaminhamento dos pacotes em um roteador para direccionar fluxos para os caminhos mais adequados da rede. A configuração dos parâmetros é manual, mas pode também ser realizada automaticamente, através de Roteamento com QoS. Além disso, os roteadores no caminho precisam consultar sua tabela de roteamento para encaminharem os pacotes. Isso poderia ser evitado, fixando os caminhos com MPLS para os roteadores encaminharem os pacotes baseados em comutação de etiquetas.

O roteamento dinâmico convencional foi desenhado para ser imune a falhas na rede. Parâmetros como contagem de nós têm sido usados para assegurar o melhor caminho pela rede. Entretanto, a necessidade de controlar os padrões de tráfego pela rede passou a ser crucial para as operadoras. MPLS provê roteamento explícito, possibilitando o direcionamento do tráfego por uma rota diferente daquela que seria escolhida pelo roteamento IP.

Os dois protocolos que fornecem ao MPLS a habilidade de policiar o tráfego e controlar a carga são o RSVP-TE e o CR-LDP.

#### **9.1.1 RSVP-TE (Resource Reservation Protocol-Traffic Engineer)**

O conceito do processo de estabelecimento de uma chamada, onde os recursos são reservados antes do estabelecimento da mesma, remonta ao passado da sinalização de telefonia. Esse conceito foi adaptado para redes de dados quando a QoS é importante.

Um método inicial desenvolvido pelo IETF em 1997, chamado de protocolo de reserva de recursos (RSVP), foi feito para esta função. O protocolo foi criado para solicitar a banda necessária e condições de tráfego necessário em um caminho definido. Se a banda estivesse disponível nas condições desejadas, o enlace era estabelecido. Para tanto, o tráfego era classificado em três níveis: carga garantida, carga controlada e carga possível.

Este protocolo, adicionado a capacidade para acomodar a engenharia de tráfego MPLS, é chamado de RSVP-TE. Abaixo vemos como um caminho é estabelecido entre duas máquinas. A mensagem é recebida e uma mensagem de reserva, reservando a banda na rede, é mandada de volta à estação alvo. Após a primeira mensagem de reserva ser recebida, os dados podem fluir em caminhos específicos de fim a fim. Este tipo de estabelecimento é

chamado de “soft state”, pois a chamada será derrubada se não houver uma actualização respeitando temporizadores.

### **9.1.2 CR-LDP (Constraint Routing-Label distributing protocol)**

Com o CR-LDP, modificações foram feitas ao protocolo LDP para permitir especificações de tráfego. Esse protocolo adiciona campos ao LDP. Eles são chamados de taxas de dados de pico, comprometido e de excesso, muito similar ao usado em redes ATM.

O estabelecimento de chamada é um processo bem simples: uma requisição e um mapeamento. Diferentemente do protocolo RSVP-TE, o CR-LDP mantém o caminho uma vez estabelecido até que uma requisição explícita seja feita.

## **9.2 MPLS Generalizado (Generalized MPLS)**

Talvez, um dos mais importantes avanços na evolução do MPLS seja a extensão e generalização do plano de controle de tráfego para servir como plano de controle para outros tipos de redes de transporte, incluindo redes TDM e ópticas. Esse esforço tem sido chamado pelo IETF de GMPLS.

O GMPLS “é um conjunto de protocolos do plano de controle que provê uma semântica consistente e uniforme para sinalização, roteamento e gerenciamento de enlace”.

Os pesquisadores de MPLS provaram que uma etiqueta poderia mapear uma cor em um espectro e que pacotes MPLS poderiam ser ligações directamente a uma rede óptica. Eles chamaram a esse processo de MPLS (Multi Protocolo Lambda Switch). Continuando as pesquisas, foi descoberto que, para ter uma rede verdadeiramente dinâmica, um método para controle total da rede dentro do centro óptico seria necessário. Surgiu, então, o conceito de rede óptica inteligente.

O MPLS poderia fazer esse trabalho, mas como era específico para redes IP, seus protocolos deveriam ser modificados para “conversar” com equipamentos de telecomunicações. Daí o surgimento do GMPLS. Abaixo vemos uma rede com protocolo IP de fim a fim, MPLS de LER a LER e GMPLS do centro da rede.

## 10. UEM

A Universidade Eduardo Mondlane é uma instituição do ensino superior, público que tem se empenhado em ser uma instituição de excelência no contexto da educação, da ciência, da cultura e da tecnologia, educando para a vida os profissionais que capacita e assumindo responsabilidades no processo de inovação e transferência de conhecimento e no desenvolvimento sustentado.

A UEM é a maior Universidade do país, sediado na cidade de Maputo, com cerca de 12 faculdades, e ainda com cerca de 2800 funcionários e 13000 estudantes.

Fazem parte desta Universidade O Campus Universitário, Reitoria, O Campus das Engenharias, e outras faculdades que fisicamente se localizam fora do Campus principal, como a faculdade de Arquitectura, Faculdade de Medicina, Faculdade de Veterinária, Faculdade de Direito.

Para além das unidades académicas a UEM possui outras instituições subordinados tais como AHM, MHN, MM, FUEM, DSS, 8 residências Universitárias, Instituto superior de Hotelaria e Turismo em Imhabane, estações na Beira, Manica e Ilha de Inhaca.

O CIUEM (Centro de Informática da Universidade Eduardo Mondlane) é a instituição, dentro da Universidade que vela pelas comunicações, sistemas de informação e providencia alguns serviços aos funcionários da UEM, estudantes e alguns particulares. Os serviços disponibilizados são o acesso a Internet, Web browsing, E-mails, DNS, Webmail, Sistemas de informação e desenho de redes assim como instalação de redes.

Existe na UEM redes Locais (LANs) que interligam PCs e outros dispositivos como servidores ao, nível local para a partilha de recursos e informação. Estas redes locais estão por sua vez interligadas através de numa rede sem fio (wireless), o que constitui assim a rede global da UEM (MAN) como é ilustrada na figura 9. 8, Com algumas localizações dentro do campus universitário e outros locais nos pontos mais altos da cidade.

Os pontos mais altos devem possibilitar um raio de visão se interrupções ou obstáculo até ao ponto desejado.

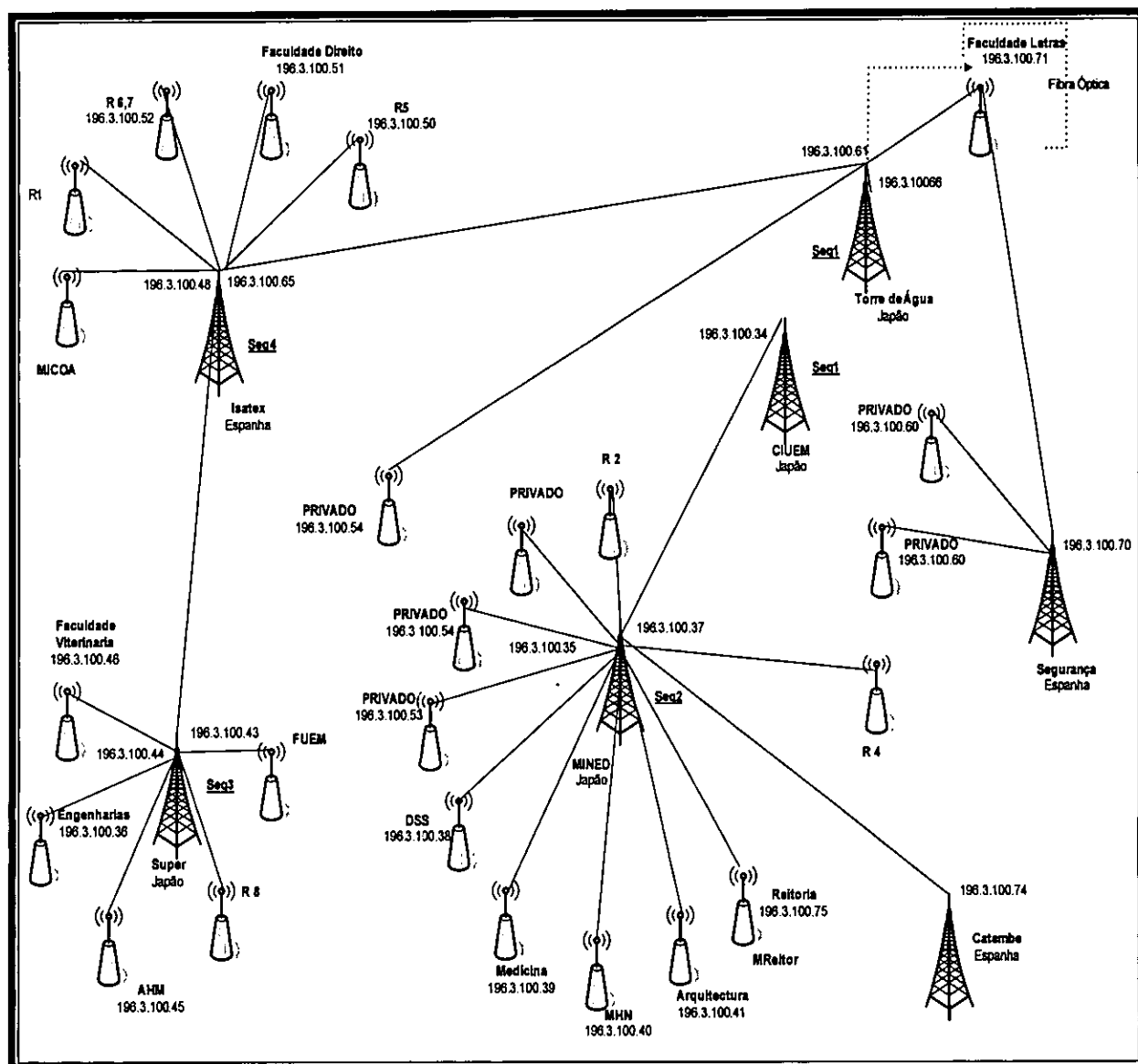


Figura 9.1: Rede Global da UEM

A rede global que inclui a Reitoria, o campus Universitário e o campus das Engenharias.

Um aspecto positivo para a UEM foi a instalação da infra estruturas de fibra óptica no campus principal, e na faculdade de engenharias. Este tipo de investimento é muito importante para locais como estes, em que existe uma grande concentração de utilizadores de serviços na rede da UEM, principalmente pelo factor largura de banda, administração centralizada, e escalabilidade.

Encontra-se no anexo C as estrutura das redes de fibra óptica no campus principal e nas Engenharias.

## **10.1 Modelo de Implementação da rede MPLS na UEM**

### **10.1.2 Funcionamento da rede**

Neste capítulo passa-se a apresentar um modelo conceptual de uma solução MPLS para UEM. O modelo irá ilustrar como será possível incorporar alguns elementos na rede existente de modo a transforma-la numa rede MPLS e permitir que seja possível o roteamento e encaminhamento dos pacotes usando as etiquetas.

O modelo de implementação da rede MPLS na UEM observará duas etapas mais importantes :

A primeira etapa será o estudo geral da estrutura da rede da UEM e identificar as posições dos routers na rede.

A segunda, é identificar a natureza de tráfego e as aplicações que correm na rede do backbone.

### **10.1.3 Rede Actual**

A rede actual da UEM é baseada em IP e os roteadores usados precisam de desemcapsular o pacote desde a camada de dados até a camada de rede, verificar o endereço de destino e voltar a encapsular o pacote até ao nível de dados e envia-lo no nível físico. Em termos de tempo leva esse processo alguns milisegundos. E isso é feito a cada roteador que é encontrado na rota do caminho a seguir. A figura 9.2 ilustra a rede actual da UEM tendo em conta os locais onde vai ser implementado o modelo.

Temos um roteador principal na rede global da UEM, que distribui o sinal nas restantes faculdades e serviços. A distribuição do sinal é através das ondas de rádio (Wireless Network). As faculdade fora do campus possuem uma antena de rádio que capta o sinal e depois passa por um dispositivo que converte o sinal de frequência de RF para para o sinal digital no cabo UTP ou cabo de fibra Optica, e depois dirige-se para o HUB onde é distribuido na LAN existente na faculdade.



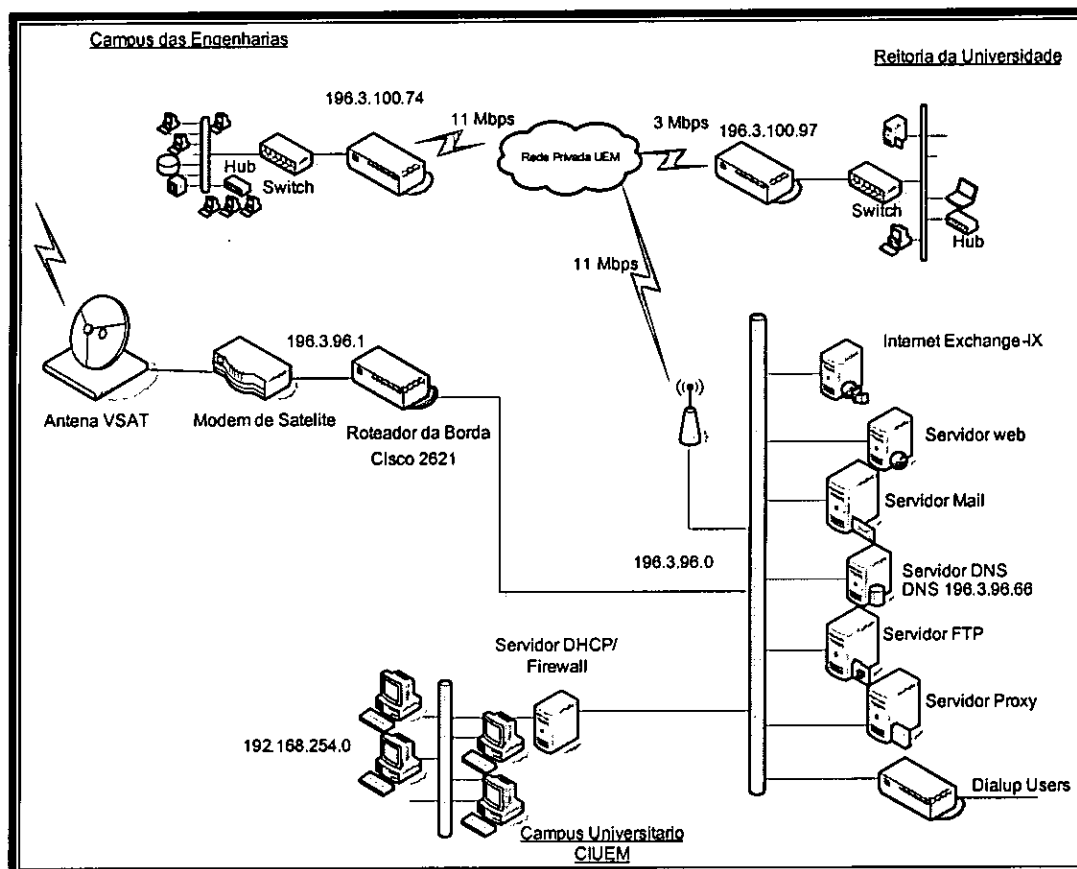


Figura 9.2: Rede actual da UEM

O objectivo principal é criar um modelo com capacidades MPLS e que seja viável para a UEM.

A fig 9.3 apresenta o modelo de rede MPLS por nós proposto.

O modelo apresentado tem roteadores com MPLS em 3 locais principais, A Reitoria, o Campus principal e as Engenharias. É importante salientar que no roteador da borda não é necessário termos um roteador MPLS pois estaria entre duas redes IP, assim não há necessidade de criar etiquetas.

A necessidade de criar domínio MPLS (UEM) é por motivos de haver possíveis rotas para diferentes locais, com MPLS as rotas serão limitadas.

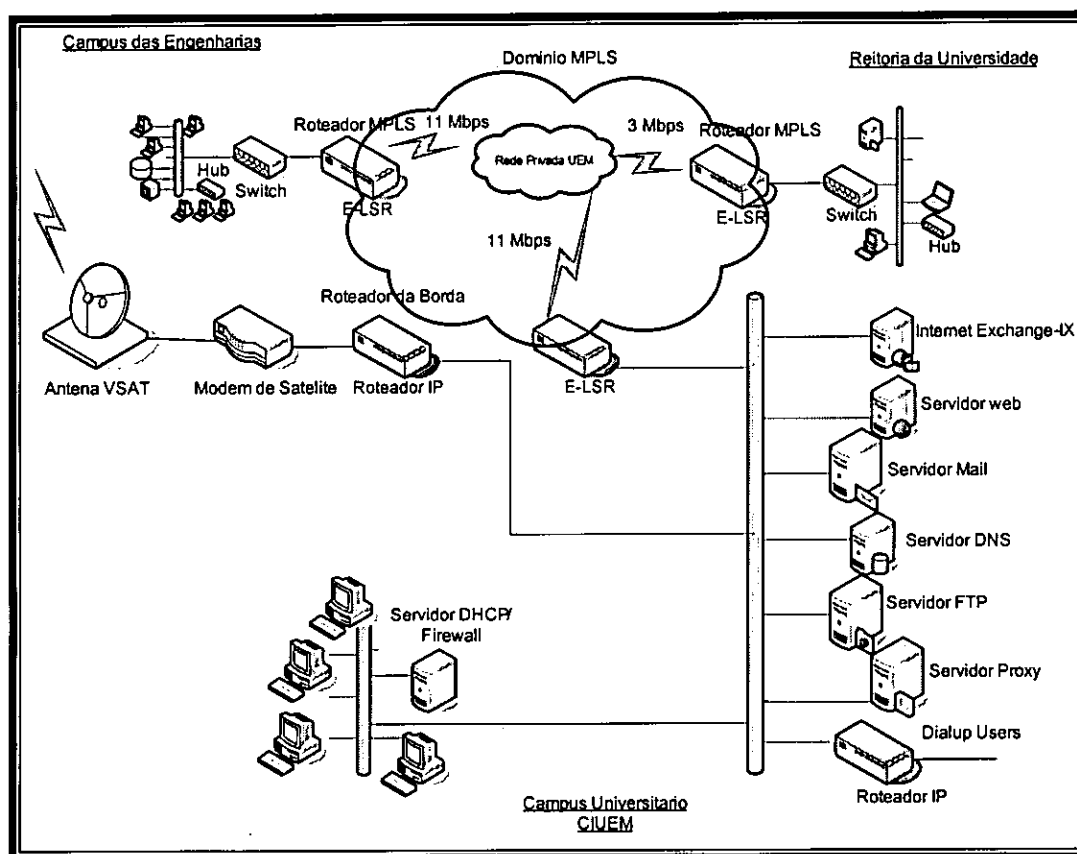


Figura 9.3: Modelo de rede MPLS

#### 10.1.4 Instalação e configuração do MPLS na UEM

##### Configuração do MPLS no Red Hat ver 9 na plataforma LINUX

Para a implementação do MPLS na plataforma LINUX é preciso inicialmente fazer o download da versão mais recente *do LINUX Kernel que suporta o MPLS* e colocá-lo no directório do **user e source (usr/src)**, neste caso recomenda que seja a partir da versão Kernel 2.6.x em diante pois possui características de Multicast, IPV6 e VOIP.

A versão que uso nesta configuração é 2.6.8. Esta, disponível no site [<http://www.kernel.org/v.2.6>].

Após o download é preciso obter MPLS-LINUX que pode ser obtido no site [<http://prdownloads.sourceforge.net/mpls-linux>], e ainda pode ser obtido noutro site relacionado, [<http://www.sourceforge.net/projects/mpls-linux>], com a versão 1.992, que é a

base para activação da características do MPLS, e o mplsadm, que faz a administração dos comandos do MPLS para o Kernel.

I. Como root e na linha de comando [ #], entramos no directório user e source

```
root@localdomain:~# cd /usr/src
```

```
root@localdomain:/usr/src #
```

II. Depois, descomprimos o kernel, neste caso o Kernel a usar é 2.6.8.tar.gz

```
root@localdomain:/usr/src # tar -zxvf linux-2.4.20.tar.gz
```

III. descomprimos o mpls-linux-1.992.tar.gz

```
root@localdomain:/usr/src# tar -zxvf mpls-linux-1.992.tar.gz
```

IV. Mudar de directório para O LINUX kernel 2.6.8

```
root@localdomain:/usr/src# cd linux 2.6.8
```

V. No directório Linux 2.6.8 é necessário fazer uma remenda ou Patch do Linux kernel 2.6.8 para suportar características do MPLS pois o kernel 2.6.8 não possui essas características por difeito.

```
root@localdomain:/usr/src/linux 2.4.20# patch -p1 <../mpls-linux-1.992/patches/linux-  
kernel.diff
```

*É necessário que este patch seja bem sucedido pois é através deste que as características MPLS que necessitamos estarão incluídos no Kernel 2.6.8*

VI. configura-se o linux Kernel 2.6.8 para Activar o MPLS (as seguintes opções):

```
root@localdomain:/usr/src/linux 2.4.20# make menuconfig
```

-No "Code maturity level options":

a) Activar " Prompt for development and/ or incomplete code/drivers" [y]

-No "Networking options"

a) Activar "Kernel/user netlink socket". [y]

b) Activar "routing Messagens"[y]

c) Activar "Multi-Protocol Label switching"[y]

VII. Pode ser feito outra configuração como a activação do Multicast VOIP se for necessário o seu uso.

VIII. Compila-se cria-se dependências e Instala-se o kernel:

```
root@localdomain:/usr/src/linux 2.4.20 # make dep; make clean;
```

IX. E finalmente faz -se o Reboot:

```
root@localdomain# shutdown -r now
```

X. Instalação de utilitários do MPLS

X.I Mudar de directório para mpls-linux-1.922/utis

```
root@localdomain:/usr/src/#cd mpls-linux-1.922/utis
```

X.II

c Compila e instala o mplsadm

```
root@localdomain:/usr/src/mpls-linux-1.922/utis# make
```

```
root@localdomain:/usr/src/mpls-linux-1.922/utis# make install
```

Neste momento pode se fazer as configurações dos roteadores. A figura XX ilustra a disposição dos roteadores com MPLS na rede da UEM

As configurações serão estáticas .Neste exemplo usa-se os IP seguintes

Engenharias 192.168.10.0

Reitoria 192.168.12.0

Campus UEM 196.3.96.0 subnetmask 255.255.255.0 default gateway 196.3.96.1

**Configuração do LSR1** (Router MPLS localizado na Reitoria)

Os pacotes IP que ingressam no E-LSR1(localizado na reitoria) destinados a rede do CIUEM (E-LSR2) são etiquetados com o label 50 (PUSH, pacotes recebidos pelo E-LSR1( roteador da Reitoria ) com o label 60 são processados no nível IP, após retirada da etiqueta POP(60), e neste caso envia-se para a rede 192.168.12.0 (rede da Reitoria).

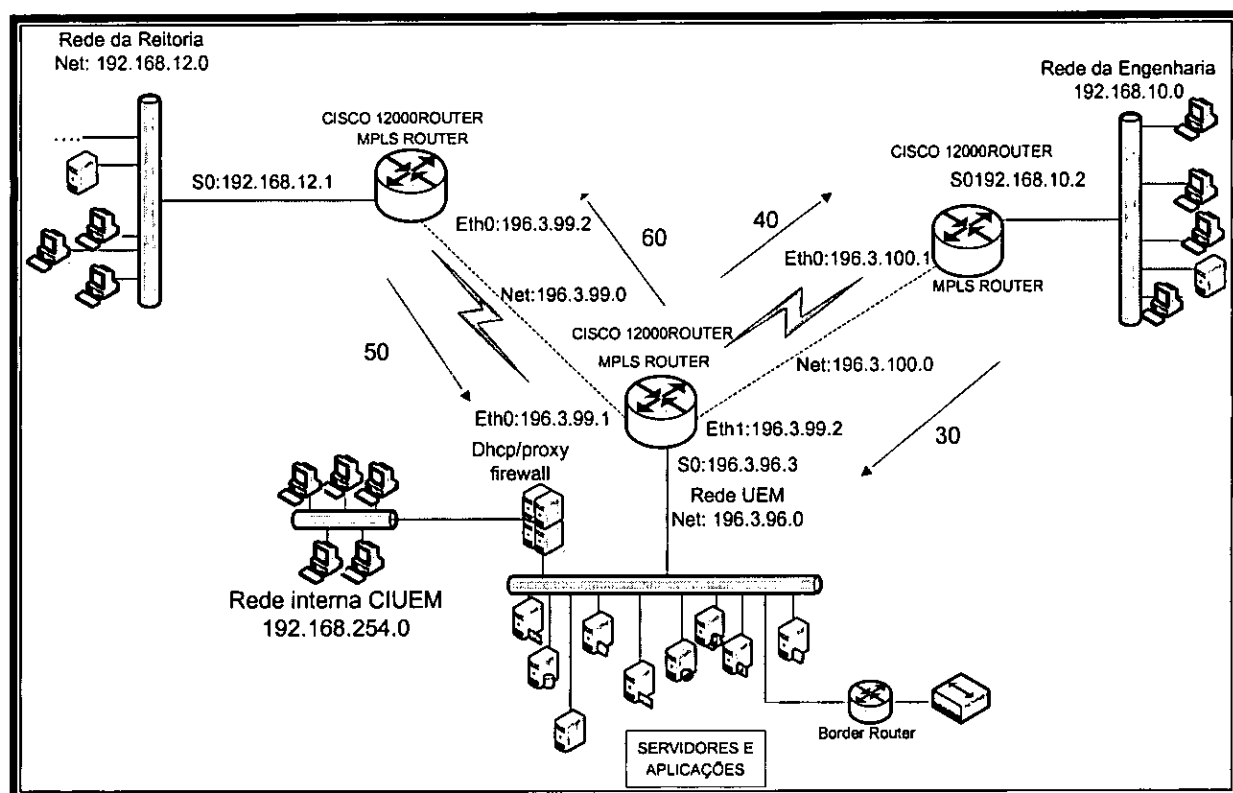


Figura 9.4: Modelo de configuração

Configuração:(Começo do script)

```
#assign label space eth0
#
mplsadm -v -l eth0:0
mplsadm -v -l eth1:0
#explicitamente adicionar uma rota para dizer que E-LSR1(rede da reitoria) sabe da rede
CIUEM 196.3. 96.0
route add 196.3.96.0 gw 196.3.99.1
# explicitamente adicionar GEN MPLS labels
# se haver um pacote com proveniencia 192.168.12.0 saindo do interface eth0 (196.3.99.2)
etiqueta lhe o label 50; use 196.3.99.2 como o proximo salto.
# Neste caso originamos os labels 30 e 50;
mplsadm -v -A -B -O gen:50:eth0:IPV4:196.3.96.0 -f 196.3.99.2
```

#se haver um pacote com label 60, retire (POP) o label e redireciona para o nível do IP, neste caso terminamos o label 60

```
mplsadm -v -A -I gen:60:0
```

---

(Fim do Script)

### **Configuração do LSR 2**(Roteador MPLS localizado na UEM)

Os pacotes IP que ingressam no E-LSR2(rooteador MPLS do CIUEM) destinados a rede 192.168.10.0 são etiquetados com o label 60 (PUSH), pacotes recebidos pelo E-LSR2 com o label 50 são processados no nível IP, após retirada da etiqueta POP, e neste caso envia-se para a rede 196.3.96.0, assim como pacotes com etiqueta 40 provenientes da rede das engenharias

---

Configuração:(Começo do script)

```
#Assign label space eth0
```

```
#
```

```
mplsadm -v -l eth0:0
```

```
mplsadm -v -l eth1:0
```

```
mplsadm -v -l eth2:0
```

explicitamente adicionar uma rota para dizer que E-LSR2 (rede UEM 196.3.96.0) sabe da Existência da rede das Engenharias e Reitoria

```
route add 192168.10.0 gw 196.3.99.2
```

```
route add 192.168.12.0 gw 196.3.100.1
```

```
# explicitamente adicionar GEN MPLS labels
```

```
# se haver um pacote com proveniencia 196.3.96.0 saindo do interface eth0 etiqueta lhe o label 60; use 196.3.99.2 como o proximo salto.
```

```
#Se haver um pacote com proveniência 196.3.96.0 saindo do interface eth2 etiqueta lhe o label 30; use eth2 196.3.100.1como próximo salto.
```

```
# Neste caso originamos os labels 60 e 30;
```

```
mplsadm -v -A -B -O gen:60:eth1:IPV4:192.168.10.0 -f 196.3.99.1
```

```
mplsadm -v -A -B -O gen:30:eth2:IPV4:192.16810.0 -f 196.3.100.1
```

#se haver um pacote com label 50, retire (POP) o label e redireciona para o nível do IP, neste caso terminamos o label 50 e 40;

```
mplsadm -v -A -I gen:50:0
```

```
mplsadm -v -A -I gen:40:0
```

---

(Fim do Script)

### Configuração do LSR3( Engenharias)

Os pacotes IP que ingressam no E-LSR3(Roteador localizado nas Engenharias) destinados a rede UEM 196.3.96.0 são etiquetados com o label 40 (PUSH), pacotes recebidos pelo E-LSR3 com o label 30 são processados no nível IP, após retirada da etiqueta POP, e neste caso envia-se para a rede 192.168.10.0.

---

Configuração:(Começo do script)

```
#Assign label space eth0
```

```
#
```

```
mplsadm -v -l eth0:0
```

```
mplsadm -v -l eth2:0
```

explicitamente adicionar uma rota para dizer que E-LSR3 sabe da rede 196.3.96.0

```
route add 196.3.96.0 gw 196.3.99.2
```

```
# explicitamente adicionar GEN MPLS labels
```

```
# se haver um pacote com proveniencia Engenharias saindo do interface eth0 etiqueta lhe o label 40; use 196.3.99.2 como o proximo salto.
```

```
# Neste caso originamos os labels 40 ;
```

```
mplsadm -v -A -B -O gen:40:eth2:IPV4:196.3.96.0 -f 196.3.99.2
```

```
#se haver um pacote com label 40, retire (POP) o label e redireciona para o nível do IP, neste caso terminamos o label 40;
```

```
mplsadm -v -A -I gen:40:0
```

---

(Fim do Script)

### Configuração no roteador da CISCO

A configuração que apresentada é de um router 7500 da Cisco, É possível termos em todo o local este equipamento de modo a considerar-mos também como um LSR.

É necessário que esteja familiarizado com os comandos de configuração dos roteadores da Cisco para que a configuração não seja fácil.

1. É necessário que o MPLS\_Router esteja ligado através da consola para ser configurado.

Após a entrada na Janela do Usuário entra no usuário prevelegiado através do :

```
Mpls_router> enable
```

```
Mpls_router>password ***** (introdução do Password)
```

Entrar no Modo de configuração Global

```
Mpls_router# configure terminal
```

```
Mpls_router(config)# ip cef distributed
```

```
Mpls_router(config)# tag-switch advertise-tags
```

```
Mpls_router(config)# interface ip (ip do roteador a configurar)
```

```
Mpls_router(config)#Exit
```

O MPLS neste caso encontra-se já está activado num roteador da Cisco. A gestão dos label é feito pelo IOS do router.

Para a configuração do LINUX na plataforma **FREEBSD** é necessário fazer o dawnload de um software NIST SWITCH que implementa o label switching.

A Análise dos frames no modelo/na simulação [Anexo B] aqui descrita, foi feita através do utilitário Ethereal disponível no site [[www.sourceforge.net/ethereal](http://www.sourceforge.net/ethereal)] para a análise do tráfego no roteador durante a sua passagem de uma rede para outras.

A disposição do conteúdo não é muito diferente com o conteúdo disponibilizado por um roteador a correr no Linux(como o zebra).

A característica mais adicionada é o campo Tag que disponibiliza o número da etiqueta atribuído a um determinado pacote de uma aplicação, por exemplo, Ping, Telnet Web, etc.



### 10.1.5 Análise dos Custos da implementação da tecnologia MPLS

Antes de se implementar o MPLS para UEM, é necessário avaliar o investimento e os benefícios que advirão do seu uso.

Esse exercício deve responder a questões como: qual é o benefício que a UEM ganhara com a implementação de MPLS, como se pode sustentar a rede MPLS depois da implementação.

Para melhor gerir incompatibilidades, apresenta-se aqui equipamentos de um único fabricante mas podem existirem equipamentos de outros fabricantes.

A tabela 9.1 apresenta um roteador e um router/switch e os valores em dólares americanos.

Cisco 2600 series router	\$2.500
Router 100 MBps 10 Base T fast Ethernet connection	
Cisco RSP7000 route switch processor	\$2.700

Tabela 9.1 :Preçário dos equipamentos

É importante salientar que cada local deve posuir uma unidade acima descrita. Para se conhecer o total a investir em cada local, será necessário ter a informação completa sobre o local específico.

A análise abrange 3 locais, nomeadamente a faculdade das Engenharias, Reitoria, e o Campus Principal.

Para isso determina-se o número de roteadores MPLS necessários para esses locais, sendo quatro roteadores no Campus Principal , um router para as Engenharias e outro para a Reitoria.

A tabela 9.2 mostra os valores do investimento necessário em dólares americanos

Item	Qtd	Descrição	Custo Unitário	Custo Total
1	3	CiscoRSP7000 routerswitchprocessor	\$2.700	\$8.100
2	3	Cisco Router 2600	\$2.500	\$7.500

*Figura 9.2 : Investimento em dólares [extraído do site [www.bizrate.com](http://www.bizrate.com)]*

O retorno da implementação seria em termos de serviços disponibilizados aos utentes e a qualidade do serviço, que será de maior qualidade em relação ao actual.

E de salientar que nesta análise se selecciona 3 locais por questões de simplificação de apresentação e explicação, mas deve-se assumir que em todos os outros locais se poderia fazer o mesmo.

## 11. Conclusões e Recomendações

Após ter se efectuado o estudo e simulação da rede MPLS, observou-se que o MPLS oferece múltiplas vantagens sobre soluções anteriores, permitindo suportar infra-estrutura de rede com capacidade de integração e diferenciação de serviços, o que a rede actual da UEM não oferece.

Com a introdução do VoIP (Voice over IP) na UEM existe uma necessidade de classificar o tráfego na entrada e encaminhar de acordo com o conteúdo do pacote (voz, e-mail, etc), , recomenda-se que seja usado o MPLS pois possui essa capacidade, para além da engenharia de tráfego que faz parte desta tecnologia.

Algumas das vantagens não são exclusivas do MPLS e por outro lado, MPLS tem de ser combinado com outros mecanismos (ex: QoS) para se tirar total proveito dos seus atributos.

Um argumento forte a favor do MPLS é a combinação das seguintes propriedades.

-Escalabilidade do ponto de vista do número de nós e fluxos de tráfego

-Flexibilidade e rapidez da comutação de etiquetas, o que garante elevado desempenho da rede

-capacidade de suportar o uso de um percurso definido por critérios de engenharia de tráfego e diferenciação de serviços, essencial para provisão de QoS.

As propriedades de escalabilidade e engenharia de tráfego são importantes para a implantação do MPLS na UEM, pois permite criar infra-estrutura de elevado desempenho (elevada capacidade e pequena latência), possibilitando economias de escala, oferta de novos serviços ( ex: VPN, segregação de tráfego por CoS) e restauro rápido de rotas;

A implementação do MPLS na UEM deve ser faseada, para permitir uma avaliação do desempenho durante determinado período.

Tendo em consideração as capacidades do MPLS, recomendo que seja implementado considerado a sua implementação num backbone nacional de transporte de dados, pois com o uso de etiquetas na comutação vai conferir flexibilidade, rapidez e maior desempenho da rede.

Importa ainda referir que o MPLS está implementado em aplicações *opensource* pelo que se usar a plataforma Linux que possui capacidade para suportar o MPLS e mais tarde pode se adquirir roteadores com MPLS como no caso do roteadores da *CISCO* ou *JUNIPER* que já incorpora a tecnologia MPLS.

A maior dificuldade na configuração do MPLS está relacionada com o conhecimento de LINUX para administração de redes, pois deve se alterar algumas configurações no *Kernel* e adicionar alguns *patches*.

### 11.1 Benefícios para a Instituição (UEM)

O resultado deste trabalho é importante para a UEM porque a mesma pretende implementar o MPLS no futuro caso o estudo se mostre apropriado para a UEM. Ao usar o MPLS encontra-se o caminho certo para garantir elevado desempenho da rede através do uso das etiquetas.

A engenharia de tráfego é um dos factores mais importantes pois possibilita a escolha de rotas de acordo com a congestão nas rotas com maior tráfego.

O MPLS permitirá o roteamento de tráfego de acordo com a sua natureza, isto é, pode ser configurado de tal modo a comutar primeiro o tráfego de vídeo e voz (Multimédia) antes do tráfego que não é sensível ao atraso ou congestionamento, tal como o tráfego de E-mail, paginas de web, FTP, etc.

### 11.2 Benefícios para o estudante

O estudante desenvolveu durante este trabalho capacidades e competências no que diz respeito aos conceitos de redes de computadores. Mas especificamente em conceitos relacionados com a tecnologia MPLS, que hoje é considerado como um novo marco tecnológico no encaminhamento e roteamento de pacotes em redes IP, conhece ainda melhor os mecanismos de funcionamento do MPLS de forma que possa desenhar e implementar esta tecnologia em qualquer instituição. Este estudo vai trazer vantagens no futuro uma vez que o MPLS é uma tecnologia em desenvolvimento e do futuro.

## 12. Glossário

<b>ATM</b>	Asynchronous Transfer Mode-Modo de Transmissão Assíncronica baseado na comutação de células de tamanho fixo
<b>AHM</b>	Arquivo Histórico de Moçambique
<b>ARPA</b>	Advanced Research Project Agency
<b>BACKBONE</b>	Segmento principal de uma rede
<b>BGP</b>	Border Gateway Protocol- Protocolo de roteamento entre domínios diferentes
<b>CEP</b>	Código de Endereço Postal (Brasil)
<b>CIUEM</b>	Centro de Informática da UEM
<b>CPU</b>	Unidade de processamento Central
<b>CRC</b>	Cyclic Redundancy Check-Procura de redundância Cíclica
<b>CR-LDP</b>	Constrained Route- Label Switching Path
<b>DIFFSERV</b>	Serviços diferenciados
<b>DLCI</b>	Data Link Connection identifier-identificador da conexão de dados-Frame Relay
<b>DNS</b>	Servidor de nomes de domínio Próprio
<b>DOD</b>	Departamento de defesa dos EUA
<b>DRA</b>	Direcção dos Recursos Humanos
<b>DSCP</b>	Differentiated Service Code Point
<b>DSS</b>	Direcção dos serviços Sociais
<b>EMUNET</b>	Rede da Universidade Eduardo Mondlane
<b>ERO</b>	Explicit Routing Object-Objecto de roteamento Explícito
<b>EXP</b>	Campo Experimental (COS)- Classe de Serviço
<b>FEC</b>	Forwarding equivalence Class-Grupo de pacotes tratados de forma similar em uma rede
<b>RF</b>	Frequência de rádio
<b>FTP</b>	Protocolo de transferência de ficheiros
<b>FUEM</b>	Fundo da UEM
<b>GMPLS</b>	General MPLS
<b>GSMP</b>	General Switch Management Protocol
<b>IETF</b>	Internet Engineering Task Force- Organização que provê a coordenação dos padrões e especificações para o

	desenvolvimento de redes TCP/IP
<b>IFMP</b>	Ipsilon Flow Management Protocol-Baseado no Ipsilon
<b>INTSERV</b>	Serviço Integrado-Garantia na entrega dos pacotes
<b>IP</b>	Internet Protocolo-. Protocolo de camada 3 utilizado na Internet
<b>IPTV</b>	Televisão sibre o Internet Protocol
<b>IPX</b>	Internet Protocol Exchange
<b>IS-IS</b>	Intermediate System Intermediate System
<b>ISO/OSI</b>	International Standarzation Organization/ Open System Interconnection
<b>Label</b>	Etiqueta
<b>LANs</b>	Rede Local-LANs são redes de dados com velocidade considerável, baixa taxa de erros de transmissão, conectando servidores, estações, periféricos, terminais e outros dispositivos em uma área geograficamente limitada.
<b>LDP</b>	Protocolo de distribuição de etiquetas-
<b>LER</b>	Label Edge Router- Roteador de borda por rótulo
<b>LFIB</b>	Label forwarding information Base
<b>LSP</b>	Label switching Path
<b>LSR</b>	Label switching Router-. Roteador por rótulo
<b>MAN</b>	Rede Metropolitana
<b>MHN</b>	Museu de História Nacional
<b>MPLS</b>	Multiprotocolo Label switching-Multi protocollo de comunicação usando etiquetas
<b>mplsadm</b>	Administrador do MPLS
<b>MPLS-LINUX</b>	MPLS sobre o LINX
<b>NEXT HOP</b>	Próximo salto
<b>NFS</b>	Network file system
<b>OSPF-TE</b>	Open shortest path first with traffic engeneering-. Protocolo de Caminho mais Curso com suporte a engenharia de tráfego
<b>PHB</b>	Per hop behaviour
<b>PIM</b>	Protocol Independent Multicast
<b>POP</b>	Retirar a etiqueta
<b>PUSH</b>	Inserir a etiqueta
<b>QoS</b>	Qualidade de serviço
<b>REQUEST</b>	Pedido de etiqueta
<b>RESERVATION</b>	Reserva de uma etiqueta

<b>RFC</b>	Request for comments
<b>RIP</b>	Routing Information Protocol
<b>RSVP-TE</b>	Resource Reservation Setup Protocol with Traffic Engineering-Protocolo de Configuração com Reserva de Recursos com suporte a engenharia de tráfego.
<b>SHIM</b>	Calço-Calço Inserico no Pacote de dados
<b>SMTP</b>	Simple Mail Transfer Protocol
<b>SNA</b>	System Network Architecture-Arquitetura do Sistema de rede-é a arquitetura para acesso de grande número de nós secundários (terminais, impressoras, micros) a um número pequeno de nós principais (mainframes). -
<b>SNMP</b>	Simple Network Management Protocol- é um protocolo de gerenciamento de redes simples, responsável pela troca de mensagens entre os programas gerenciadores e os agentes.
<b>TCP</b>	Protocolo de transmissão de dados da camada 4 do modelo OSI
<b>TELNET</b>	Comando de Acesso Remoto a um Roteador
<b>ToS</b>	Type of service-Tipo de serviço
<b>TTL</b>	Time to Leave- Campo geralmente utilizado no cabeçalho de protocolos nível 3. Serve para limitar o número de roteadores pelos quais um pacote pode passar. Normalmente recebe um valor inicial na origem e é decrementado a cada encaminhamento, caso atinja valor nulo, é descartado.
<b>UDP</b>	User datagram Protocol-Hello
<b>UNI</b>	User Network Interface-Interface de rede do usuário.
<b>UTP</b>	Cabo de Par traçado não blindado (unshielded twisted pair)
<b>UEM</b>	Universidade Eduardo Mondlane
<b>VCI/VPI</b>	Virtual Connection Interface/Virtual Path Interface
<b>VOIP</b>	Voz sobre Internet Protocol
<b>VPN</b>	Virtual private network-Rede Privada

### 13. Bibliografia

#### 13.1 Literatura:

[A]. Cisco System et. al Internetworking Technologies Handbook, 2<sup>nd</sup> edition, Cisco press, USA ISBN 1-58705-001-3 pp 1077, 2001.

[B]. Hunt, Craig, TCP/IP Network administration, 2<sup>nd</sup> Edition, O'REILLY & associate inc, USA, pp 612., 1998

[C] Cisco systems, Inc. Cisco Networking Essentials, Volume II, First Edition, Curriculum team worldwide Education, ISBN 1-58713-005-x

[D]. Cisco systems, Inc Cisco Networking Essentials, Volume I, First edition, Cisco Systems Inc, curriculum team Worldwide Education, ISBN 1-58713-004-1

[E]. Cash, Jerry; Client/Server Networking protocols, computer technology research corp.,

[F]. Adhikari, Richard; Implementing Client/server Technology, computer technology Corp, First Edition-August 1994 ISBN 1-56607-030-9

#### 13.2 Referências Eletrônicas/White Papers/Draft Papers/RFC's

[1]. Apostolopoulos, G., et al., QoS Routing Mechanisms and OSPF Extensions, RFC 2676, August 1999.

[2]. Awduche, D., et al. Requirements for Traffic Engineering over MPLS, RFC 2702, September 1999.

[3]. Black, U., MPLS and Label Switching Networks, ISBN 0130158232, Prentice Hall, 2001.

[4]. Redford, R., Enabling Business IP Services with Multiprotocol Label Switching, Cisco White Paper, July 2000 ([www.cisco.com](http://www.cisco.com)).

[5]. Rosen, E., et al. Multiprotocol Label Switching Architecture, RFC 3031, January 2001.

[6]. Rosen, E., et al. MPLS Label Stack Encoding, RFC 3032, January 2001.

[7]. Viswanathan, A., et al., Evolution of Multiprotocol Label Switching, *IEEE Communications Magazine*,



May 1998.

[8]. Wang, Z., Internet QoS: Architectures and Mechanisms for Quality of Service, ISBN 1558606084, Morgan Kaufmann, 2001.

[ 9 ]. A integração de Múltiplos serviços com MPLS, Rogério Nesi perreira CiscoSystem Brasil,  
<http://www.CiscoredaçãoVirtual.com/> consultado em 29-02-2004

[10]. Trabalho sobre roteadores, Alessandro Trindade Vieira-CEFET,  
<http://200.9.149.38/ensino/engenharia/redeslocais/trabalhos/routeadores/ROUTER.htm>  
consultado em 2-03-2004

[11]. The Internet protocol journal-MPLS ,William Stalling-Cisco  
<http://www.cisco.com/narp/public/759/ipj-4-3-mpls.html> consultado em 01-03-2004

[12] MPLS/Tag switching  
[http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwklito\\_doc/mpls\\_tws.pdf](http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwklito_doc/mpls_tws.pdf) consultado em 03-03-2004

[13]. Trabalho sobre MPLS  
<http://www.gta.ufrj.br/grad/01-2/mpls/mpls.html>  
consultado em 04-03-2004

[14]. Trabalho sobre MPLS ,Renato Donizete, Roberto Alexandre dias-UCER  
<http://www.ucer.nurcad.ufsc.br/documentação.htm>  
consultado em 04-03-2004

[15]. An MPLS tutorial , [www.iec.org/tutorials/mpls/topic03.html](http://www.iec.org/tutorials/mpls/topic03.html)  
consultado em 03-04-2004

[16]. Política de Informática ,Comissão para a Política de Informática,  
<http://www.infopol.org.mz>  
consultado em 07-03-2004

#### 13.4 Outras Fontes

[17].MPLS Fórum: <http://www.mplsforum.org/>

[18].Centro de Recursos: <http://www.mplssrc.com/>

[19].Grupo de Trabalho MPLS <http://www.ietf.org/html.charters/mpls-charter.html>

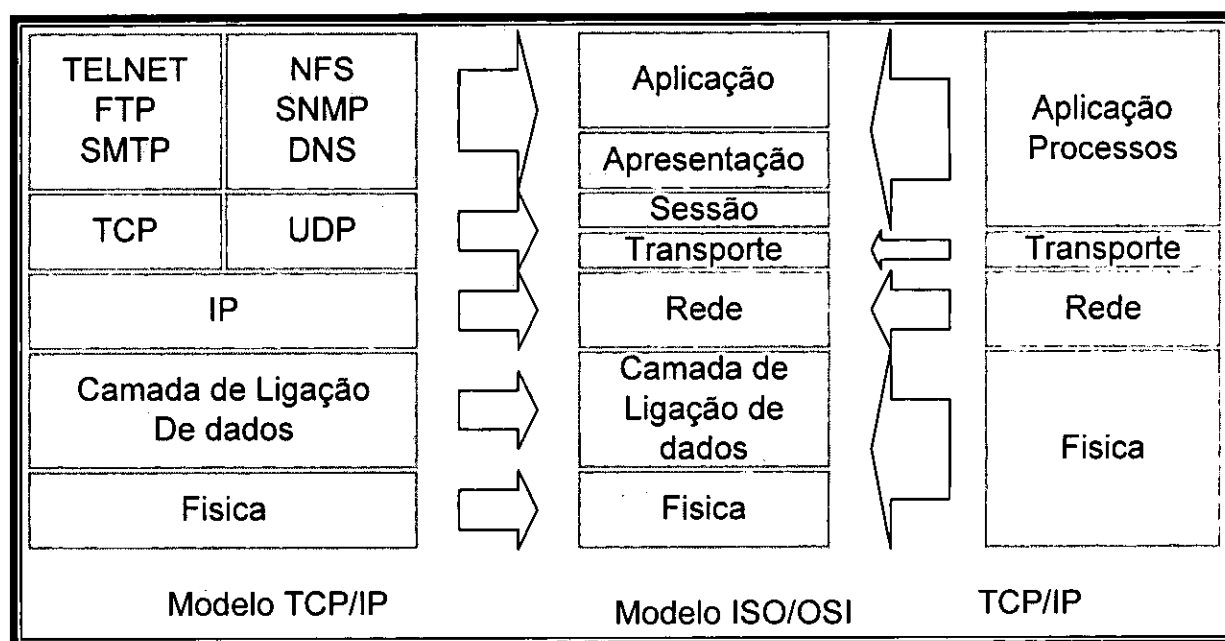
[20].(Site UEM) <http://www.uem.mz>      [21]. (Site CIUEM) <http://www.ci.uem.mz>

## 14. Anexos

### Anexos A

Na figura 2, vemos que a tabela da esquerda apresenta os principais protocolos distribuídos pelas diversas camadas, enquanto que na tabela da direita as funções são o destaque.

Tabela 2. Relação das camadas



Na tabela da esquerda vemos que o TCP/IP não faz distinção entre as camadas superiores. As três camadas superiores são estritamente equivalentes aos protocolos de processos da Internet. Os processos possuem o nome do próprio protocolo utilizado, porém é importante não confundir o protocolo em si com a aplicação que geralmente apresenta uma interface com usuário amigável para utilização do protocolo.

No modelo ISO/OSI, a camada de transporte (4), tabela 1, é responsável pela libertação dos dados para o destino. No modelo Internet (TCP/IP) isto é feito pelos protocolos "ponto a ponto" TCP e UDP.

Por fim, o protocolo IP é o responsável pela conexão entre os sistemas que estão se comunicando. Basicamente este protocolo se relaciona com a camada de rede (3) do modelo

ISO/OSI. Este protocolo é responsável principal do movimento da informação na rede. É nesta camada/protocolo que a informação é fragmentada no sistema fonte e reagrupada no sistema alvo. Cada um destes fragmentos pode ter caminhos diferentes pela rede de forma que os fragmentos podem chegar fora de ordem. Se, por exemplo, o fragmento posterior chegar antes do anterior, o protocolo IP no sistema destino reagrupa os pacotes na sequência correcta.

**Na tabela de direita** consideramos o TCP/IP como sendo constituído por 4 camadas apenas. A camada superior, camada de aplicação/processo é responsável por permitir que aplicações possam se comunicar através de hardware e software de diferentes sistemas operacionais e plataformas. Muitas vezes este processo é chamado de cliente-servidor. A aplicação cliente em geral está em um equipamento mais simples e com uma boa interface com usuário. Esta aplicação envia requisições à aplicação servidor que normalmente esta em uma plataforma mais robusta e que tem capacidade para atender várias requisições diferentes de clientes diferentes.

A camada de rede é responsável pelo roteamento. Comparativamente ela corresponde no modelo ISO/OSI a camada de rede (3) e parte da camada Enlace (2). Esta camada é usada para atribuir endereço de rede (IP) ao sistema e rotear a informação para a rede correcta. Tem ainda a função de ligação entre as camadas superiores e os protocolos de hardware.

Em essência podemos afirmar que sem esta camada, as aplicações teriam que ser desenvolvidas para cada tipo de arquitectura de rede como por exemplo Ethernet ou Token Ring.

A primeira camada, camada Física, não é defenida pelo TCP/IP, porém é nítida sua importância em relação à parte física da média de comunicação, de bits, de quadros, de endereços MAC, etc

## **Anexo B**

### **Simulação da rede**

Esta simulação realizar-se com ajuda de alguns softwares necessários tal como Mpls-Linux e mplsadm.

A plataformas necessárias é LINUX RED HAT das versões mais recentes. Neste trabalho uso o RED HAT LINUX ver 9 com 2.4. 20 de kernel

O objectivo desta simulação é configurar uma rede MPLS usando um pacote MPLS em LINUX.

Para a realização deste trabalho são necessários cinco PC's

- Dois HOST's IP (sem MPLS)- Host A e Host B
- Dois Label Edge routers(LER) MPLS –LER A e LER B
- Um Label Switching Router MPLS- LSR.

As cinco máquinas deverão ligar-se através de uma LAN comutada.

A sugestão da rede a configurar pode ser a seguinte:

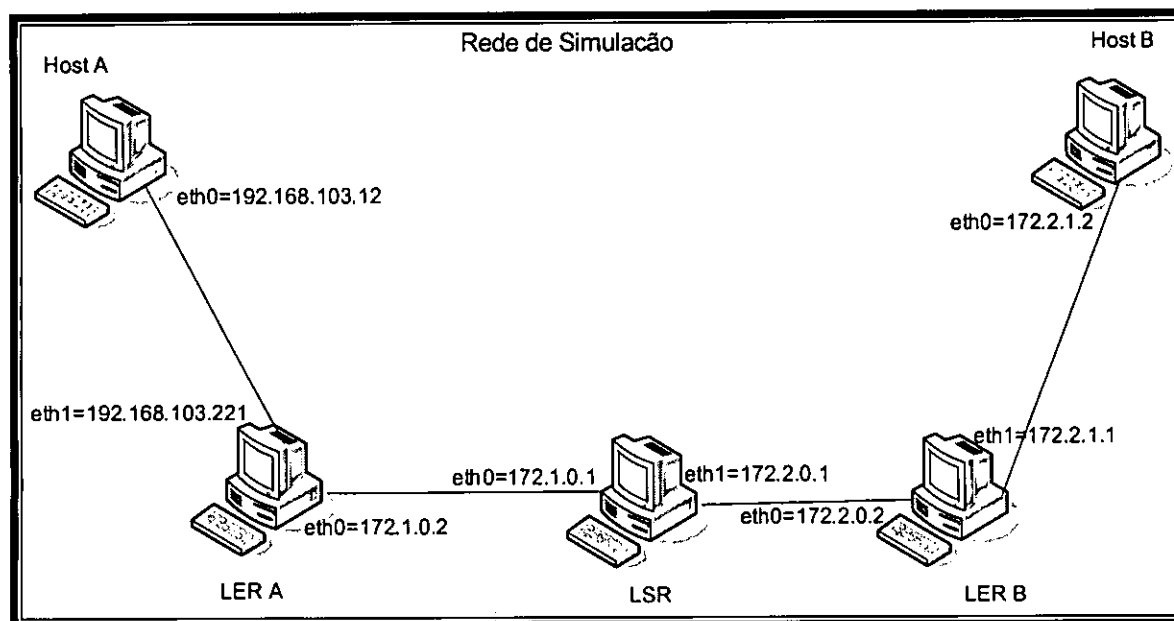
O endereço IP do Host A não deve ser alterado, no Host A deve ser configurado( pelo administrador da máquina) o LER A como gateway de default.

Todos os restantes IP devem ser configurados, com as seguintes restrições:

O endereço IP associar à interface eth1 do LER A (na rede 192.168.103.0) tem de ser diferente de qualquer outra máquina nesta rede (incluindo as que funcionam como LER A nas restantes redes MPLS) As subredes entre pares de máquinas MPLS – (LER A, LSR), (LSR, LER B) e (LER B, Host B)- deverão ser diferentes, incluindo as subredes a configurar nas restantes redes MPLS,

-o LER B deve ser configurado como gateway default para o Host B.

,



FFigura A.1: Rede de simulação

### Configuração de um LSP

#### **LER A:**

Os pacotes IP que ingressam no LER A destinados ao HOST B são etiquetados com label 16(PUSH), pacotes recebidos pelo LER A com o label 21 são processados no nível IP, após retirada a etiqueta(POP)e, neste caso, enviado para o Host A.

Configuração:

```
#Atribua espaços de etiqueta para ambos both eth0 e 1
#
mplsadm -v -l eth0:0
mplsadm -v -l eth1:0
#Exclicity add a route to say that Core knows about host B
#
Route addd 172.2.1.2/32 gw 172.1.0.1
```

```
#Explicitly add a Gen MPLS label
# "se um pacote tem proveniência do host A saído pela interface eth0 então acciona o
#MPLS".
# Etiqueta 16 no pacote, use 172.1.0.1 como o próximo hop."
#
#neste caso originamos a etiqueta 16 em MPLS
#mplsadm -v -A -B -O gen:16:eth0:ipv4:172.1.0.1 -f 172.2.1.2/32
#"se aparecer um pacote com uma etiqueta 21 , executa um POP(retirada) da etiqueta no
pacote e redirecciona para o nível do IP, neste caso retiramos a etiqueta 21 no pacote."
#
mplsadm -v -A -I gen:21:0
```

#### **LER B:**

Os pacotes IP que ingressam no LER B destinados ao host B são etiquetados com o label 20(PUSH), pacotes recebidos pelo LER B com etiqueta 17 são processados no nível IP, depois de retirada (POP) é, neste caso enviado para o host B.

#### Configuração

```
#Atribua espaço de etiqueta para ambos eth0 e 1
#
Mplsadm -v -l eth0:0
Mplsadm -v -l eth1:0
# Explicitly add a route to say that core knows about host A
#
Route add 192.108.103.126/32 gw 172.2.0.1
#"se identificar um pacote com etiqueta 17 nele, retira o label( POP) e redirecciona para a
camada do IP, neste caso encerramos
#a etiqueta 17do MPLS"
#
```

```
mplsadm -v -A -I gen:17:0
#Explicitly add a gen MPLS label which says:
# "se identificar um pacote como source host B saído pelo interface eth0 então active o
MPLS
#Etiqueta 20 no pacote, 172.2.0.1 como o próximo hop."
#
#neste caso terminamos a etiqueta 20
#
Mplsadm -v -A -B -O gen:20:eth0:ipv4:172.2.0.1 -f 192.168.103.126/32
```

Em resumo:

- Em pacotes do host A para o host B, o LER A acrescenta a etiqueta 16, alterado pelo LSR para o valor 17, sendo este reconhecido pelo LER B.
- Em pacotes do host B para o host A, o LER B acrescenta a etiqueta 20, alterado pelo LSR para o valor 21, sendo este reconhecido pelo LER A.

Será então necessário configurar o LSR para realizar a troca(Swapping) de valores das etiquetas nos dois LSP criados( de A para B e de B para A)

## LSR

Configuração:

```
#add the labels
mplsadm -v -l eth0:0
mplsadm -v -l dummy0:0
#add an LSP
#se identificar uma etiqueta com 16(on space 0), troca o com etiqueta 17
# usando 172.2.0.2 como o seu próximo hop.
mplsadm -v -A -I gen20:0 -O gen:21:eth0:ipv4:172.1.0.2 -B
```

## Configuração de Túneis MPLS

Túneis MPLS constituem uma maneira de representar um LSP para protocolos de encaminhamento tradicional ou para serviços IP numa forma reconhecida como uma interface. Túneis MPLS são também uma maneira de realizar uma hierarquia de LSP's

### Criação manual de um Túnel no LER A

1. apagar a configuração feita no princípio.

```
Route del 172.2.1.2/32 gw 172.1.0.1  
mplsadm -v -D -B -O gen:16:eth0:ipv4:172.1.0.1 -f 172.2.1.2/32
```

2. Criar uma etiqueta de saída

```
mplsadm -A -O gen:16:eth0:ipv4:172.1.0.1
```

3. Criar um interface tunnel mpls

```
mplsadm -A -T mpls0
```

4. Atribui um endereço IP para o túnel

```
Ifconfig mpls0 192.168.0.2 netmask 255.255.255.0
```

5. faz o Bind da etiqueta de saída para o túnel

```
mplsadm -B -O gen:16:eth0 -T mpls0
```

6. Acrescenta uma rota para encaminhamento do tráfego for a de MPLS0

```
Route add -net 172.2.1.0/24 mpls0
```



7. qualquer tráfego para 172.2.1.0/24 agora vai de eth0 com etiqueta 16.

SSSS

8. Agora pode se configura o LER B para criar um tunnel MPLS de LER B para LER A.

**Anexo C**

