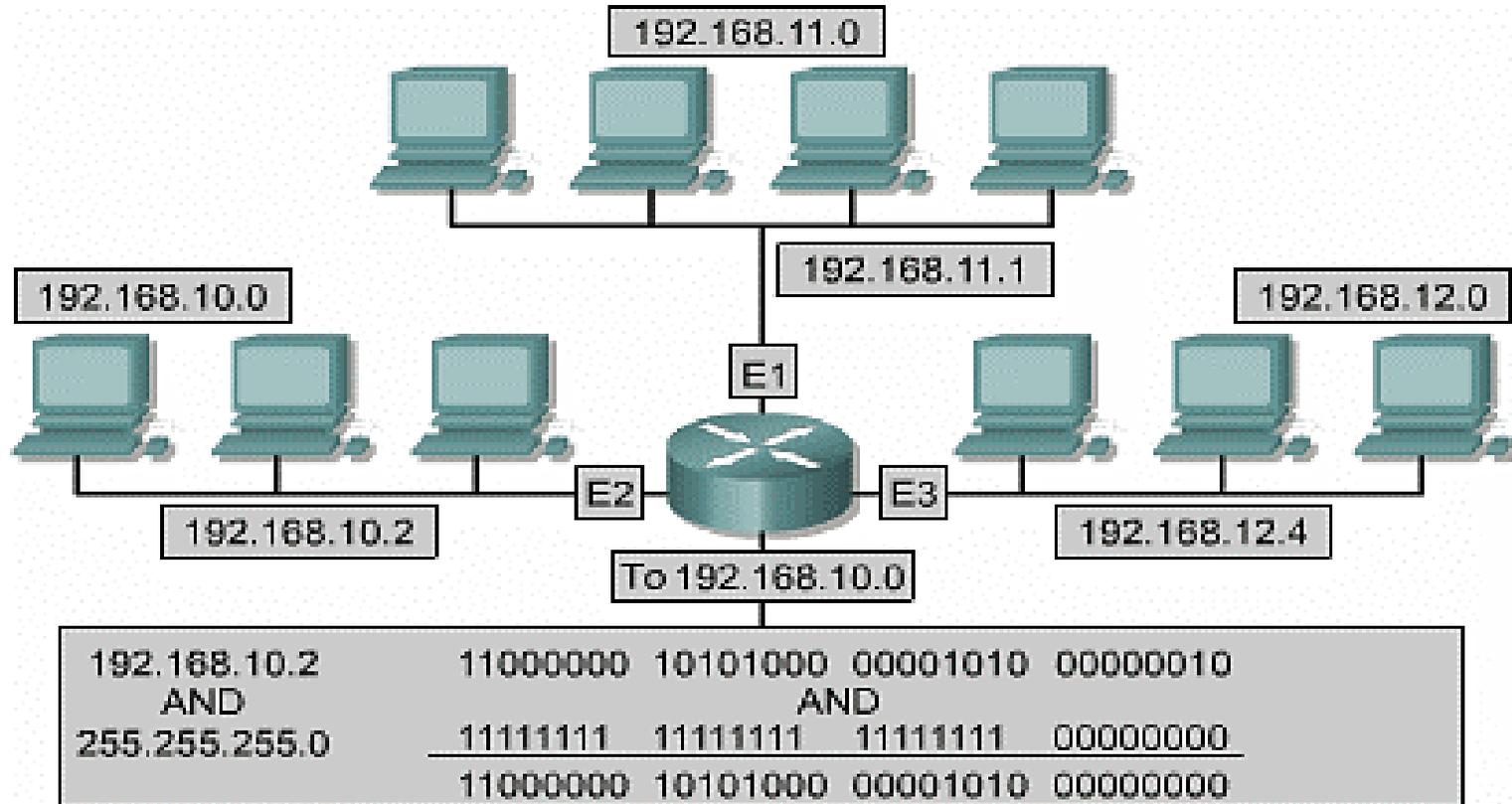


Capítulo 10 - Conceitos Básicos de Roteamento e de Sub-redes

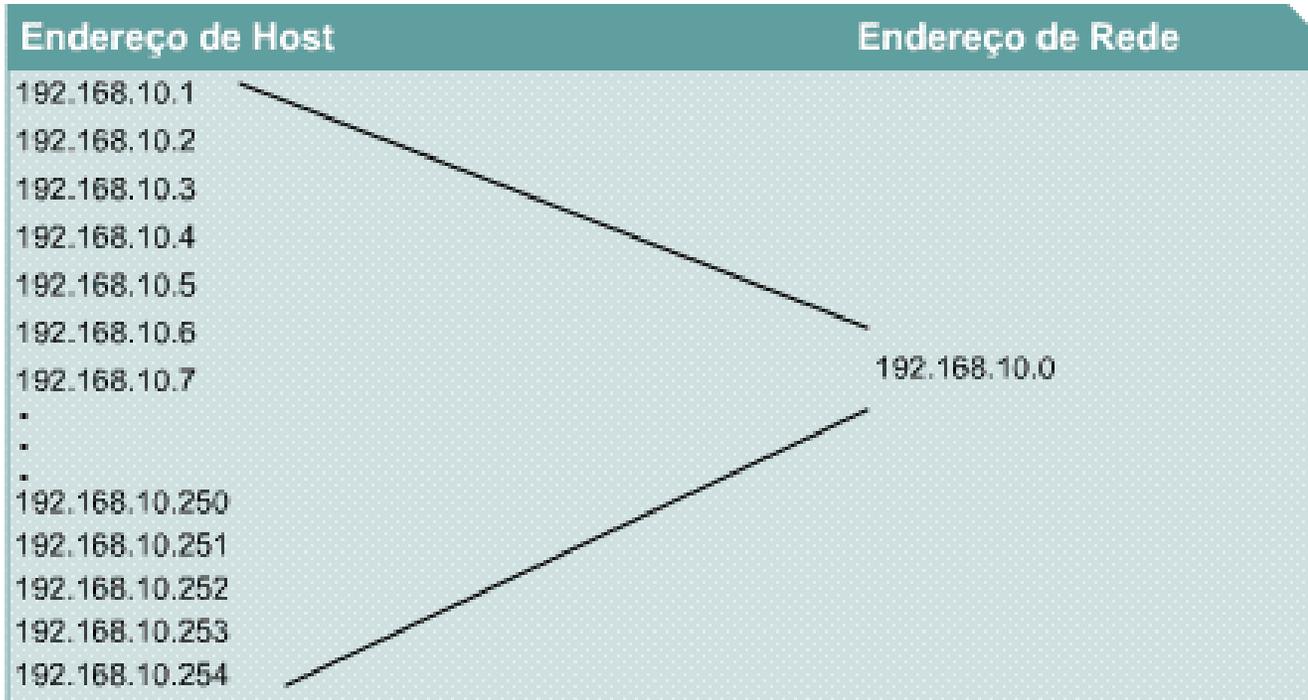


Protocolos Roteáveis e Roteados

- **Protocolo roteado:** permite que o roteador encaminhe dados entre nós de diferentes redes.
- **Endereço de rede:** é obtido pela operação AND do endereço com a máscara de rede.

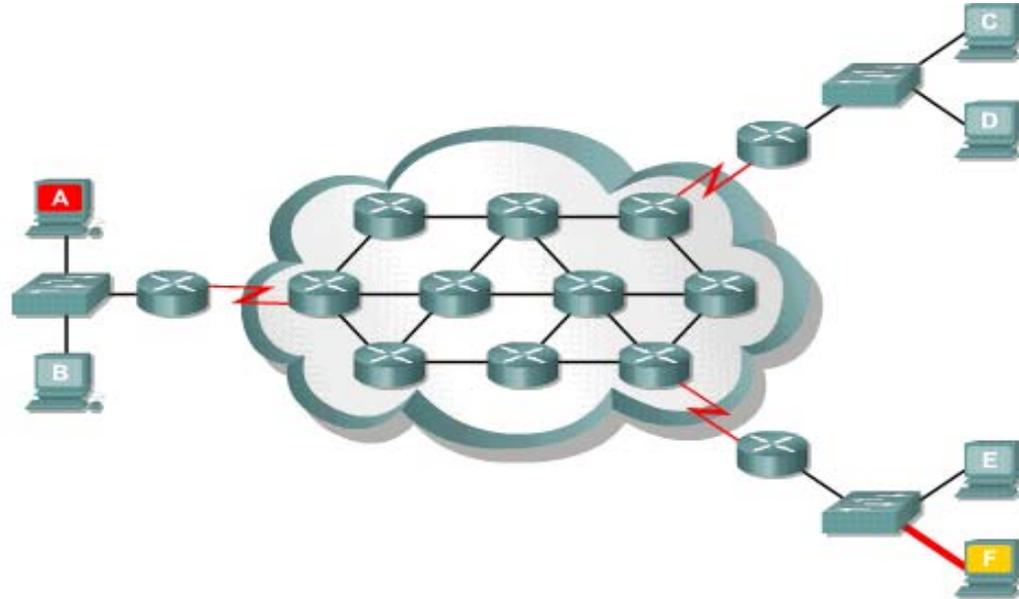


Protocolos Roteáveis e Roteados



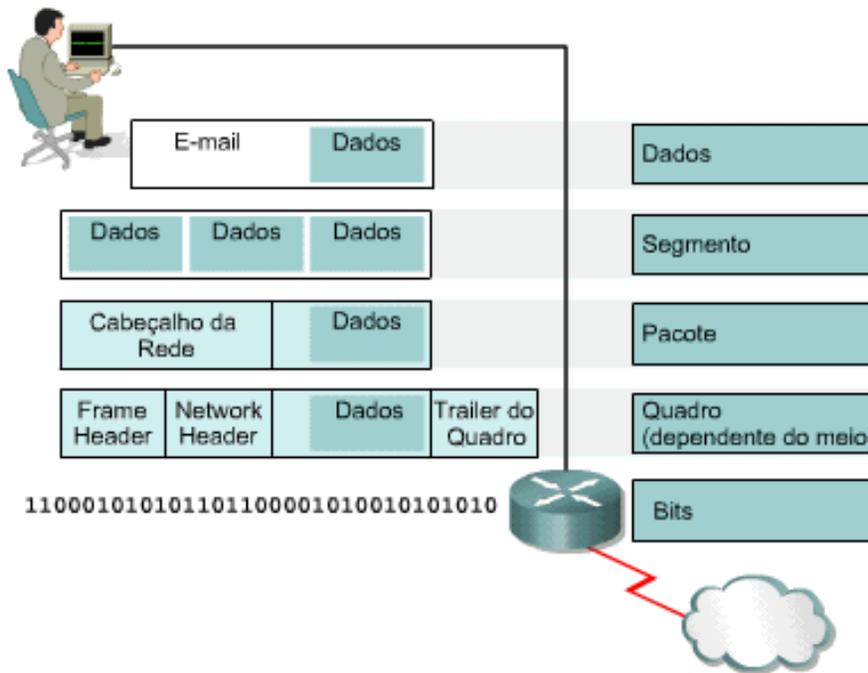
- **Máscara de rede:** permite que grupos de endereços IP seqüenciais sejam tratados como uma única unidade.

IP como Protocolo Roteado



- **IP:** protocolo sem conexão, de melhor entrega possível e não confiável.
- “Sem conexão” significa que não há conexão estabelecida antes da transmissão, com circuito dedicado.
- Ele determina a rota mais eficiente para os dados com base no protocolo de roteamento.

IP como Protocolo Roteado



Encapsulamento de Dados

- À medida que as informações fluem pelas camadas do modelo OSI, os dados são processados em cada camada.
- Na camada de rede, os dados são encapsulados em pacotes (também conhecidos como datagramas).

IP como Protocolo Roteado

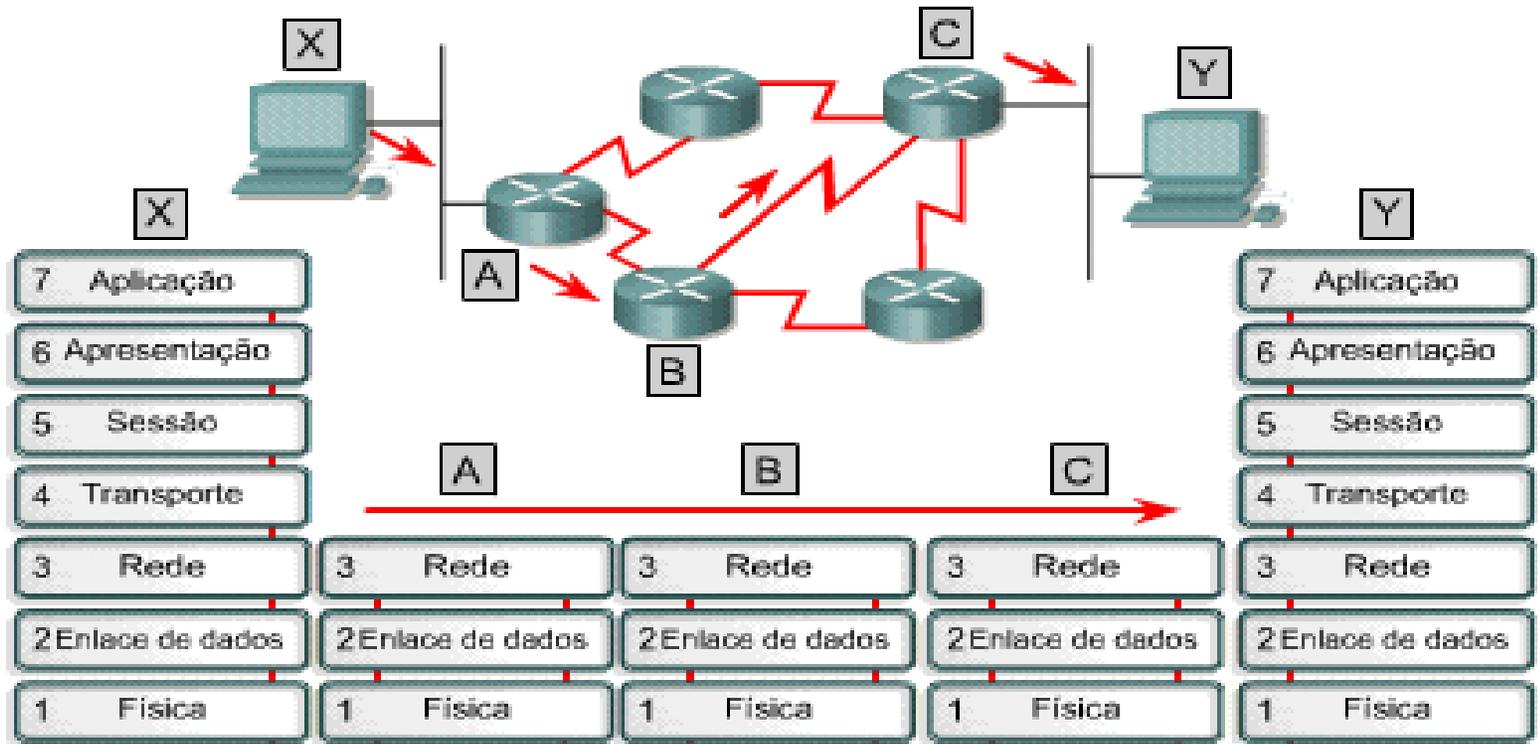
- **Cabeçalho do Pacote IP:**

Informações de Cabeçalho IP	Dados (de camadas superiores)
-----------------------------	-------------------------------

- Quando os dados são recebidos dos protocolos de camada superior, a camada de rede anexa as informações do cabeçalho IP aos dados.
- O IP determina o conteúdo do cabeçalho do pacote IP, que inclui informações sobre endereçamento e outras informações de controle, mas não trata dos dados em si.
- O IP aceita quaisquer dados que lhe forem passados das camadas superiores.

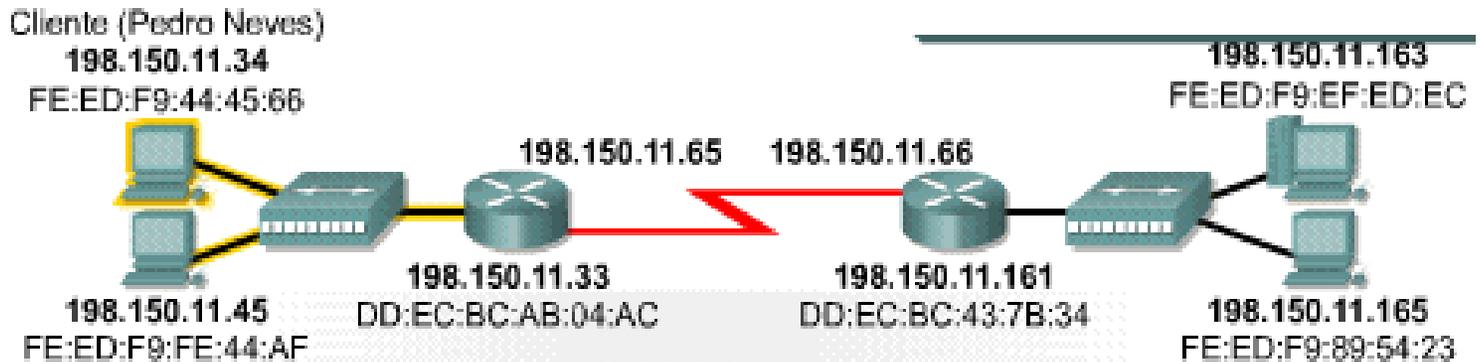
Propagação de Pacotes e Comutação

- À medida que um pacote trafega em uma internetwork até seu destino final, os cabeçalhos e trailers de quadros da camada 2 são removidos e substituídos em cada dispositivo da camada 3.



Cada roteador proporciona seus serviços para suportar funções das camadas superiores.

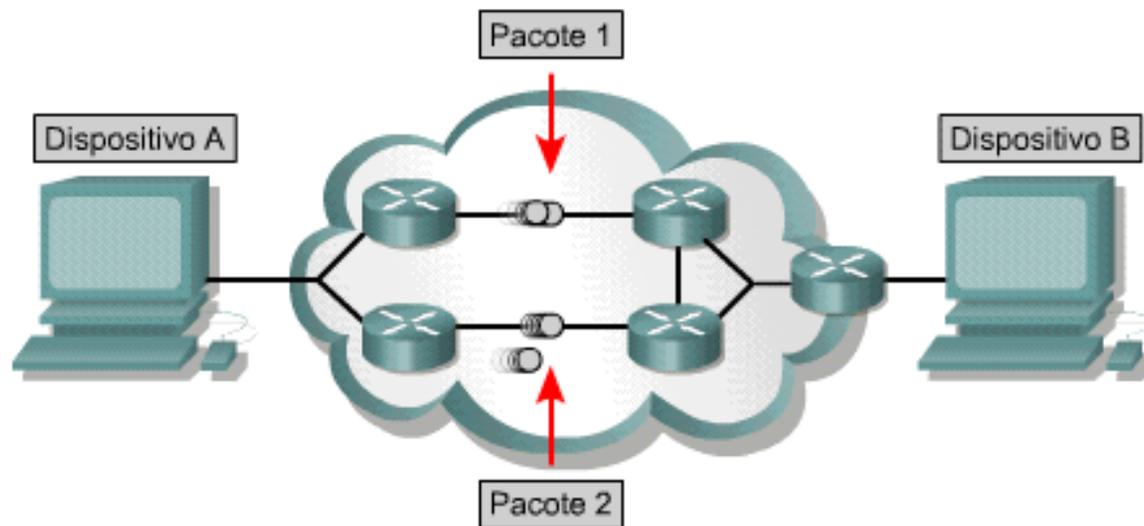
Propagação de Pacotes e Comutação



Quadro Cabeçalho		Rede Cabeçalho		Dados	Quadro Trailer
Destino	Origem	Origem	Destino		
DD:EC:BC:AB:04:AC	FE:ED:F9:44:45:66	198.150.11.34	198.150.11.163	E-mail Dados	CRC-32

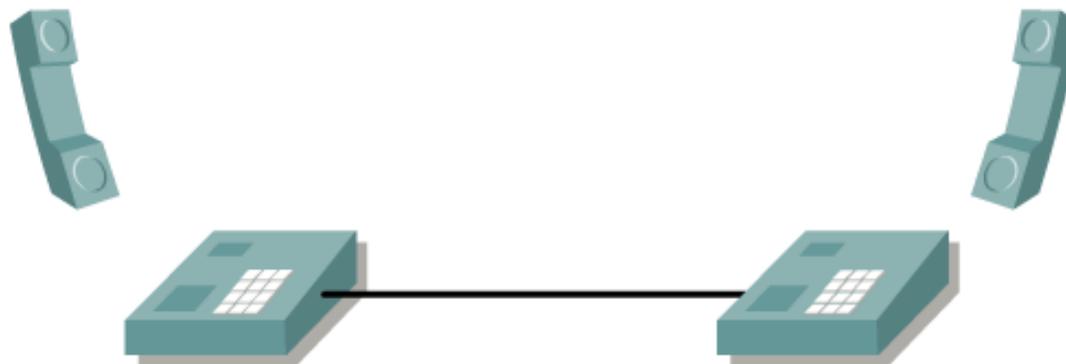
Os quadros de dados são transmitidos no segmento Ethernet. Todas as estações recolhem o pacote e verificam se é para elas. Todos os dispositivos, com exceção do Roteador, descartam o pacote.

Internet Protocol (IP)



- Em um **sistema sem conexão (comutado por pacote)**, o destino não é contatado antes de o pacote ser enviado.
- Uma boa comparação para um sistema sem conexão é o sistema postal. O destinatário não é contatado antes do envio para verificar se aceitará a carta. Além disso, o remetente nunca sabe se a carta chegou ao destino.

Internet Protocol (IP)



- Em **sistemas orientados a conexão (comutado por circuito)** é estabelecida uma conexão entre o remetente e o destinatário antes que qualquer dado seja transferido.
- Um exemplo de rede orientada a conexão é o sistema telefônico. O autor da chamada faz uma ligação, é estabelecida uma conexão e ocorre a comunicação.

Anatomia de um Pacote IP

0	4	8	16	19	24	31
VERS		HLEN		Tipo de Serviço		Comprimento Total
Identificação				Flags		Deslocamento de Fragmento
Time To Live (Tempo de Vida Restante)			Protocolo		Checksum do Cabeçalho	
Endereço IP de Origem						
Endereço IP de Destino						
Opções de IP (caso existam)					Enchimento	
Dados						
...						

- **Pacotes IP** consistem dos dados das camadas superiores somados a um cabeçalho IP:
 - **Versão:** Formato do cabeçalho do pacote IP;
 - **Tamanho do cabeçalho IP (HLEN):** Tamanho do cabeçalho do datagrama;
 - **Tipo de serviço (TOS):** Nível de importância atribuído por um determinado protocolo de camada superior;
 - **Extensão total:** Especifica o tamanho total do pacote em bytes, inclusive dados e cabeçalhos;

Anatomia de um Pacote IP

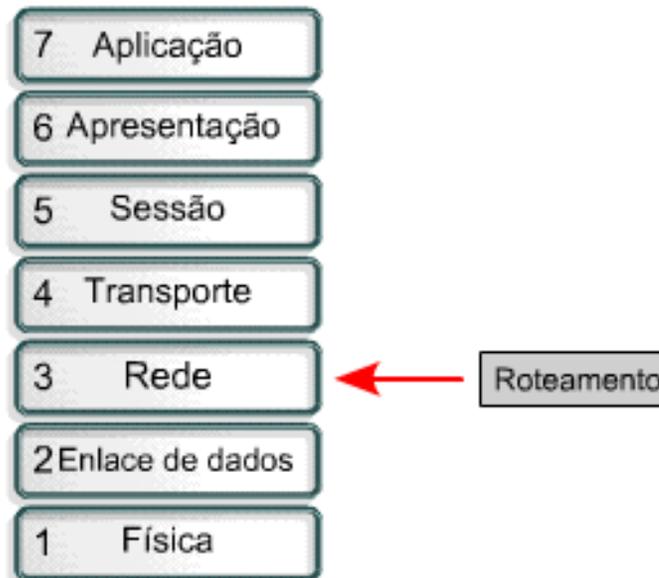
- **Identificação:** Número inteiro que identifica o datagrama atual;
- **Flags:** Um campo de três bits em que os dois bits de ordem inferior controlam a fragmentação;
- **Deslocamento de fragmento:** Usado para ajudar a juntar fragmentos de datagramas;
- **Time-to-live (TTL):** Campo que especifica o número de saltos pelos quais um pacote pode trafegar;
- **Protocol:** Protocolo de camada superior, por exemplo, TCP ou UDP;
- **Checksum do cabeçalho:** Ajuda a assegurar a integridade do cabeçalho IP;

Anatomia de um Pacote IP

- **Endereço de origem:** Especifica o endereço IP do nó de envio;
- **Endereço de destino:** Especifica o endereço IP do nó de recebimento;
- **Opções:** Permite que o IP suporte várias opções, como segurança e tamanho variável;
- **Enchimento:** Zeros são adicionados a este campo para assegurar que o cabeçalho IP seja sempre um múltiplo de 32 bits;
- **Dados:** Contêm informações da camada superior e possui tamanho variável, máximo de 64 Kb.

Visão Geral de Roteamento

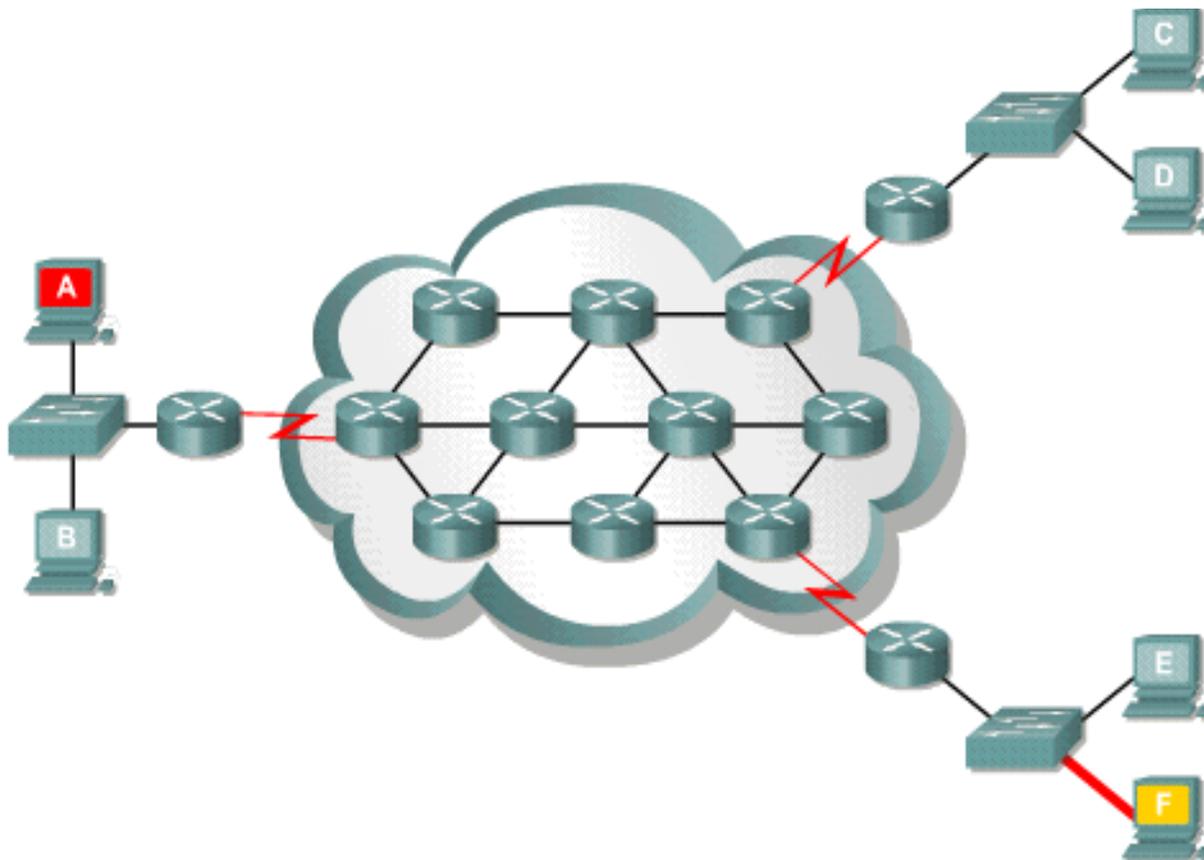
- **Roteamento:** é o processo que localiza o caminho mais eficiente entre dois dispositivos, sendo que o roteador tem uma visão das redes como várias organizações hierárquicas, que permitem o agrupamento de endereços individuais. Esses agrupamentos são tratados como uma única unidade até que o endereço de destino seja necessário para a entrega final dos dados.



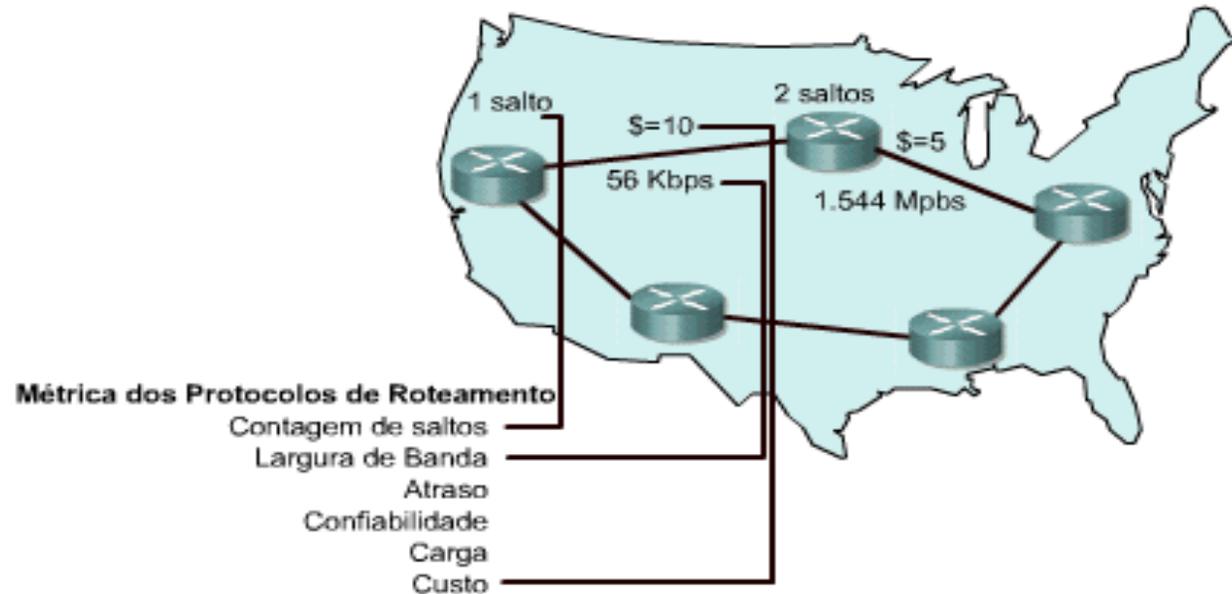
A camada de rede é responsável pelo roteamento dos pacotes através da rede.

Visão Geral de Roteamento

- **Roteamento:** O processo de escolha do melhor caminho para A alcançar F, é feito pelos roteadores.



Visão Geral de Roteamento

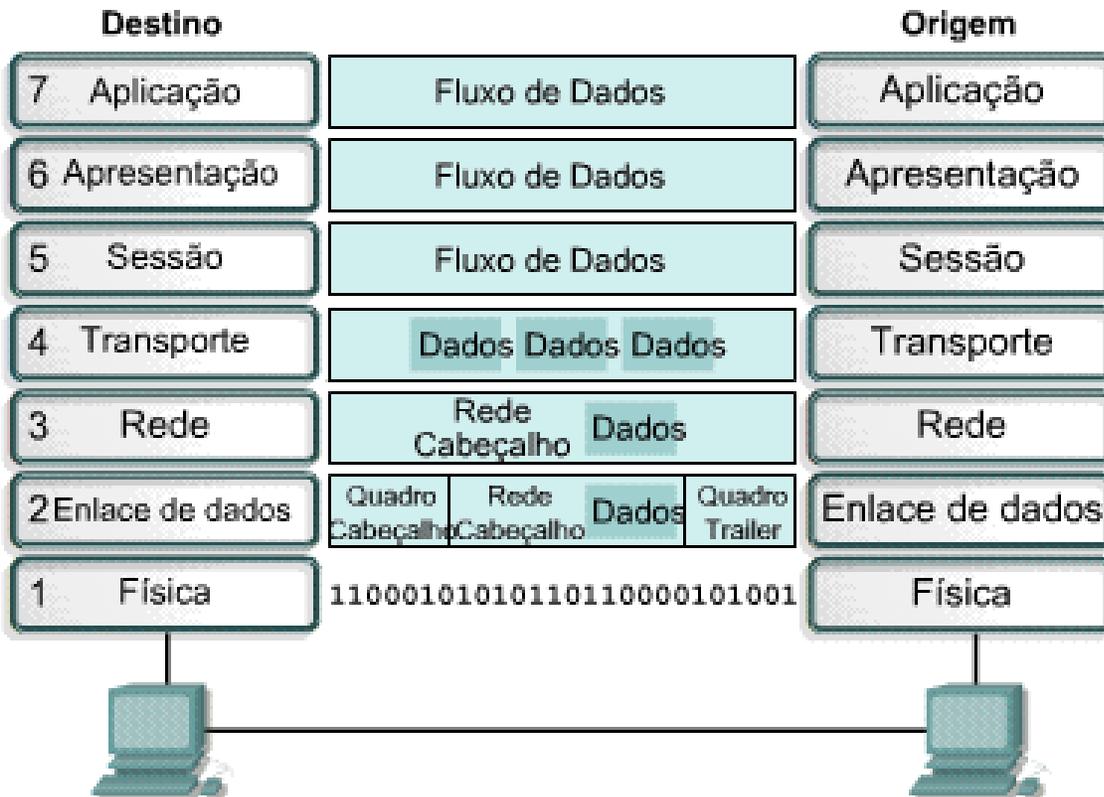


A camada de rede é responsável pelo roteamento dos pacotes através da rede.

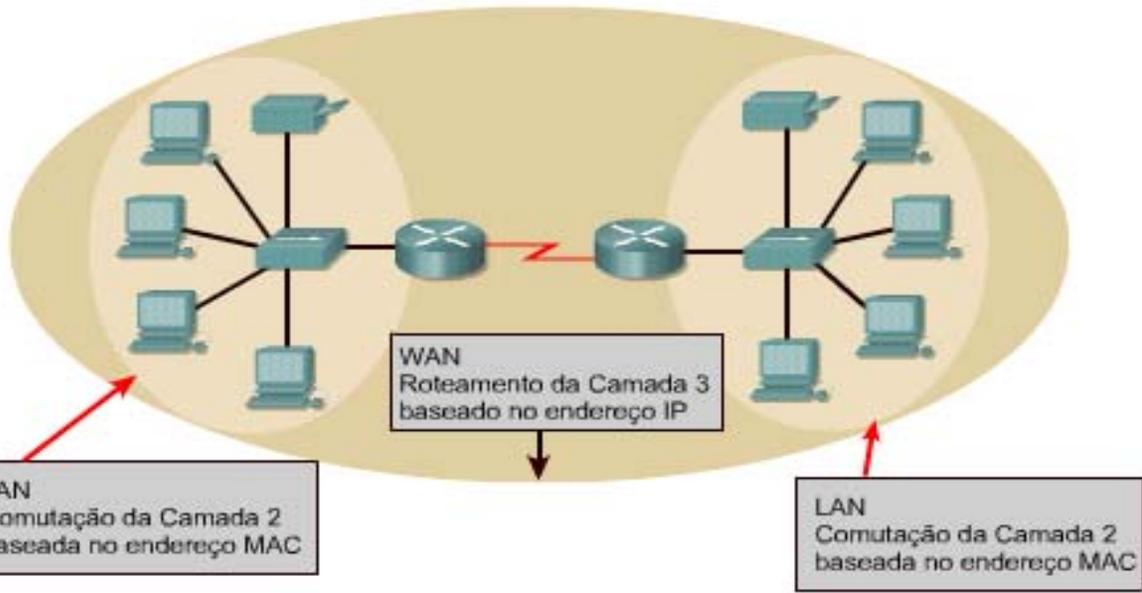
- **Métricas:** valores usados pelos protocolos de roteamento para encontrar a melhor rota.
- **Protocolos de roteamento:** usam várias combinações de métricas para determinar o melhor caminho para os dados.

Visão Geral de Roteamento

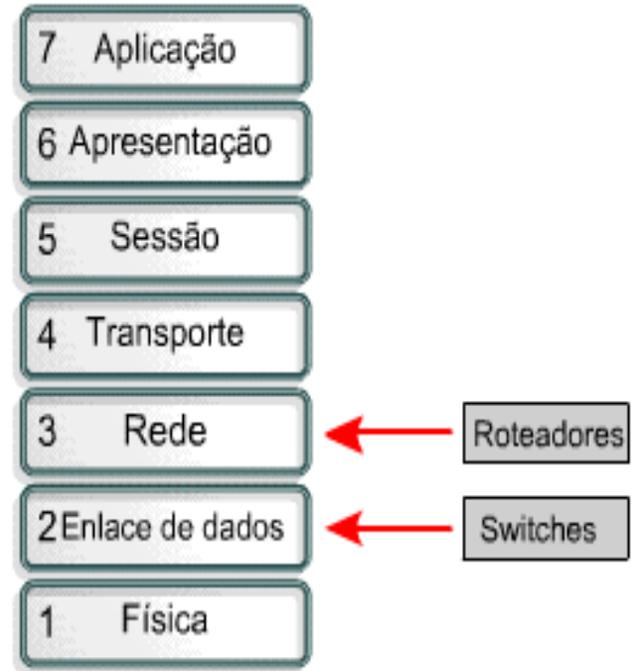
- O envio de dados de um dispositivo a outro envolve o encapsulamento e desencapsulamento em todas camadas OSI, sendo que quando os pacotes trafegam através de um roteador, é necessário desencapsular o quadro de camada 2 para se ter acesso ao endereçamento da camada 3.



Roteamento X Comutação



A comutação da Camada 3 é feita dentro da rede local. O roteamento da Camada 3 move o tráfego entre os domínios de broadcast. Isso exige o formato hierárquico de endereçamento proporcionado por um esquema de endereçamento da Camada 3, como é o caso do IP.



- **Roteamento:** é executado na camada 3 do Modelo OSI.
- **Comutação:** é executada na camada 2 do Modelo OSI.

Roteamento X Comutação

- **Forwarding Table (Switch):** tabela de encaminhamento com base no endereço MAC.
- **Tabela ARP (Roteador):** tem efeito somente sobre o domínio de broadcast ao qual está conectada.
- **Tabela de roteamento (Roteador):** permite rotear dados para fora do domínio de broadcast.

Roteamento X Comutação

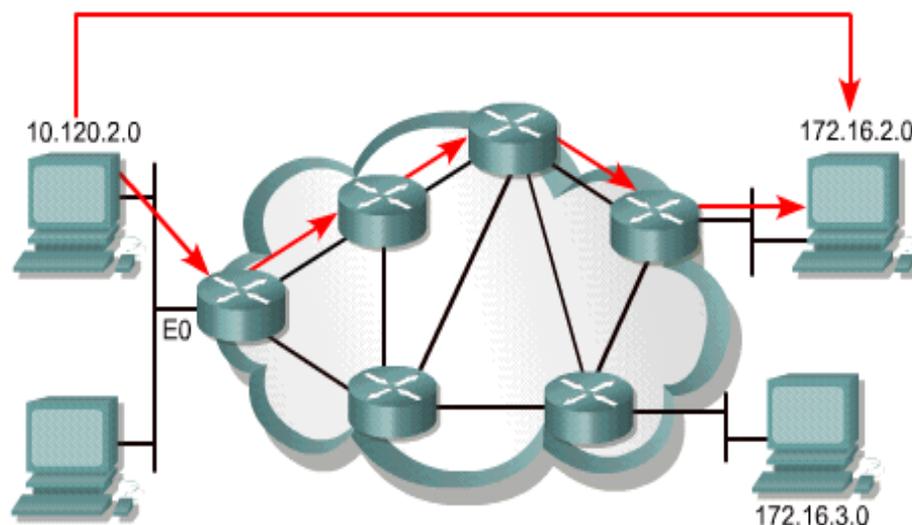
- **Comparação dos Recursos de Roteadores e Switches:**

Recursos	Roteador	Switch
Velocidade	Mais lento	Mais rápido
Camada OSI	Camada 3	Camada 2
Endereçamento usado	IP	MAC
Broadcasts	Bloqueia	Encaminha
Segurança	Mais alto	Mais baixo

A velocidade e segurança são comparações relativas e dependem das configurações do dispositivo.

Roteado X Roteamento

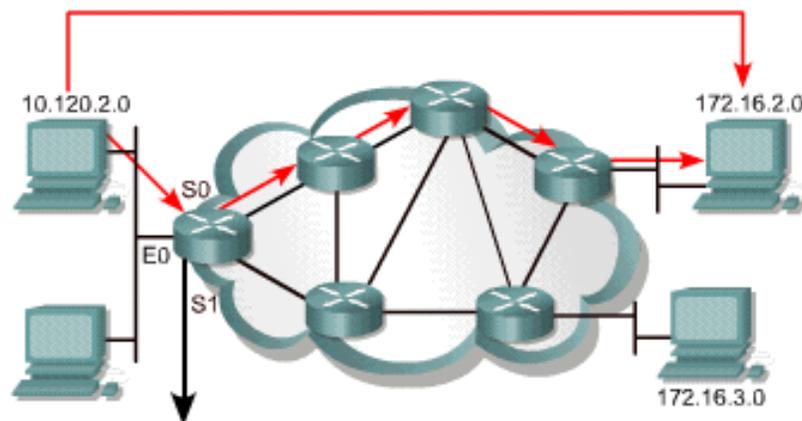
- **Protocolos Roteados:** fornecem informações para transferência de dados entre dispositivos.
- **Exemplos:**
 - IP, IPX, DECnet, AppleTalk, Banyan VINES e Xerox Network Systems (XNS).



O protocolo roteado transporta dados de uma estação final a outra.

Roteado X Roteamento

- **Protocolos de Roteamento:** encontram o melhor caminho para os dados.
- **Exemplos:**
 - RIP, IGRP, OSPF, EIGRP e BGP.



Protocolo de Rede	Rede de Destino	Interface de Saída
Conectado	10.120.2.0	E0
RIP	172.16.2.0	S0
IGRP	172.16.3.0	S1

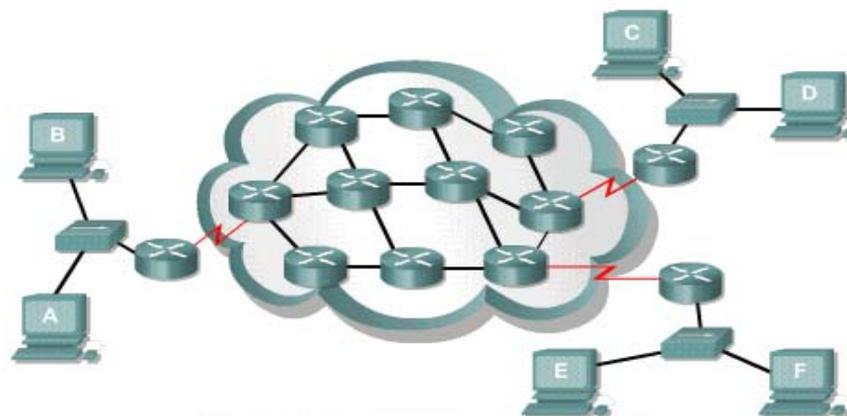
Protocolo de Roteamento = RIP, IGRP

Os protocolos de roteamento são usados entre roteadores para determinar caminhos e manter tabelas de roteamento

Depois de determinado o caminho, um roteador pode rotear um protocolo roteado

Determinação do Caminho

- O roteador aprende as rotas através de roteamento estático ou dinâmico:
 - **Rotas estáticas:** configuradas manualmente pelo administrador da rede;
 - **Rotas dinâmicas:** aprendidas com o uso de um protocolo de roteamento que pode utilizar saltos, largura de banda, atraso, confiabilidade e carga, como métricas para a escolha do melhor caminho.



Se o computador A estivesse enviando dados ao computador F, qual seria o caminho seguido pelos dados? Isso é determinado pelas informações constantes na tabela de roteamento.

Tabelas de Roteamento

- Os protocolos de roteamento são responsáveis por construir e gerenciar as **tabelas de roteamento** em uma rede com roteamento dinâmico.
- No caso do roteamento estático, o administrador da rede tem essas responsabilidades.

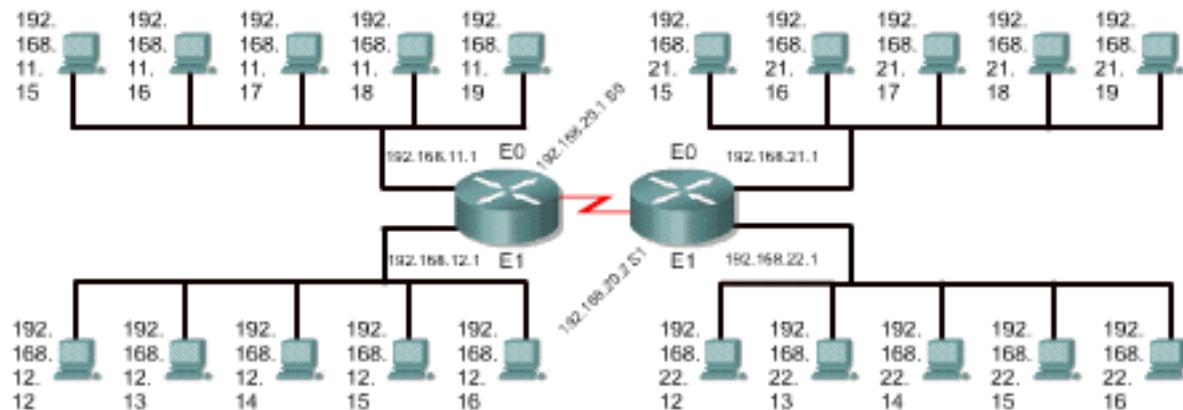


Tabela de Roteamento				
Aprendido	Endereço de Rede	Salto	Interface	
C	192.168.11.0	0	E0	
C	192.168.12.0	0	E1	
C	192.168.20.0	0	S0	
R	192.168.21.0	1	S0	
R	192.168.22.0	1	S0	

Tabela de Roteamento				
Aprendido	Endereço de Rede	Salto	Interface	
C	192.168.21.0	0	E0	
C	192.168.22.0	0	E1	
C	192.168.20.0	0	S1	
R	192.168.11.0	1	S1	
R	192.168.12.0	1	S1	

Tabelas de Roteamento

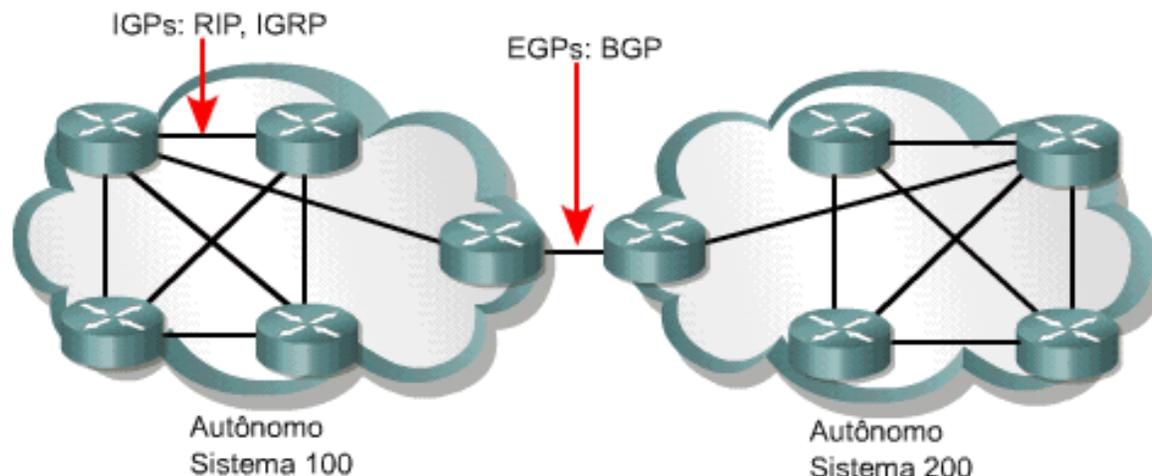
- As **Tabelas de Roteamento** possuem as seguintes informações que permitem o roteamento:
 - **Tipo de protocolo:** indica o protocolo que descobriu a rota;
 - **Associações com destino/próximo salto:** indica o endereço do próximo salto para enviar os dados para alcançarem a rede de destino;
 - **Métrica de roteamento:** indica o custo baseado nas métricas para alcançar uma rede;
 - **Interface de saída:** a interface na qual os dados devem ser enviados, para que cheguem ao destino final.

Algoritmos e Métricas de Roteamento

- Para tomar decisões, os **algoritmos** de roteamento dependem das **métricas**, tais como: Largura de banda, Atraso, Carga, Confiabilidade, Contagem de saltos, Ticks e Custo.

Protocolo	Métrica	Número máximo de roteadores	Origens
RIP	Contagem de saltos	15	Xerox
IGRP	<ul style="list-style-type: none">• Largura de Banda• Carga• Atraso• Confiabilidade	255	Cisco

IGP e EGP



- Um **sistema autônomo** é um conjunto de redes sob uma única administração.
- Os protocolos de roteamento são divididos em 02 grandes grupos: **IGPs** e **EGPs**, sendo que o primeiro opera dentro de um sistema autônomo (RIP, IGRP, EIGRP, OSPF e IS-IS) e o segundo opera entre os sistemas autônomos (BGP).

Vetor de Distância e Estado do Link

- **Vetor de distância:** determina a distância e a direção (vetor), para links conhecidos na internetwork.
- A distância pode ser a contagem de saltos até o link.
- Os roteadores enviam periodicamente todas ou parte das suas entradas da tabela de roteamento para roteadores adjacentes. Esse processo também é conhecido como roteamento por "rumor".
- **Exemplos:** RIP e IGRP.

Vetor de Distância e Estado do Link

- **Estado de link:** enviam atualizações quando ocorrem alterações de rota ou de link na rede e enviam atualizações de estado de link em intervalos maiores, a cada 30 minutos.
- Quando uma rota ou um link muda, o dispositivo que detectou a alteração cria um link-state advertisement (LSA) que é transmitido a todos os dispositivos vizinhos, que pegam uma cópia do LSA, atualizam seu banco de dados e enviam a todos os roteadores adjacentes.
- **Exemplos:** OSPF e IS-IS.
- **Híbrido balanceado:** Enhanced IGRP (EIGRP), exclusivo da Cisco inclui muitos dos recursos de estado de link, mas é na verdade, um protocolo avançado de roteamento de vetor de distância.

- **RIP:** Utiliza contagem de saltos como métrica para determinar a direção e a distância até qualquer link conhecido na internetwork.
- O melhor caminho será o que tiver o menor número de saltos, tendo no máximo 15 saltos.
 - **RIP versão 1 (RIPv1):** roteamento classful (por classes).
 - **RIP versão 2 (RIPv2):** roteamento classless (sem classes).
- **IGRP:** Seleciona o caminho mais rápido com base no atraso, largura de banda, carga e confiabilidade.
- Possui limite máximo de 255 saltos e tem como padrão o limite de 100 saltos.
- Utiliza somente roteamento classful.

Protocolos de Roteamento

- **OSPF:** Desenvolvido pela Internet Engineering Task Force (IETF) em 1988. Foi escrito para atender às necessidades de internetworks de grande porte.
- **IS-IS:** Usado para protocolos roteados diferentes do IP. O Integrated IS-IS é uma implementação expandida do IS-IS que suporta vários protocolos roteados, inclusive IP.
- **EIGRP:** Versão avançada do IGRP, oferece eficiência operacional superior, convergência rápida, baixa largura de banda de overhead (espaço sem dados) e também utiliza funções dos protocolos de roteamento de estado de enlace.
- **BGP:** Atua entre sistemas autônomos, garante a seleção de caminhos livres de loops, é o principal protocolo de anúncio de rota usado pelos ISPs e toma decisões de roteamento com base em políticas de rede ou em regras que usam vários atributos de caminhos, diferentemente das métricas utilizadas pelos IGPs.

Classes de Endereços IP de Rede

Classe A	Rede	Host		
Octeto	1	2	3	4

Classe B	Rede		Host	
Octeto	1	2	3	4

Classe C	Rede			Host
Octeto	1	2	3	4

Classe D	Host			
Octeto	1	2	3	4

Os endereços de Classe D são usados para grupos multicast. Não é necessário alocar octetos ou bits para separar os endereços de rede e host. Os endereços de Classe E são reservados apenas para pesquisas.

- As **classes de endereços IP** oferecem uma faixa de 256 a 16,8 milhões de hosts, que podem ser subdivididas em sub-redes menores.

Introdução a Sub-Redes

Endereço de rede Classe A 28.0.0.0

00011100.00000000.00000000.00000000
N . H . H . H

00011100.00000000.00000000.00000000
N . sN . sN H . H

Neste exemplo, doze bits foram designados para indicar a sub-rede.

Endereço de rede Classe B 147.10.0.0

10010011.00001010.00000000.00000000
N . N . H . H

10010011.00001010.00000000.00000000
N . N . sN H . H

Neste exemplo, cinco bits foram designados para indicar a sub-rede.

Endereço de rede Classe C 192.168.10.0

11000000.10101000.00001010.00000000
N . N . N . H

11000000.10101000.00001010.00000000
N . N . N . sN H

Neste exemplo, três bits foram designados para indicar a sub-rede.

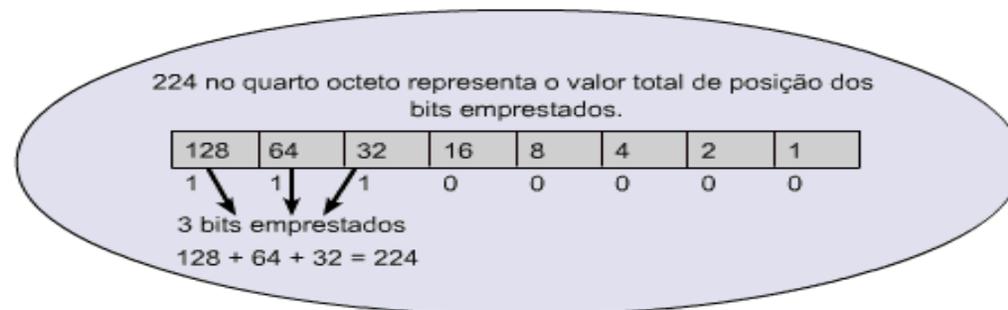
- Para se criar **sub-redes**, bits da parte de host são emprestados.
- Vantagem: gerenciabilidade, contenção de broadcast e segurança para as camadas inferiores.
- A segurança de acesso pode ser proporcionada com o uso de listas de acesso.

Endereço da Máscara de Sub-rede

- É necessário compreender números binários e posições de bits para se criar sub-redes.
- Ao pegar emprestado bits da parte do host, é necessário reservar pelo menos 02 bits no último octeto para permitir 02 endereços utilizáveis por sub-rede.

Bits emprestados	1	2	3	4	5	6	7	8
Valor	128	64	32	16	8	4	2	1

Formato com barras	/25	/26	/27	/28	/29	/30	N/A	N/A
Máscara	128	192	224	240	248	252	254	255
Bits emprestados	1	2	3	4	5	6	7	8
Valor	128	64	32	16	8	4	2	1



Endereço da Máscara de Sub-rede

- A **máscara de sub-rede** indica o limite entre a parte do host e da rede em um endereço IP, sendo que é criada com o uso de 1s binários nas posições dos bits relativos à rede e sub-redes.

Formato com barras	/25	/26	/27	/28	/29	/30	N/A	N/A
Máscara	128	192	224	240	248	252	254	255
Bits emprestados	1	2	3	4	5	6	7	8
Valor	128	64	32	16	8	4	2	1
Total de Sub-redes		4	8	16	32	64		
Sub-redes Utilizáveis		2	6	14	30	62		
Total de Hosts		64	32	16	8	4		
Hosts Utilizáveis		62	30	14	6	2		

Um endereço class C com uma máscara /25 pega emprestado somente um bit, como mostrado na tabela acima. Entretanto, um endereço classe B com uma máscara /25 pega emprestado 9 bits.

- O número de bits que se deve pegar emprestado, depende do número de sub-redes e número de hosts em cada sub-rede desejada.

- Calcula-se da seguinte maneira:

- $(2 \text{ elevado ao núm. de bits emprestados}) - 2 = \text{sub-redes utilizáveis.}$

- $(2 \text{ elevado ao núm. de bits restantes}) - 2 = \text{hosts utilizáveis.}$

Aplicação da Máscara de Sub-rede



No. da sub-rede	ID da sub-rede	Intervalo de Hosts	ID do broadcast
0	192.168.10.0	.1--.30	192.168.10.31
1	192.168.10.32	.33--.62	192.168.10.63
2	192.168.10.64	.65--.94	192.168.10.95
3	192.168.10.96	.97--.126	192.168.10.127
4	192.168.10.128	.129--.158	192.168.10.159
5	192.168.10.160	.161--.190	192.168.10.191
6	192.168.10.192	.193--.222	192.168.10.223
7	192.168.10.224	.225--.254	192.168.10.255

- A tabela é um exemplo das sub-redes e endereços criados pela atribuição de três bits ao campo de sub-rede. Isso criará oito sub-redes com 32 hosts por sub-rede.

Classes A e B em Sub-Redes

- A divisão em sub-redes das classes A e B é idêntica a da classe C, exceto pelo número de bits disponíveis para atribuição ao campo de sub-rede.
- Para saber quantos bits foram atribuídos à parte de rede é necessário ter a máscara de sub-rede e o endereço de rede.

Endereço de rede Classe B 147.10.0.0 (14 bits disponíveis)

11001011.00001010.00000000.00000000
 N . N . H . H

10010011.00001010.00000000.00000000
 N . N . sN . sN H

Neste exemplo, 12 bits foram designados para indicar a sub-rede.

Endereço de rede Classe A 28.0.0.0 (22 bits disponíveis)

00011100.00000000.00000000.00000000
 N . H . H . H

00011100.00000000.00000000.00000000
 N . sN . sN . sN H

Neste exemplo, 20 bits foram designados para indicar a sub-rede.

Cálculo da Sub-Rede (AND)

- O **ANDing** é um processo binário pelo qual o roteador calcula o endereço de sub-rede para um pacote enviado.
- É semelhante à multiplicação.
- O AND entre os endereços IP e a máscara de sub-rede, resulta no ID de sub-rede. O roteador usa essas informações para encaminhar o pacote pela interface correta.
- Calculadoras para sub-redes estão disponíveis na Web, mas um administrador de redes deve saber calcular sub-redes manualmente, para que possa projetar o esquema da rede com eficiência.

Endereço de Pacote	201.10.11.65	11001001.00001010.00001011.01000001
AND		
Máscara	255.255.255.224	11111111.11111111.11111111.11100000
ID da Sub-rede	201.10.11.64	11001001.00001010.00001011.01000000