

# Redes de Dados II

**3º Ano**

**Licenciatura em  
Engenharia Informática**

acunha@utad.pt

1

# Protocolos de encaminhamento

**Revisão**

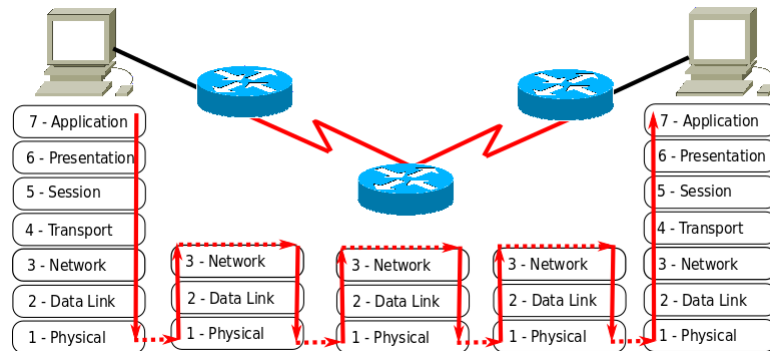
- ☐ Encaminhamento estático vs dinâmico
- ☐ Distancia Administrativa
- ☐ Métrica de uma rota

**Redes de Computadores**

**Acunha@utad.pt**

2

## Fluxo de Dados entre a origem e o destino

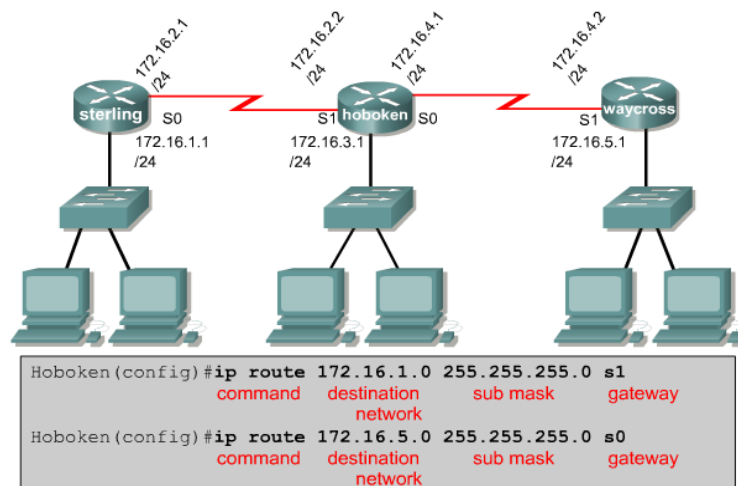


Redes de Computadores

3

Encaminhamento estático:

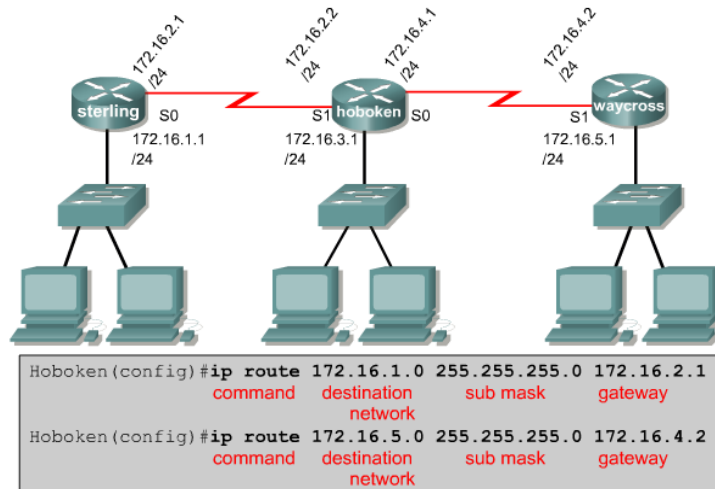
## Interface de saída



Redes de Computadores

4

## IP do router adjacente – *Next Hop*



Redes de Computadores

5

## Distância administrativa

- A distância administrativa (0 – 255)
  - Fornece uma medida da confiabilidade da rota.
- Quanto mais baixo o valor,
  - mais confiável a rota.
- Uma rota com uma distância administrativa mais baixa
  - será instalada antes de uma rota idêntica com uma distância administrativa mais alta.

Dist. Admin 0 – Direct connected  
Dist. Admin 1 – Static root (por default)

Redes de Computadores

6

## Métrica e Custo de uma rota

- A métrica de uma rota
  - é a forma como cada rota é avaliada ou seja, é uma medida da sua qualidade.
- Custo de uma rota
  - É um valor que traduz quanto melhor/pior é uma rota relativamente às outras, de acordo com a métrica.
- Os protocolos de encaminhamento
  - Classificam automaticamente as rotas com uma métrica
  - Cada protocolo tem distâncias administrativas definidas por defeito, consoante a sua eficiência de funcionamento

Redes de Computadores

7

## Comando: show ip route

```
Console - HyperTerminal
File Edit View Call Transfer Help

cisco_2621#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
        D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
        i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
        ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
        o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 192.168.10.1 to network 0.0.0.0

C    192.168.10.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C    192.168.20.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
    10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
R      10.1.32.0 [120/1] via 192.168.10.1, 00:00:15, FastEthernet0/0
S*   0.0.0.0 [1/0] via 192.168.10.1
cisco_2621#
```

Distancia administrativa

Custo

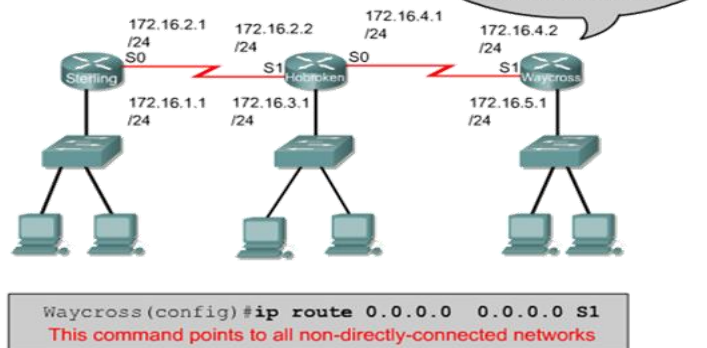
Redes de Computadores

8

## Redes ligadas Não-Diretamente

### ■ Rota de *default*

- Encaminham o tráfego de pacotes que não corresponde a nenhuma das rotas da tabela de encaminhamento



### Redes de Computadores

9

## Protocolos de encaminhamento

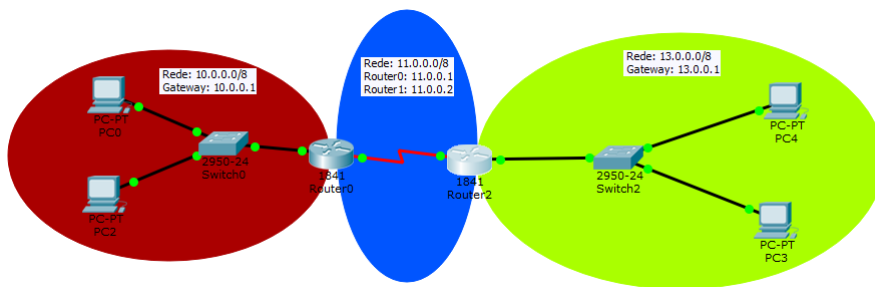
Conceitos

Protocolos vetor distância

10

# Simulação Packet Tracer

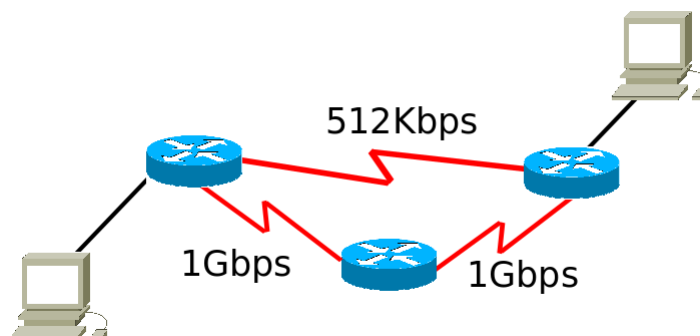
- Configure **rotas estáticas**
- Explique, passo-a-passo as camadas e os protocolos envolvidos na comunicação entre 2 hosts em redes diferente



Redes de Computadores

11

# Noção de melhor caminho



Redes de Computadores

12



## Processo de encaminhamento (routing)

---

- Efetuado pacote a pacote
  - Hop a hop.
- Cada pacote é tratado de uma forma independente
- Em cada hop o router
  - examina o endereço de destino e compara-o com a sua tabela de *routing*, baseado nesta informação pode:
    - Enviar o pacote para o router de próximo hop;
    - Enviar para o host de destino;
    - Descartar o pacote.

Redes de Computadores

13



## Processo de encaminhamento (routing)

---

- **Princípios de encaminhamento (Alex Zinin)**
  - 1- Cada router da rede toma as suas decisões de encaminhamento de uma forma independente
    - baseando-se apenas na sua tabela de *routing* (i.e. não se baseia na informação "conhecida" pelos restantes routers)
  - 2 - Pelo facto de um router ter uma determinada informação na sua tabela de *routing*
    - isso não significa que os outros tenham a mesma informação
  - 3 - A informação de *routing* acerca de um caminho de uma rede para outra
    - não fornece qualquer informação acerca da rota inversa

Redes de Computadores

14



Camada 3

## Encaminhamento Estático e dinâmico

### ■ Estático

- Usa uma rota programada que o administrador de rede insere no router.

### ■ Dinâmico

- Usa uma rota que o protocolo de encaminhamento ajusta automaticamente à topologia e às alterações de tráfego.

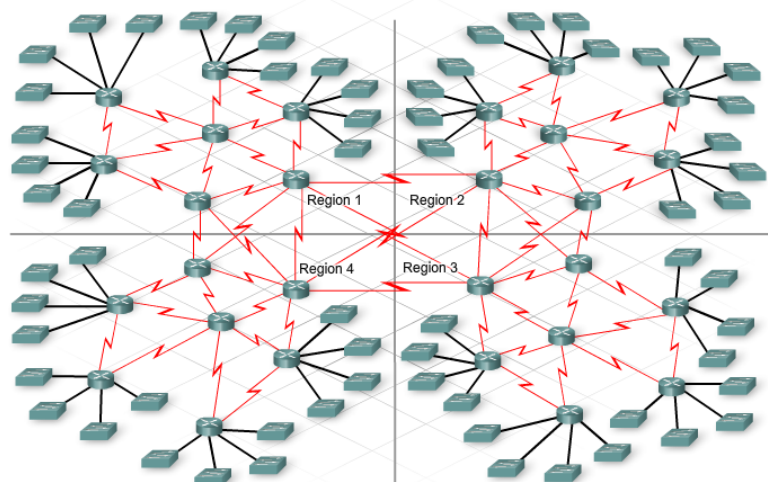
Redes de Computadores

15



## Problema !

Imagine maintaining static routing configurations for THIS network!

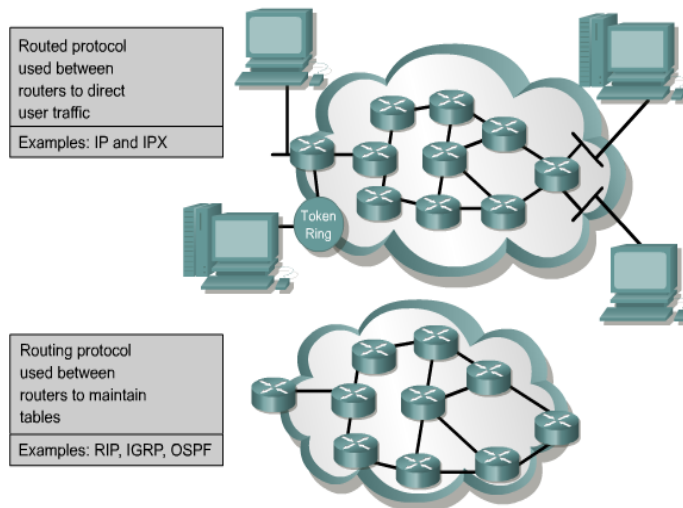


Redes de Computadores

16



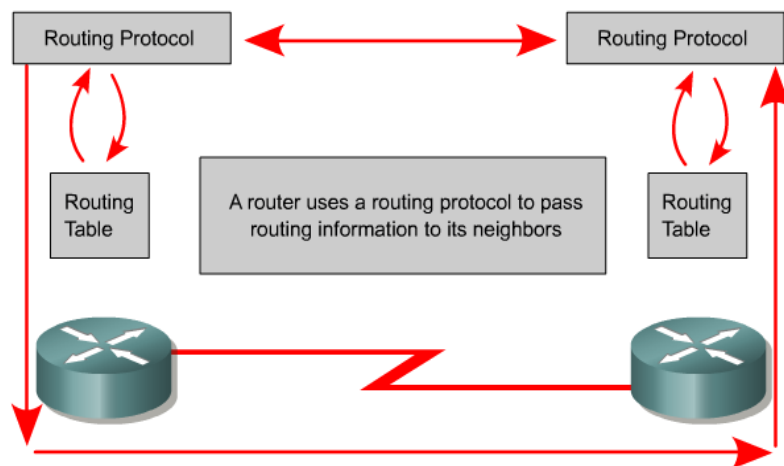
## Protocolos de Encaminhamento vs Protocolos Encaminhados



Redes de Computadores

17

## Encaminhamento Dinâmico

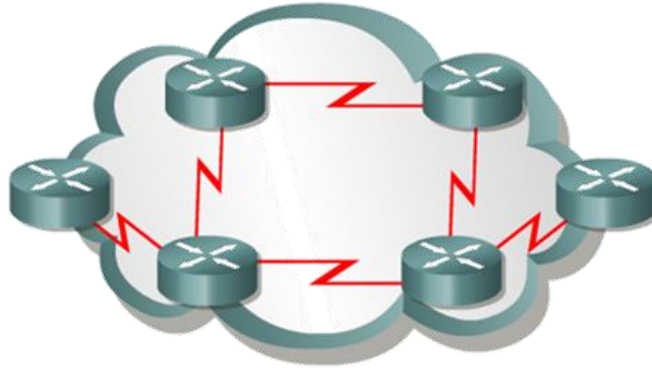


Redes de Computadores

18

## AS – Sistemas Autónomos

- **Coleção de redes sobre uma administração comum,** que partilham a mesma estratégia de encaminhamento.

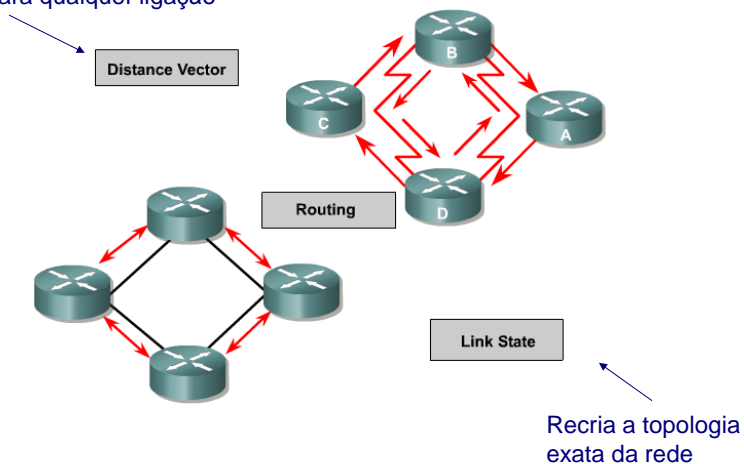


Redes de Computadores

19

## Classes dos Protocolos de encaminhamento

Determina a direcção ou vector para qualquer ligação

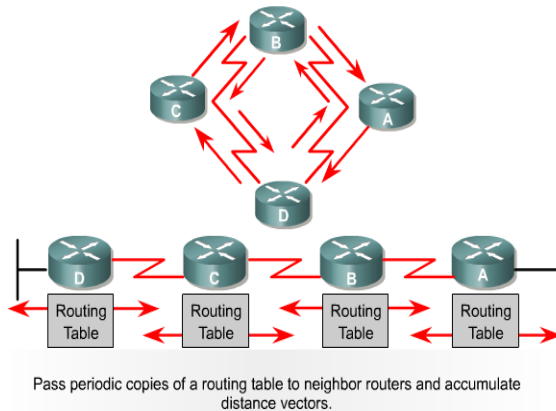


Redes de Computadores

20

## Conceito de Vector de Distância

- identificar os seus próprios vizinhos
- Quando há alteração a tabela é automaticamente atualizada
- Trocam com os outros periodicamente tabelas inteiras de encaminhamento
- O algoritmo acumula distâncias (nº de hop)



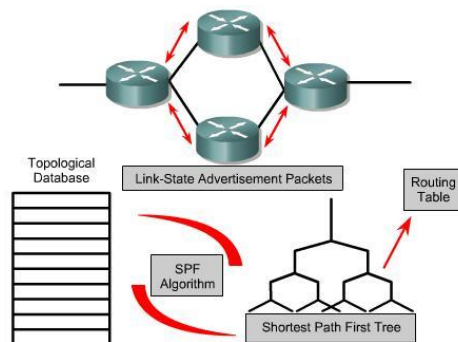
- Desvantagem
  - Tráfego de dados grande

Redes de Computadores

21

## Conceito de *Link-State*

*Algoritmo Dijkstra's ou Algoritmo shortest path first (SPF).*



Routers send LSAs to their neighbors. The LSAs are used to build a topological database. The SPF algorithm is used to calculate the shortest path first tree in which the root is the individual router. A routing table is then created.

- Utiliza
  - BD topológica
  - Algoritmo SPF – *Shorter Path First*
  - Árvore SPF
  - LSA - A link-state advertisement - pequenos pacotes com informações sobre os links
  - Requer mais memória + CPU
  - Manda *updates* quando há alterações

Redes de Computadores

22

## Configuração de Encaminhamento

### ■ Comandos

#### Command

```
Router(config)#router protocol {options}
```

Defines an IP routing protocol

#### Command

```
Router(config-router)#network network-number
```

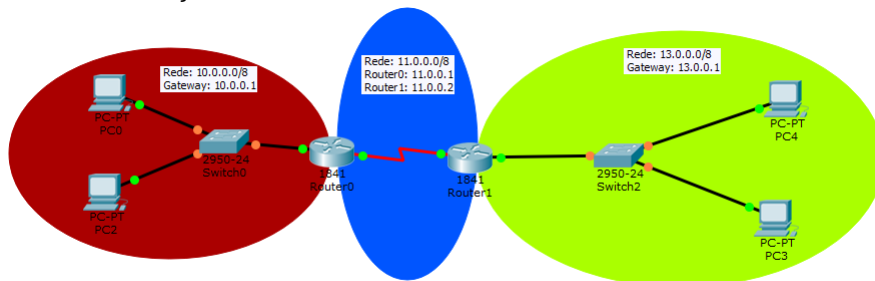
The network subcommand is a mandatory configuration command for each IP routing process

Redes de Computadores

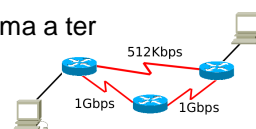
23

## Simulação Packet Tracer

- Configure o RIP v1
- Explique, passo-a-passo as camadas e os protocolos envolvidos na comunicação entre 2 hosts em redes diferente



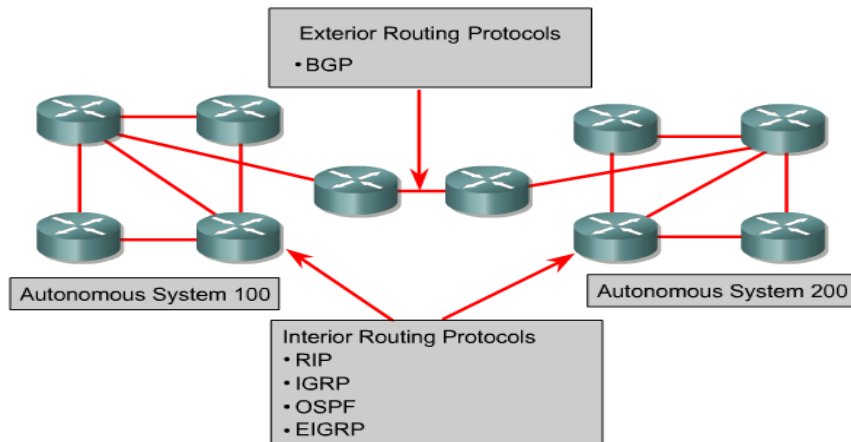
- Altere a ligação das duas redes de forma a ter 3 routers como os figura ao lado



Redes de Computadores

24

# Protocolos de Encaminhamento



Redes de Computadores

25

# Protocolos de encaminhamento

	Interior Gateway Protocols			Exterior Gateway Protocols
	Distance Vector Routing Protocols		Link State Routing Protocols	Path Vector
Classful	RIP	IGRP		EGP
Classless	RIPv2	EIGRP	OSPFv2	IS-IS
IPv6	RIPng	EIGRP for IPv6	OSPFv3	IS-IS for IPv6
				BGPv4 for IPv6

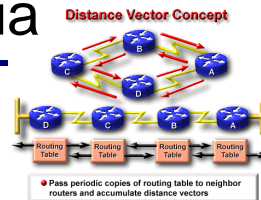
Highlighted routing protocols are the focus of this course.

Redes de Computadores

26

# Tempo de Convergência

- Depois de uma **mudança na topologia** (por crescimento, falha ou reconfiguração) os routers têm que recalcular as rotas, o que interrompe os encaminhamentos,
  - e implica por **momentos, inconsistência nas T.E.** (Tabelas de Encaminhamento) nos diversos routers, e assim decisões de encaminhamento erradas
- Diz-se que **há convergência** quando todos os routers têm uma perspectiva consistente da topologia da rede
- O processamento e o tempo necessário para um router fazer a reconvergência varia com os protocolos de encaminhamento.

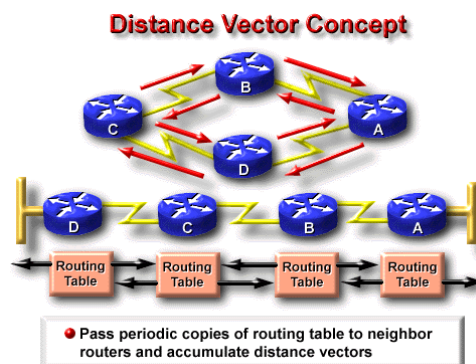


Redes de Computadores

27

## Conceito de Vector Distância

- Passa cópias periódicas da Tabela de Encaminhamento
- Cada *router* recebe do vizinho
  - Ex: *router* B
    - recebe de A
    - adiciona 1 à distância
    - e passa para C
- Este processo estende-se a todos *routers*
- No total o algoritmo acumula as distâncias
- Este tipo de algoritmos **não permitem** ao *router* conhecer a topologia exata da rede

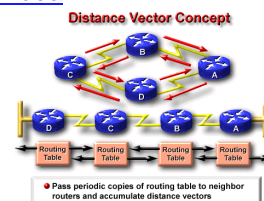


Redes de Computadores

28

# Conceito de Vetor Distância

- Periodicamente, cada *router* informa os vizinhos (T.E.)
  - quais as redes que alcança e qual a distância em nº de hops.
- Ao receber informações de um router B, o **router A atualiza a sua tabela em 3 casos quando:**
  - B informa um destino que A não conhece
  - B conhece um caminho mais curto para um certo destino
  - A distância para um destino passando por B muda



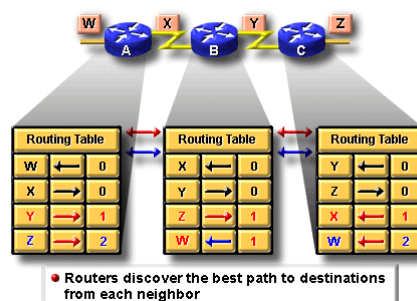
Redes de Computadores

29

## Como se trocam as Tabela de Encaminhamento

- Cada *router* começa identificando seus vizinhos
- Distância 0 a direta/ ligados
- À medida que o processo descoberta prossegue, o *router* descobre o melhor caminho para destino baseado na infor. que recebe do vizinho
- Ex: A aprende novas redes baseado na infor. de B
- Cada entrada na TE tem a distância acumulada para atingir certa rede e a direção

### Distance-Vector Network Discovery



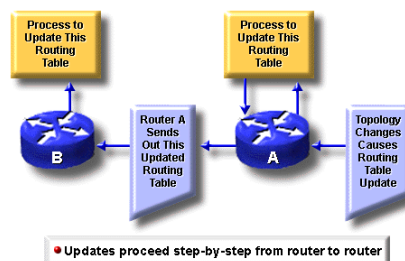
Redes de Computadores

30

## Propagação de alterações na topologia

- Quando há alterações da topologia,
  - ocorrem atualizações na Tabelas de Encaminhamento (T.E.)
- Nesses casos, os algoritmos vetor distância
  - enviam a T.E. completa a cada router adjacente
- As T.E. contêm:
  - informação sobre o custo total (definida na métrica)
  - o endereço lógico do primeiro *router* no caminho para cada rede contida na tabela.

### Mudanças na topologia da rede



Redes de Computadores

31

## Protocolo RIP

- **Convergência lenta** => Pode criar **inconsistências**
  - Quando uma rota melhor é anunciada todos os routers atualizam a sua tabela
  - Se um router deixa de anunciar uma rota **é necessário esperar a temporização para que os outros considerem a rota inalcançável**
  - Conclusão
    - As boas notícias espalham-se depressa, e
    - As más notícias nem sempre!
  - Esta situação causa **inconsistências**

Redes de Computadores

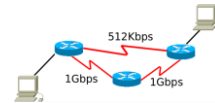
32



# Protocolo RIP

## ■ Problemas do RIP v.1

- Não reconhece Sub-Redes (*class full*)
- Métrica nem sempre ótima,  
Veja-se o exemplo da figura:



- Métrica 2 (saltos) para redes lentas
- Métrica 3 (saltos) para redes de alta velocidade

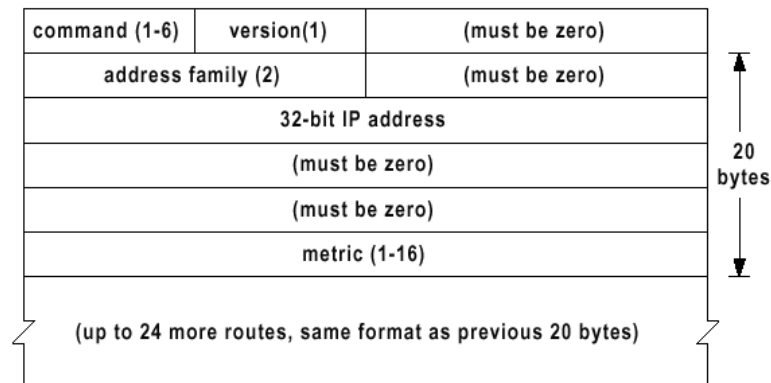
## ■ RIP v.2 (RFC 2453)

- Usa o multicast em vez do *broadcast*
- Reconhece sub-redes (*class less*)
- Possui esquema de autenticação dos *routers* participantes

Redes de Computadores

33

# Mensagem RIP Ver. 1



- dois tipos de mensagens: *request* e *reply*
- métrica=16: não existe rota para este destino

Redes de Computadores

34

# RIP (Routing Information Protocol) V.1

## ■ Histórico:

- ☐ derivado Protocolo Xerox para redes locais
- ☐ distribuído na 4BSD como *routed*
- ☐ RFC 1058 apenas em 1988
- ☐ Vector de distância

## ■ Tipo IRP – Inter-domainin Routing Protocol

## ■ Utiliza

- ☐ Protocolo UDP (porta 520)
- ☐ *Broadcast*
- ☐ Métrica: número de saltos (hops)
  - Um router está a “x hops” da rede na qual está conectado.

Redes de Computadores

35

# Mensagens RIP Ver. 1

## ■ Inicialização

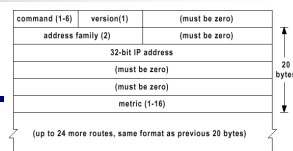
- ☐ Envia uma **msg request** especial a todas as interfaces pedindo as tabelas de encaminhamento completas dos routers vizinhos

## ■ Na receção de msg request

- ☐ Envia através de uma **msg reply** a tabela completa ou apenas as métricas dos endereços solicitados

## ■ Na receção da msg replay

- ☐ A mensagem é validada, podendo levar a atualização da tabela



u dois tipos de mensagens: *request* e *reply*  
u métrica=16: não existe rota para este destino

Redes de Computadores

36

## RIP (Routing Information Protocol) V.1

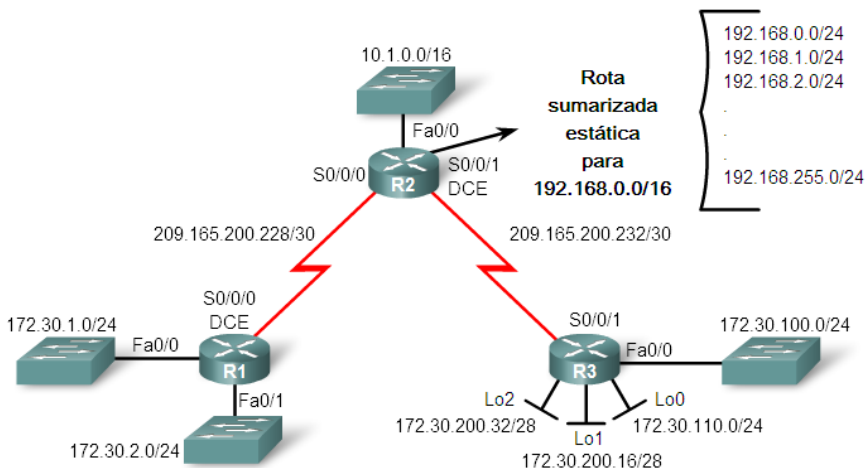
### ■ Anúncios (*advertising*) de rotas

- Informações contidas nas tabelas de roteamento atual
- Via broadcast
- Regulares: 30 em 30 segundos
- Ao perder a conectividade com uma rede, o *router* coloca a distância em infinito e não anuncia mais esta rota
- Para evitar que as rotas oscilem entre caminhos de mesmo custo
  - Rotas existentes **só podem ser atualizadas** por aquelas com um caminho de **custo inferior**
- Todas as rotas aprendidas via RIP têm um temporizador associado de 3 minutos.
  - Se uma rota não atualizada neste intervalo (6x intervalo de anuncio de rota) será retirada da tabela de roteamento.

Redes de Computadores

37

## Exemplo Config. RIP V.1



Redes de Computadores

38

## Configuração RIP 1 (EX)

```
R1 (config) #router rip
R1 (config-router) #network 172.30.0.0
R1 (config-router) #network 209.165.200.0
```

```
R2 (config) #ip route 192.168.0.0 255.255.0.0 null0
```

```
R2 (config) #router rip
```

```
R2 (config-router) #redistribute static
```

Rota estática configurada e redistribuída.

```
R2 (config-router) #network 10.0.0.0
```

```
R2 (config-router) #network 209.165.200.0
```

```
R3 (config) #router rip
```

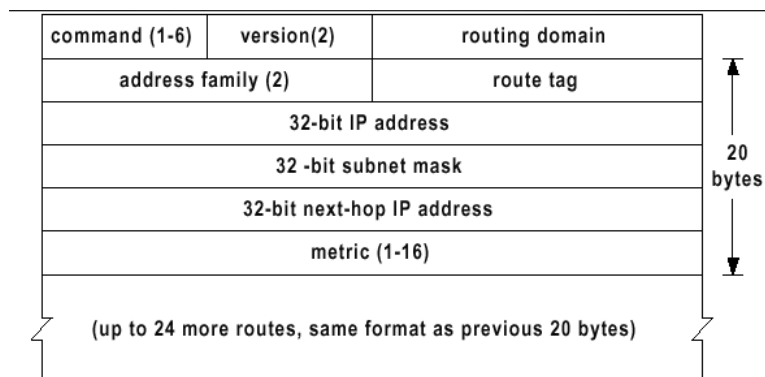
```
R3 (config-router) #network 172.30.0.0
```

```
R3 (config-router) #network 209.165.200.0
```

Redes de Computadores

39

## Protocolo RIP v.2



Redes de Computadores

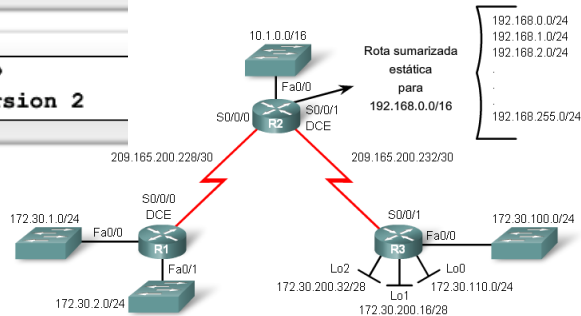
40

## Ativar RIP Ver 2

```
R1(config)#router rip
R1(config-router)#version 2
```

```
R2(config)#router rip
R2(config-router)#version 2
```

```
R3(config)#router rip
R3(config-router)#version 2
```



Redes de Computadores

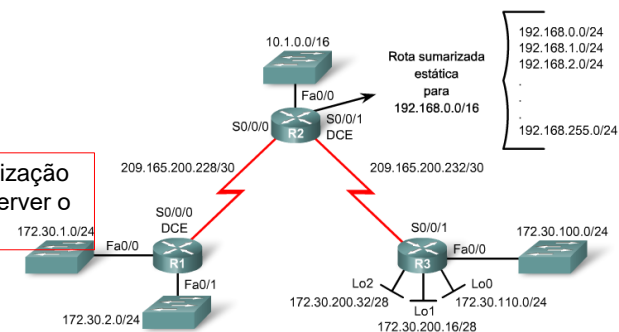
41

## Verificação do “running-config”

```
R1#show running-config
Building configuration...
!
hostname R1
!
interface FastEthernet0/0
 ip address 172.30.1.1 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/1
 ip address 172.30.2.1 255.255.255.0
!
interface Serial0/0/0
 ip address 209.165.200.230 255.255.255.252
 clock rate 64000
!
router rip
 version 2
 network 172.30.0.0
 network 209.165.200.0
 no auto-summary
!
***saída do comando omitida***
end
```

O que se pode ver aqui?

Já vamos falar da sumarização de rotas.... E para que serve o auto-summary!

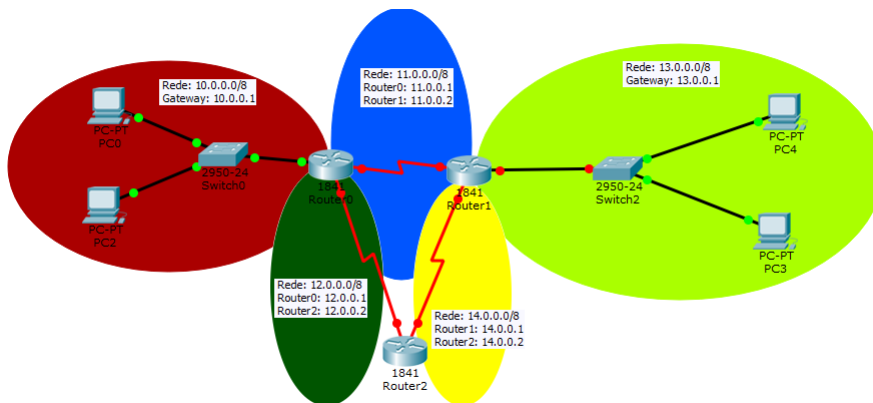


Redes de Computadores

42

# Simulação Packet Tracer

- Explique, passo-a-passo, a forma como os router configurados com RIP trocam informação e aprendem rotas.



## Redes de Computadores

43

## Protocolos de encaminhamento

### Conceitos

- Agregação de rotas
- Sumarização

44

# Agregação de Rotas

- A agregação de rotas é importante porque:
  - Redes perto umas das outras poupam espaço na tabela de encaminhamento
- Vejamos...
  - Cada rede necessita de uma entrada na tabela de encaminhamento
  - Cada subrede necessita de uma entrada na tabela de encaminhamento
  - A agregação pode reduzir o tamanho da tabela de encaminhamento

## Route aggregation is important for the following reasons:

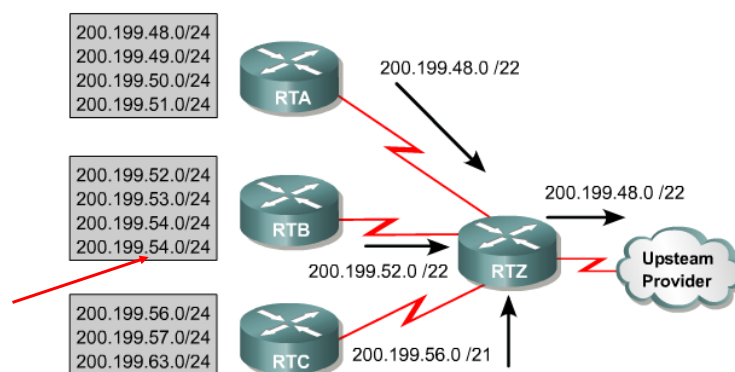
- Networks close to one another save routing table space.
- Every network needs a separate entry in the routing table.
- Each subnet needs a separate entry in the routing table.
- Route aggregation can reduce the size of the routing table.

## Redes de Computadores

45

## Route Summarization

# Sumarização de rotas



Route summarization reduces routing table size by aggregating routes to multiple networks into one supernet.

Without route summarization, Internet backbone routing would likely have collapsed sometime before 1997 !!

## Redes de Computadores

46

## Exemplo 1 - Sumarização

Addresses	First Octet	Second Octet	Third Octet	Fourth Octet
192.168.98.0	11000000	10101000	01100010	00000000
192.168.99.0	11000000	10101000	01100011	00000000
192.168.100.0	11000000	10101000	01100100	00000000
192.168.101.0	11000000	10101000	01100101	00000000
192.168.102.0	11000000	10101000	01100110	00000000
192.168.105.0	11000000	10101000	01101001	00000000

**Summary route is 192.168.96.0/20**

192.168.96.0	11000000	10101000	01100000	00000000
--------------	----------	----------	----------	----------

Redes de Computadores

47

## Exemplo 2 - Sumarização

Addresses	First Octet	Second Octet	Third Octet	Fourth Octet
172.16.0.0	10101100	00010000	00000000	00000000
172.16.2.0	10101100	00010000	00000010	00000000
172.16.3.128	10101100	00010000	00000011	10000000
172.16.4.0	10101100	00010000	00000100	00000000
172.16.4.128	10101100	00010000	00000100	10000000

**Answer:**

172.16.0.0/21	10101100	00010000	00000000	00000000
---------------	----------	----------	----------	----------

Redes de Computadores

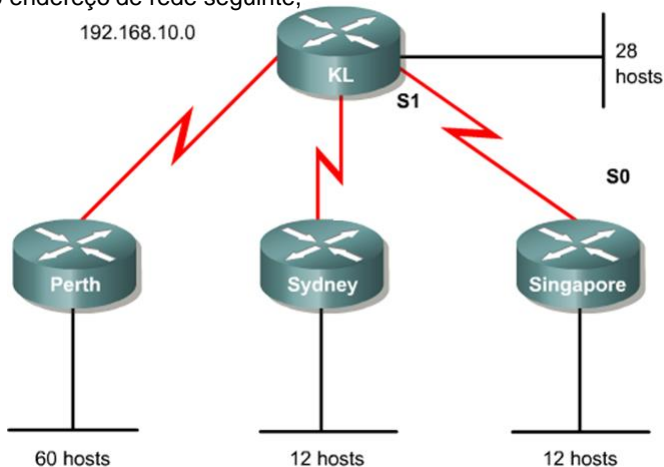
48



# Configurando VLSM

Dada o endereço de rede seguinte,

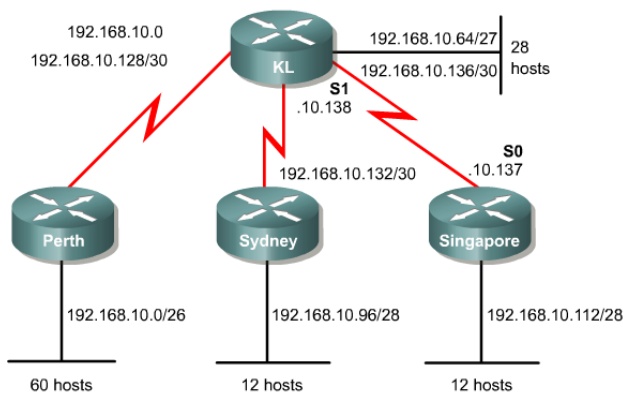
192.168.10.0



Redes de Computadores

49

# Configurando VLSM



192.168.10.0					
192.168.10.0/26	192.168.10.00	00 0000	/26		
192.168.10.64/27	192.168.10.01	00 0000	/27	64	
192.168.10.96/28	192.168.10.01	10 0000	/28	64+32	
192.168.10.112/28	192.168.10.01	11 0000	/28	64+32+16	
192.168.10.128/30	192.168.10.10	00 0000	/30	64+32+16+16	
192.168.10.132/30	192.168.10.10	00 0100	/30	64+32+16+16+4	
192.168.10.136/30	192.168.10.10	00 1000	/30	64+32+16+16+4+4	

50



## Exercício:

Faça a sumarização das seguintes rotas

---

### ■ Caso 1:

- ☐ 182.20.1.0 255.255.255.0
- ☐ 182.20.2.0 255.255.255.0
- ☐ 182.20.3.0 255.255.255.0

### ■ Caso 2:

- ☐ 72.16.72.0 /25
- ☐ 72.16.80.0 /20
- ☐ 72.16.14.0 /24
- ☐ 72.16.30.0 /26
- ☐ 72.16.0.0 /21

Redes de Computadores

51



## Exercício:

Faça a sumarização das seguintes rotas

---

### ■ Caso 3:

- ☐ 10.12.19.0/25
- ☐ 10.12.15.0/26
- ☐ 10.12.16.0/23
- ☐ 10.12.44.0/23
- ☐ 10.12.58.224/29
- ☐ 10.12.32.0/21
- ☐ 10.12.58.0/28

Redes de Computadores

52