

# TÉCNICAS DE ROTEAMENTO

## ROTEAMENTO ESTÁTICO E DINÂMICO

Autor: Me. Gustavo de Lins e Horta

Revisor: Rafael Rehm

INICIAR

# introdução

## Introdução

Nesta unidade, destacamos que os protocolos de roteamento estático ainda são utilizados em determinadas situações, por exemplo em rotas específicas. Contudo, o roteamento dinâmico é o mais utilizado devido à sua maior rapidez de convergência e grande capacidade de adaptação às mudanças na rede.

Nesse contexto, veremos que os protocolos de roteamento dinâmico OSPF ( *Open Shortest Path First* ) e BGP ( *Border Gateway Protocol* ) são os protocolos mais modernos que podem ser utilizados na Internet. E o MPLS ( *Multi Protocol Label Switching* ) melhora bastante a velocidade de repasse dos roteadores IP.

Por fim, ainda ficará claro que esse protocolo também reúne o que há de mais moderno em roteamento IP, além de possuir um rótulo de dados de tamanho fixo com principal característica.

# Roteamento Estático ECMP

O ECMP ( *Multi-Path of Equal-Cost Multi-Path* ) é um mecanismo de encaminhamento para roteamento de pacotes ao longo de vários caminhos de custo igual, com o objetivo de alcançar o compartilhamento de carga de enlace quase igualmente distribuído. Obviamente, isso afeta significativamente a decisão de próximo salto de um roteador (TANENBAUM; WETHERALL, 2011).

Os protocolos de estado de enlace que facilitam uma métrica baseada em custos, são o OSPF ( *Open Shortest Path First* ), EIGRP ( *Enhanced Interior Gateway Routing Protocol* ), o BGP ( *Border Gateway Protocol* ) e o IS-IS ( *Intermediate System to Intermediate System* ), por exemplo, pois permitem explicitamente o roteamento ECMP. O balanceamento de carga pode ser realizado com base no custo igual ou no custo desigual, por pacote ou por destino.

Além disso, esse balanceamento é um mecanismo de encaminhamento que distribui o tráfego por vários enlaces com base em determinados parâmetros, e, pelo fluxo ECMP, distribui pacotes por diversos enlaces com base nas informações de roteamento da camada 3. Se o roteador descobrir vários

caminhos para um destino, a tabela de roteamento será atualizada com várias entradas para esse destino. Contudo, o balanceamento de carga por fluxo permite que o roteador use muitos caminhos para obter o compartilhamento de carga, entre diversos pares de hosts de origem e destino. Os pacotes para um determinado par de host de origem e destino têm a garantia de seguir o mesmo caminho, ainda que outros caminhos estejam disponíveis. Já os fluxos de tráfego destinados a pares diferentes tendem a seguir caminhos diferentes (CISCO, 2003).

Entre os benefícios do balanceamento de carga por fluxo, podemos citar:

- O tráfego de dados recebidos é distribuído, uniformemente, por várias conexões de custo igual.
- O tráfego de dados recebidos é distribuído igualmente por vários links de membros de conexões de custo igual em uma interface de pacote configurável.

No entanto, existem algumas restrições ao balanceamento de carga ECMP:

- Quatro caminhos ECMP e oito caminhos ECMP são suportados.
- Balanceamento de carga é suportado no tráfego IPv4 e IPv6 global. Para o tráfego global de IPv4 e IPv6, a distribuição de tráfego pode ser igual entre os oito enlaces disponíveis.
- Balanceamento de carga por pacote não é suportado.
- Balanceamento de carga da etiqueta é suportado.
- Caminho múltiplo do BGP não é suportado pelo ECMP.

## Rotas sobre Interfaces Específicas

Os roteadores encaminham pacotes usando as informações de rota das entradas da tabela de roteamento que são configuradas manualmente ou as informações de rota são calculadas usando algoritmos de roteamento dinâmico.

As rotas estáticas, que definem caminhos explícitos entre dois roteadores, não

podem ser atualizadas automaticamente, pois são reconfiguradas manualmente em rotas estáticas quando ocorrerem alterações na rede. As rotas estáticas usam menos largura de banda que as rotas dinâmicas. Nenhum ciclo de CPU é usado para calcular e analisar as atualizações de roteamento (CISCO, 2003).

## Saiba mais

As cidades inteligentes serão repletas de sensores sem fio para medir uma série de dados, tais como fluxo de veículos e pessoas, congestionamentos, qualidade do ar, quantidades de chuvas, iluminação pública, coleta de lixo, entregas automatizadas, urgências e emergências médicas, tudo isso de forma automatizada. Os protocolos de roteamento terão papel fundamental nas cidades inteligentes. Para saber mais, o artigo a seguir apresenta um estudo de um estudo de uma proposta de roteamento adaptativo para redes de sensores sem fio.

[ACESSAR](#)

Uma distância administrativa é a métrica usada pelos roteadores para escolher o melhor caminho quando houver duas ou mais rotas para o mesmo destino, a partir de dois protocolos de roteamento diferentes. Além disso, também guia a seleção de um protocolo de roteamento (ou rota estática) sobre outro, quando mais de um protocolo adiciona a mesma rota à tabela de roteamento. As rotas estáticas têm uma distância administrativa padrão de 1, e um roteador prefere uma rota estática a uma rota dinâmica porque o

roteador considera uma rota com um número baixo como a mais curta.

Nas rotas estáticas, diretamente conectadas, é necessário especificar apenas a interface de saída (a interface na qual todos os pacotes são enviados para a rede de destino). O roteador assume que o destino está diretamente conectado à interface de saída e o destino do pacote é usado como o endereço do próximo salto. O salto seguinte pode ser uma interface, apenas para interfaces ponto a ponto. Para interfaces de transmissão, o próximo salto deve ser um endereço IPv4 (CISCO, 2003).

Ainda segundo Cisco (2003), nas rotas estáticas totalmente especificadas é necessário especificar a interface de saída (a interface na qual todos os pacotes são enviados para a rede de destino) ou o endereço do próximo salto. Pode ser utilizada uma rota estática totalmente especificada quando a interface de saída for uma interface de acesso múltiplo e precisar identificar o endereço do próximo salto. O endereço do próximo salto deve ser anexado diretamente à interface de saída especificada.

As rotas estáticas flutuantes são usadas pelo roteador para fazer backup de uma rota dinâmica. Portanto, deve-se configurar uma rota estática flutuante com uma distância administrativa mais alta que a rota dinâmica pela qual se faz o backup. Nesse caso, o roteador prefere uma rota dinâmica a uma rota estática flutuante. Por isso, é possível usar uma rota estática flutuante como um substituto, se a rota dinâmica for perdida.

Também é possível definir **os próximos saltos** remotos para rotas estáticas, pois se especifica o endereço **do próximo salto** de um roteador vizinho, que não esteja diretamente conectado ao roteador para rotas estáticas não conectadas diretamente. Se uma rota estática tiver **próximos saltos** remotos durante o encaminhamento de dados, os **próximos saltos** serão usados recursivamente na tabela de roteamento para identificar o próximo salto diretamente conectado correspondente.

# praticar

## Vamos Praticar

O roteamento estático precisa ser configurado no roteador da empresa XYZ. Sendo assim, assinale a alternativa que apresenta a situação em que seria apropriado o uso de uma rota estática.

- ☐ **a)** Para configurar uma rota de um roteador ISP para uma rede corporativa.
- ☐ **b)** Para configurar uma rota para o primeiro dispositivo da camada 3 no segmento de rede.
- ☐ **c)** Para configurar uma rota quando a distância administrativa do protocolo de roteamento atual for muito baixa.
- ☐ **d)** Para chegar a uma rede a mais de 15 saltos de distância.
- ☐ **e)** Para fornecer acesso à Internet para *hosts* corporativos.

# Roteamento Dinâmico OSPF

O protocolo OSPF ( *Open Shortest Path First* ) é um protocolo de roteamento de estado de enlace que usa o algoritmo SPF ( *Shortest Path First* ) de *Dijkstra* para calcular caminhos para os destinos.

No OSPF, cada roteador envia anúncios de estado do enlace sobre si e seus enlaces para todos os roteadores adjacentes. Além disso, a cada recebimento, registram-se as informações em seu banco de dados de topologia e se envia uma cópia do anúncio do estado do enlace para cada uma de suas adjacências (além do que originalmente enviou o anúncio) (CISCO, 2002).

De acordo com Tanenbaum e Wetherall (2011), todos os anúncios de estado do enlace atingem todos os roteadores em uma área, o que permite que cada roteador na área tenha um banco de dados de topologia idêntico que descreva os roteadores e enlaces dentro dessa área. O roteador não está enviando tabelas de roteamento, mas está enviando informações sobre o estado do enlace sobre suas interfaces. Quando os bancos de dados de topologia são concluídos, cada roteador calcula individualmente uma árvore de caminho mais curto e sem loop para cada destino, executando o algoritmo SPF ( *Sender Policy Framework* ). A tabela de roteamento é criada a partir da



árvore do caminho mais curto. Destinos fora da área também são anunciados em anúncios de estado de enlace. Entretanto, eles não exigem que os roteadores executem o algoritmo SPF antes de serem adicionados à tabela de roteamento.

O OSPF é um protocolo de roteamento sem classe, que permite o uso de máscaras de sub-rede de comprimento variável (VLSMs), que também suporta balanceamento de carga de caminhos múltiplos e custo equivalente e autenticação de vizinhos. Além disso, o OSPF usa endereços *multicast* para se comunicar entre roteadores, sendo executado sobre o protocolo IP.

O OSPF usa a métrica de custo, que é um número inteiro de 16 bits não assinado no intervalo de 1 a 65.535. O custo padrão para interfaces é calculado com base na largura de banda pela fórmula  $10^8/BW$  com BW, sendo a largura de banda da interface expressa como um número inteiro completo de bps. Se o resultado for menor que 1, o custo será definido como 1. Uma interface 10BaseT (10Mbps =  $10^7$  bps) tem um custo de  $10^8/10^7 = 10$ . Além disso, o OSPF executa uma soma dos custos para chegar a um destino; o menor custo é o caminho preferido.

Nesse contexto, destaca-se que o OSPF usa pacotes *Hello* para descoberta de vizinhos, com intervalo Hello padrão de 10 segundos (30 segundos para redes de multiacesso sem transmissão externa (NBMA)). Os *Hellos* têm transmissão múltipla para 224.0.0.5, e os roteadores vizinhos do OSPF ficam adjacentes quando os parâmetros nos pacotes *Hello* correspondem. Os roteadores veem seu próprio endereço listado em um pacote *Hello* do vizinho (indicando comunicação bidirecional), trocam anúncios de estado de enlace (LSAs), e seus bancos de dados são sincronizados.

## Distribuição e Tipo de LSA

Os roteadores OSPF geram LSAs que são inundados por uma área ou por todo o sistema autônomo (AS). O OSPF define diferentes tipos de LSAs para roteador, rede, resumo externo, e assim por diante. A compreensão dos tipos de LSAs ajuda com outros conceitos de OSPF, conforme apresentado no

Quadro 3.1 (CISCO, 2002).

<b>Código do Tipo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descrição</b>
1	Roteador LSA	Produzido por todos os roteadores e inclui todos os enlaces, interfaces, estado dos enlaces e custos. Esse tipo de LSA é inundado em uma única área.
2	Rede LSA	Produzido por todos os DRs em todas as transmissões ou redes NBMA. Ele lista todos os roteadores na rede multiacesso. Esse tipo de LSA está contido em uma área.
3	Sumário LSA para ABRs	Produzido por roteadores de borda de área (ABRs). É enviado para uma área para anunciar destinos fora da área.
4	Sumário LSA para ASBRs	Originado por ABRs. Enviado para uma área pelo ABR para anunciar os roteadores de limite do AS (ASBRs).
5	AS LSA externo	Originado por ASBRs. Anuncia destinos externos ao OSPF AS, inundados por todo o OSPF AS.
7	Áreas NSSA	Originado por ASBRs em uma área não tão atarracada (NSSA). Não é inundado em

todo o OSPF AS, apenas no  
NSSA.

Quadro 3.1 - Tipos de LSA

Fonte: Adaptado de Cisco (2003, p. 377).

## Vizinhos e Estados Declarados OSPF

O OSPF usa pacotes *Hello* para descoberta de vizinhos, e o intervalo *Hello* padrão é de 10 segundos (30 segundos para redes de multiacesso sem transmissão externa (NBMA)). Os *Hellos* têm transmissão múltipla para 224.0.0.5.

Por padrão, os pacotes *Hello* são enviados a cada 10 segundos em uma rede Ethernet (esse intervalo é conhecido como intervalo *Hello* ). Um intervalo inoperante é quatro vezes o valor do intervalo Hello; portanto, se um roteador em uma rede Ethernet não receber pelo menos um pacote Hello de um vizinho OSPF por 40 segundos, os roteadores declararão que o vizinho está inativo.



*Figura 3.1 - Processo de descoberta de vizinhos*

*Fonte: Elaborada pelo autor.*

Considerando a Figura 3.1, os roteadores R1 e R2 são conectados diretamente e executam o OSPF. Ambos os roteadores começarão a enviar o Hello um ao outro, para estabelecer um relacionamento próximo. Se os roteadores tiverem parâmetros OSPF compatíveis, o relacionamento vizinho será formado (CISCO, 2003).

Cada roteador OSPF recebe um ID de roteador. Uma identificação de roteador é determinada usando um dos seguintes métodos:

- Comando router-id no processo OSPF.
- Endereço IP mais alto das interfaces de *loopback* do roteador.
- Endereço IP mais alto das interfaces físicas do roteador.

Os seguintes campos nos pacotes *Hello* OSPF devem ser os mesmos nos dois roteadores, para que se tornem vizinhos:

- Sub-rede.
- ID da área.
- Olá e temporizadores de intervalo morto.
- Autenticação.

- Sinalizador de área.
- MTU.

Antes de estabelecer um relacionamento vizinho, os roteadores OSPF passam por várias alterações de estado (até oito estados possíveis), que são:

- **Estado inativo** : nenhum *Hello* foi recebido na interface. Todos os roteadores OSPF começam nesse estado.
- **Estado da tentativa** : os vizinhos devem ser configurados manualmente. Esse estado é usado apenas em redes NBMA ( *nonbroadcast multi-access networks* ).
- **Estado inicial** : um roteador recebeu uma mensagem *Hello* do outro roteador OSPF, mas a conversa bidirecional ainda não foi estabelecida.
- **Estado bidirecional** : o vizinho recebeu a mensagem *Hello* e respondeu com sua própria mensagem *Hello* .
- **Estado Exstart** : início da troca LSDB entre os dois roteadores. Os roteadores começarão a trocar informações sobre o estado do enlace.
- **Estado do Exchange** : pacotes DBD ( *Database Descriptor* ) são trocados. DBDs contêm cabeçalhos de LSAs. Os roteadores usarão essas informações para ver quais LSAs precisam ser trocados.
- **Estado de carregamento** : um vizinho envia LSRs ( *Link State Requests* ) para todas as redes que não conhece. O outro vizinho responde com as LSUs ( *Link State Updates* ) que contêm informações sobre as redes solicitadas. Depois que todas as informações solicitadas foram recebidas, outro vizinho passa pelo mesmo processo.
- **Estado completo** : os dois roteadores sincronizaram o banco de dados do estado do link e são totalmente adjacentes. O roteamento OSPF agora pode começar.

## Links Virtuais

O OSPF exige que todas as áreas sejam conectadas a um roteador de *backbone*. No entanto, às vezes, o provisionamento de enlace de rede de área ampla (WAN) ou falhas repentinas podem impedir que uma área OSPF seja conectada diretamente a um roteador de *backbone*. Contudo, os links virtuais podem conectar temporariamente (virtualmente) a área ao *backbone*.

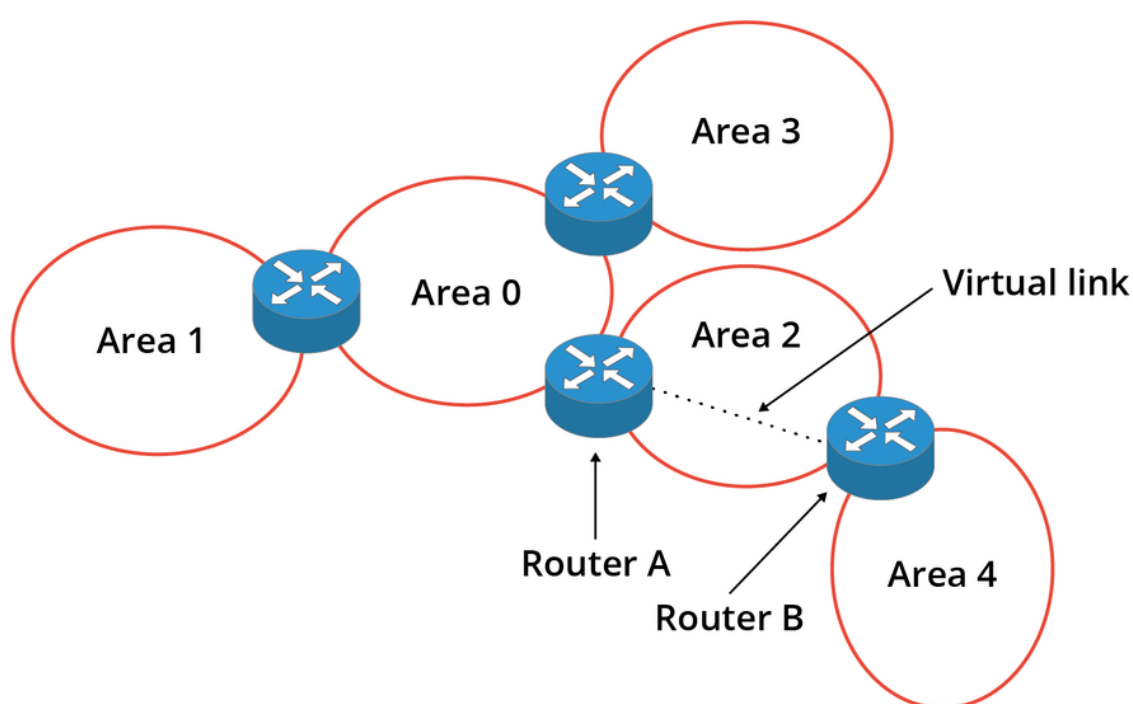


Figura 3.2 - Rede OSPF com um link virtual conectando uma área ao backbone

Fonte: Cisco (2003, p. 384).

Conforme apresentado na Figura 3.2, a Área 4 não está diretamente conectada ao *backbone*. Um link virtual é configurado entre o roteador A e o roteador B, e a área 2 se torna a área de trânsito, por onde o link virtual é configurado.

# praticar

## Vamos Praticar

Supondo que todo roteador OSPF em uma área específica esteja configurado com o mesmo valor de prioridade, assinale a alternativa que apresenta o valor secundário que seria usado como um ID de roteador quando não houver uma interface de loopback definida.

- ☐ **a)** O endereço IP da primeira interface Fast Ethernet.
- ☐ **b)** O endereço IP da interface de gerenciamento do console.
- ☐ **c)** O menor endereço IP entre suas interfaces ativas.
- ☐ **d)** O endereço IP mais alto entre suas interfaces ativas.
- ☐ **e)** Não haverá identificação do roteador até que uma interface de loopback seja configurada.



# Roteamento Dinâmico BGP

O BGP ( *Border Gateway Protocol* ) é um protocolo de roteamento entre domínios, e sua principal função é fornecer e trocar informações de acessibilidade da rede entre domínios ou sistemas autônomos. Além disso, usa a porta TCP 179 como seu protocolo de transporte entre pares ou vizinhos do BGP (CISCO, 2002).

Geralmente, o BGP é configurado entre dois roteadores conectados diretamente que pertencem a diferentes sistemas autônomos (AS), e cada AS está sob administração técnica diferente em que, geralmente, uma é a empresa e a outra é o provedor de serviços ou entre diferentes provedores de serviços.

Antes que as atualizações de roteamento possam ser trocadas entre dois roteadores BGP, os roteadores devem se tornar vizinhos. Após a conexão TCP, trocam e aceitam as informações, tornam-se vizinhos estabelecidos e começam a trocar atualizações de roteamento. Se os vizinhos não atingirem um estado estabelecido, as atualizações do BGP não serão trocadas. As informações trocadas antes que os vizinhos sejam estabelecidos incluem o seguinte: número da versão do BGP, número do AS e ID do roteador do BGP

(RID) (CISCO, 2002).

## Sistemas Autônomos iBGP e eBGP

O iBGP descreve o emparelhamento entre vizinhos BGP, no mesmo sistema autônomo (AS). Já o eBGP é utilizado em sistemas autônomos de trânsito. Os sistemas autônomos de trânsito encaminham o tráfego de um AS para outro AS. Contudo, se não usarmos o iBGP em sistemas autônomos de trânsito, as rotas aprendidas do eBGP serão redistribuídas em um IGP e depois redistribuídas no processo BGP em outro roteador eBGP.

Além disso, o iBGP fornece uma melhor maneira de controlar as rotas para o trânsito AS. Com o iBGP, as informações da rota externa (atributos) são encaminhadas, e o iBGP é preferido sobre a redistribuição com um IGP, pois o IGP não entende os caminhos AS e outros atributos BGP.

O iBGP também é usado em grandes empresas, em que as redes IGP são grandes demais para serem suportadas por um IGP, como o OSPF ( *Open Shortest Path First* ). A Figura 3.3 apresenta um exemplo de uma sessão do iBGP e uma sessão do eBGP.

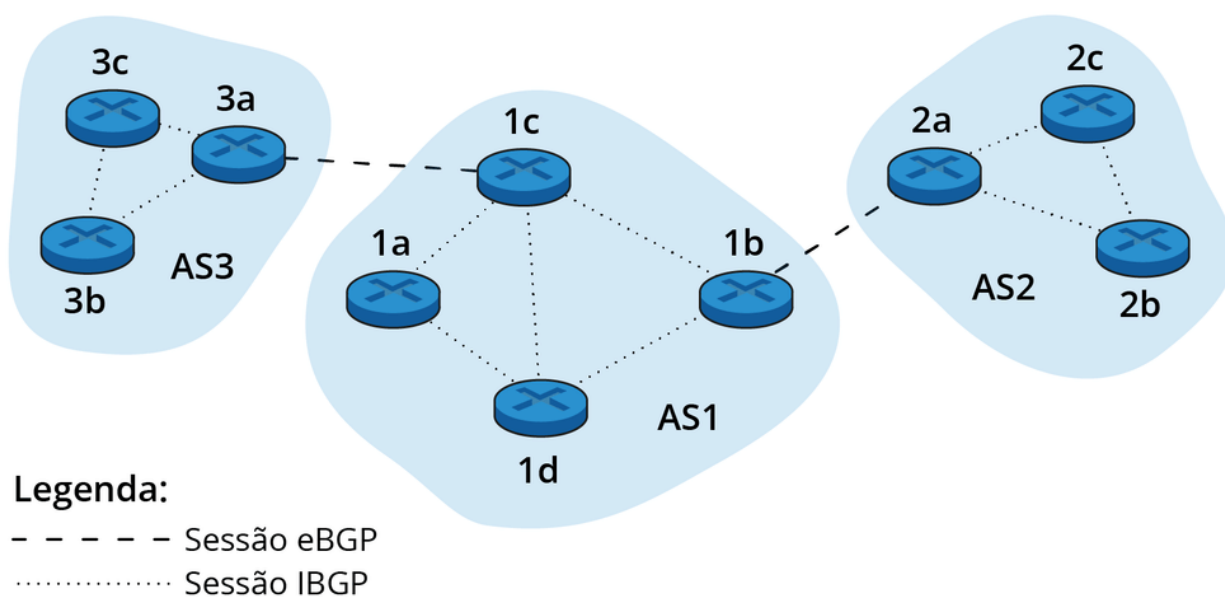


Figura 3.3 - Sessões iBGP e eBGP

Fonte: Kurose e Ross (2014, p. 291).

O eBGP ( *external BGP* ) descreve o *peering* do BGP entre vizinhos em diferentes sistemas autônomos. Conforme exigido pela RFC, os pares do eBGP compartilham uma sub-rede comum.

Embora seja uma exceção à norma, os pares do eBGP podem ser configurados em várias sub-redes intervenientes, configurando a *multihop* do eBGP. O eBGP *multihop* também é usado para verificar o endereço de *loopback* de um vizinho BGP que compartilha o mesmo segmento físico de enlace de dados. O roteamento estático ou um protocolo IGP deve fornecer conectividade entre os pares do eBGP usando o *multihop* , utilizado apenas com pares do eBGP, não sendo utilizado com o iBGP.

## Tipos de Rotas

Segundo Tanenbaum e Wetherall (2011), quando um roteador está conectado a duas ou mais áreas, é chamado de roteador de borda de área. Seu objetivo é resumir os destinos em uma área e transmitir essa informação nas outras áreas em que está conectado.

Essa informação permite que os *hosts* ou outras áreas encontrem o melhor roteador de borda para entrar em uma área.

As rotas para destinos fora da área são conhecidas como área de *stub* . Uma rede *stub* possui apenas um caminho padrão para *hosts* não locais e nenhum conhecimento de rede externa. O tráfego de rede *stub* não local usa um único caminho lógico ao entrar e sair da rede.

As redes *stub* são essencialmente redes de área local (LAN) que não se conectam ao exterior e retransmitem pacotes de dados internamente ou são LANs sem saída que conhecem apenas uma saída de rede. As redes *stub* podem ter várias conexões, mas usam um caminho para pontos únicos de destino.

# praticar

## Vamos Praticar

A rede da empresa XYZ é composta por um roteador X, em um pequeno escritório com 25 funcionários, que tem uma conexão com a Internet, por meio do roteador X, conectado ao roteador de uma ISP. Nesse contexto, assinale a alternativa que indica as configurações de roteamento são recomendadas nos roteadores X e ISP ( *Internet Service Provider* ).

- ☐ **a)** BGP nos dois roteadores.
- ☐ **b)** RIP nos dois roteadores.
- ☐ **c)** Uma rota padrão no roteador X e uma rota estática no roteador ISP.
- ☐ **d)** Rotas padrão nos dois roteadores.
- ☐ **e)** BGP no roteador ISP e uma rota estática no roteador X.

# MPLS

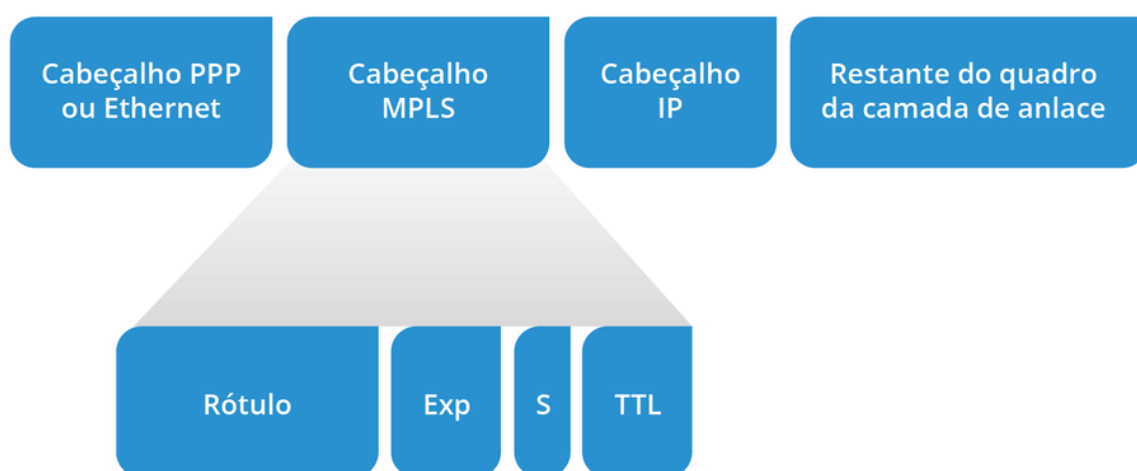
O MPLS ( *Multi Protocol Label Switching* ) fornece maneiras de executar engenharia de tráfego, garantir largura de banda ou definir caminhos e habilitar para redes privadas virtuais (VPNs). Ainda, especifica maneiras pelas quais o tráfego da camada 3 pode ser mapeado para protocolos de transporte da camada 2 orientados à conexão, como ATM. Além disso, adiciona um rótulo contendo informações de roteamento específicas a cada pacote IP que direciona o tráfego por caminhos definidos explicitamente e permite que os gerentes implementem políticas que atribuem rótulos a vários CoS ( *Class of Service* ). Isso permite que os gerentes ofereçam CoS ( *Class of Service* ) diferentes para tipos de tráfego diferentes ou de clientes diferentes. As políticas podem enviar tráfego por um caminho que não é necessariamente o caminho com a métrica de roteamento mais baixa. Com o MPLS, os provedores de serviços podem fornecer serviços de VPN e escalar esses serviços para muitos clientes.

Em um ambiente MPLS, o encaminhamento é baseado na pesquisa do rótulo MPLS e não no endereço IP da camada 3. As etiquetas são inseridas na borda da rede MPLS e removidas quando o pacote sai da rede MPLS. A rede MPLS

aplica serviços e encaminha pacotes baseados nas informações contidas no rótulo.

## Distribuição de Rótulos

Em um ambiente de pacote, o rótulo MPLS é inserido entre o cabeçalho da camada 2 e o cabeçalho da camada 3 em um quadro da camada 2. Isso se aplica a SONET (Poet), Ethernet, Frame Relay e etiqueta através de ATM. Nas redes ATM, com comutação de etiqueta, a etiqueta é mapeada para os campos VPI / VCI (identificador de caminho virtual / identificador de canal virtual) do cabeçalho do ATM. O campo do rótulo MPLS tem 32 bits de comprimento, com o rótulo (tag) real sendo 20 bits. A Figura 3.4 apresenta o cabeçalho do MPLS.



*Figura 3.4 - Cabeçalho MPLS*

*Fonte: Kurose e Ross (2014, p. 361).*

Todos os roteadores em uma rede MPLS são LSRs, que encaminham com base no rótulo e não nos protocolos de roteamento. Se a rede MPLS usa ATM, os LSRs são chamados de LSRs ATM.

# reflita

## Reflita

Os protocolos de roteamento são essenciais em uma rede de computadores e na Internet. Sem eles, seria impossível existir a Internet e os demais serviços e aplicações que utilizamos todos os dias, como e-mail, videoconferência, chamadas de voz pela Internet e transferência de arquivos, entre outros. Imagine daqui a dez, vinte ou trinta anos, como será a Internet do futuro. O que mais poderá ser desenvolvido para a Internet? Como será o funcionamento da IoT (Internet of Things)? Deverão ser criados novos protocolos de roteamento? Quais as características desses novos protocolos de roteamento?

As arquiteturas MPLS VPN usam os seguintes tipos de roteador:

- Roteador P: os roteadores principais internos do provedor de serviços. Esses roteadores não precisam manter rotas de VPN.
- Roteador C: os roteadores internos do cliente. Eles não se conectam ao provedor. Esses roteadores não mantêm rotas VPN.
- Roteador CE: os roteadores de borda do lado do cliente que se conectam ao provedor de serviços. Esses roteadores não mantêm



rotas VPN.

- Roteador PE: os roteadores de borda do lado do provedor de serviços que se conectam aos roteadores CE do cliente. Os roteadores PE mantêm rotas de VPN para as VPNs associadas às interfaces conectadas.

Conforme apresentado na Figura 3.5, os roteadores R1 e R4 estão habilitados com o MPLS, e os roteadores R5 e R6 são roteadores IP padrão.

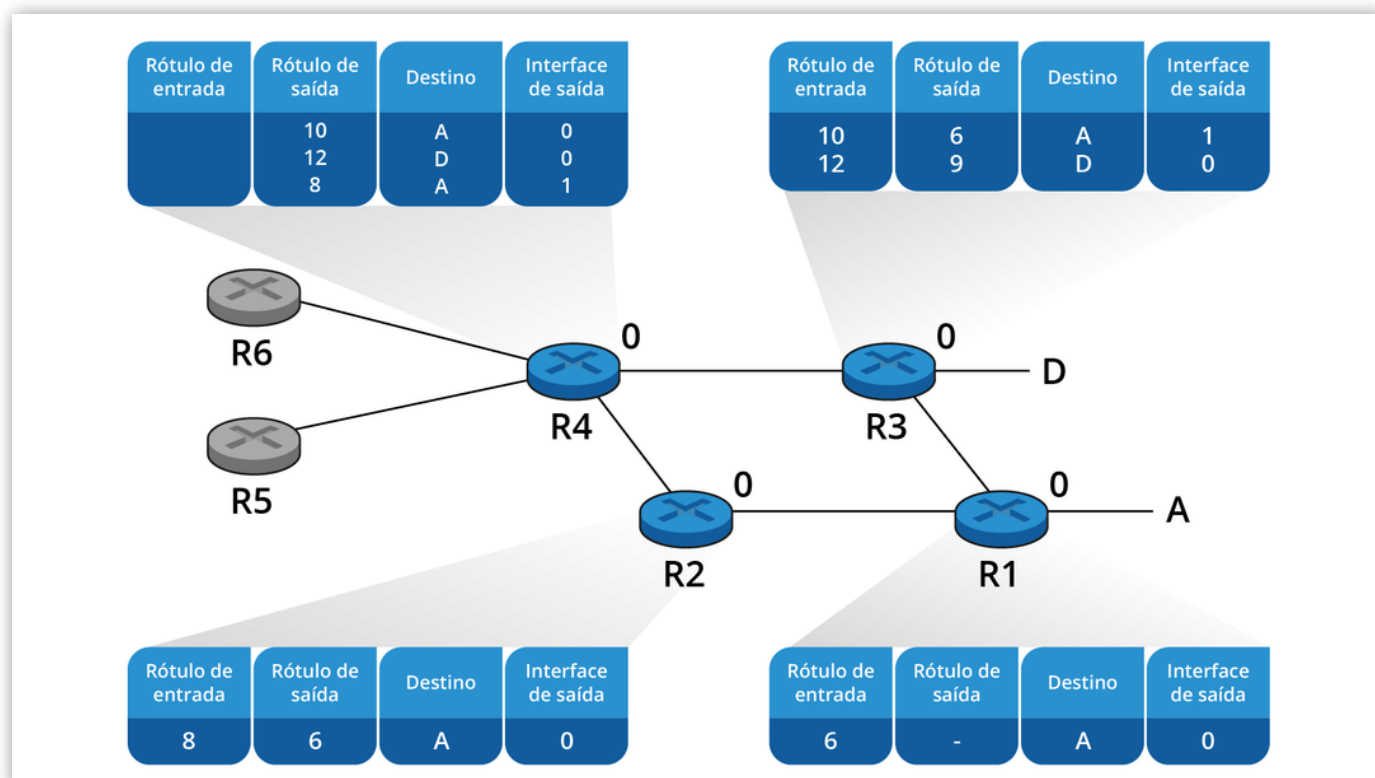


Figura 3.5 - Repasse melhorado com o MPLS

Fonte: Kurose e Ross (2014, p. 361).

O roteador R1 anunciou a R2 e R3 que ele (R1) pode rotear para o destino A, e que um quadro recebido com rótulo MPLS 6 será repassado ao destino A. O roteador R3 anunciou ao roteador R4 que ele (R4) pode rotear para os destinos A e D e que os quadros que estão chegando e que portam os rótulos MPLS 10 e 12 serão comutados na direção desses destinos. O roteador R2 também anunciou ao roteador R4 que ele (R2) pode alcançar o destino A e que um quadro recebido portando o rótulo MPLS 8 será computado na direção de A (KUROSE; ROSS, 2014).

# praticar

## Vamos Praticar

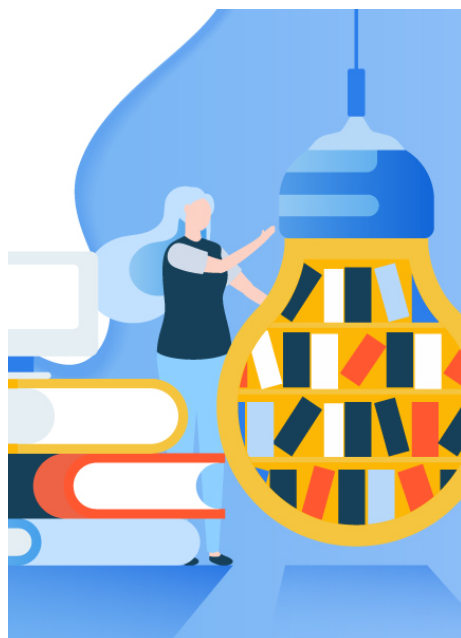
Considerando o MPLS, assinale a alternativa que apresenta a função do protocolo ID (PID) em um cabeçalho da camada 2.

- ☐ **a)** Especifica quantos rótulos seguem imediatamente.
- ☐ **b)** Especifica que o bit da parte inferior da pilha segue imediatamente.
- ☐ **c)** Especifica que o roteador receptor usa apenas a etiqueta superior.
- ☐ **d)** Especifica que a carga começa com um rótulo e é seguida por um cabeçalho IP.
- ☐ **e)** Especifica que o roteador receptor usa apenas a etiqueta inferior.

+ indicações +

# Material Complementar

+



LIVRO

## **Redes MPLS: Fundamentos e Aplicações**

**Editora** : Brasport

**Autor** : Rafael Dueire Lins

**ISBN** : 9788574525396

**Comentário** : O livro apresenta de forma clara e objetiva os conceitos básicos da tecnologia MPLS, trazendo ainda uma série de aplicações do MPLS, além de apresentar os principais benefícios e serviços da tecnologia MPLS.

---



WEB

## Configuração BGP Cisco Packet Tracer

Ano : 2014

**Comentário** : Neste vídeo, aprenda a configurar o BGP em dois sistemas autônomos no Cisco Packet Tracer.

ACESSAR

# conclusão

## Conclusão

Os protocolos de roteamento dinâmico são amplamente utilizados pelos provedores de Internet (ISP) e em redes corporativas de grande porte. Tais protocolos trazem uma série de benefícios e funcionalidades. O BGP ( *Border Gateway Protocol* ) permite o roteamento entre sistemas autônomos e é utilizado nos roteadores da internet. O iBGP ( *internal BGP* ) descreve o emparelhamento entre vizinhos BGP no mesmo sistema autônomo (AS), e o eBGP ( *external BGP* ) descreve o BGP entre vizinhos em diferentes sistemas autônomos. Já o MPLS ( *Multiprotocol Label Switching* ) é um protocolo de roteamento e comutação utilizado pelos provedores de Internet. O MPLS traz o que existe de mais moderno no roteamento e possui uma série de vantagens, como classe de serviços, engenharia de tráfego e QoS ( *Quality of service* ), entre outras.

---

# referências

## Referências Bibliográficas

CISCO. **Diagnosticando redes** : Cisco Internetwork Troubleshooting. São Paulo: Pearson, 2002.

CISCO. **Guia de Certificação do CCIE Roteamento e Comutação Exame** . Cisco Press, 2003.

CISCO. Networking Academy. **Cisco Packet Tracer** . Disponível em: <https://www.netacad.com/pt-br/courses/packet-tracer> . Acesso em: 3 dez. 2019.

CONFIGURAÇÃO BGP – Packet Tracer, 1 maio 2014. 1 vídeo (3 min. 29 s.). Publicado pelo canal **Leonardo Santos** . Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=SyQd9FwIQCo> . Acesso em: 10 fev. 2020.

KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. **Redes de computadores e a Internet** – Uma abordagem top-down. 6. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2014.

LINS, R. D. **Redes MPLS** : fundamentos e aplicações. São Paulo: Brasport, 2012.

PAQUET, C. **Construindo redes Cisco de acesso remoto** . São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2003.

TANENBAUM, A. S.; WETHERALL, D. **Redes de computadores** . 5. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2011.