

Camada de Rede

Prof. Rone Ilídio

Baseado no Capítulo IV do livro Redes de Computadores e a Internet - Kurose

Tópicos

4.1 Introdução

4.1.1 Roteamento e Repasse

4.1.2 Modelos de serviço de rede

4.2 Redes de circuitos virtuais e datagramas

4.2.1 Redes de circuitos virtuais

4.2.2 Redes de datagramas

4.3 O que há dentro de um roteador?

4.3.1 Portas de entrada

4.3.2 Elemento de comutação

4.3.3 Portas de saída

4.3.4 Onde ocorre formação de fila?

4.4 Protocolo da Internet (IP): repasse e endereçamento na Internet

4.4.1 Formato do datagrama

4.4.2 Endereçamento IPv4

4.4.4 IPv6



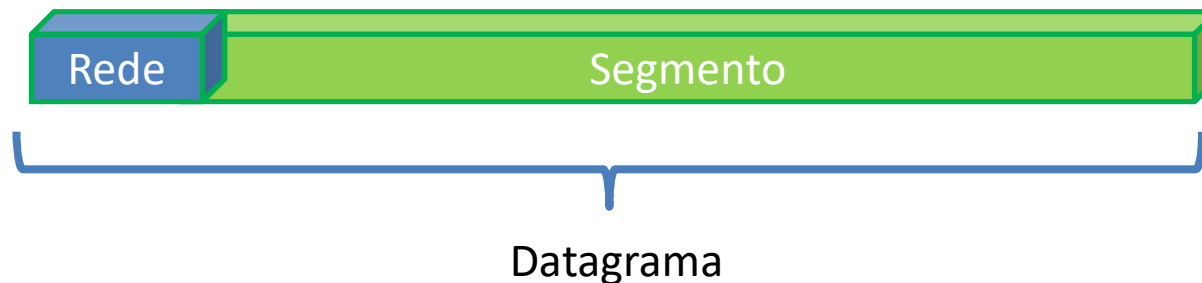
Introdução

- Serviço da Camada de Rede: transportar segmentos de um hospedeiro origem para um hospedeiro destino.

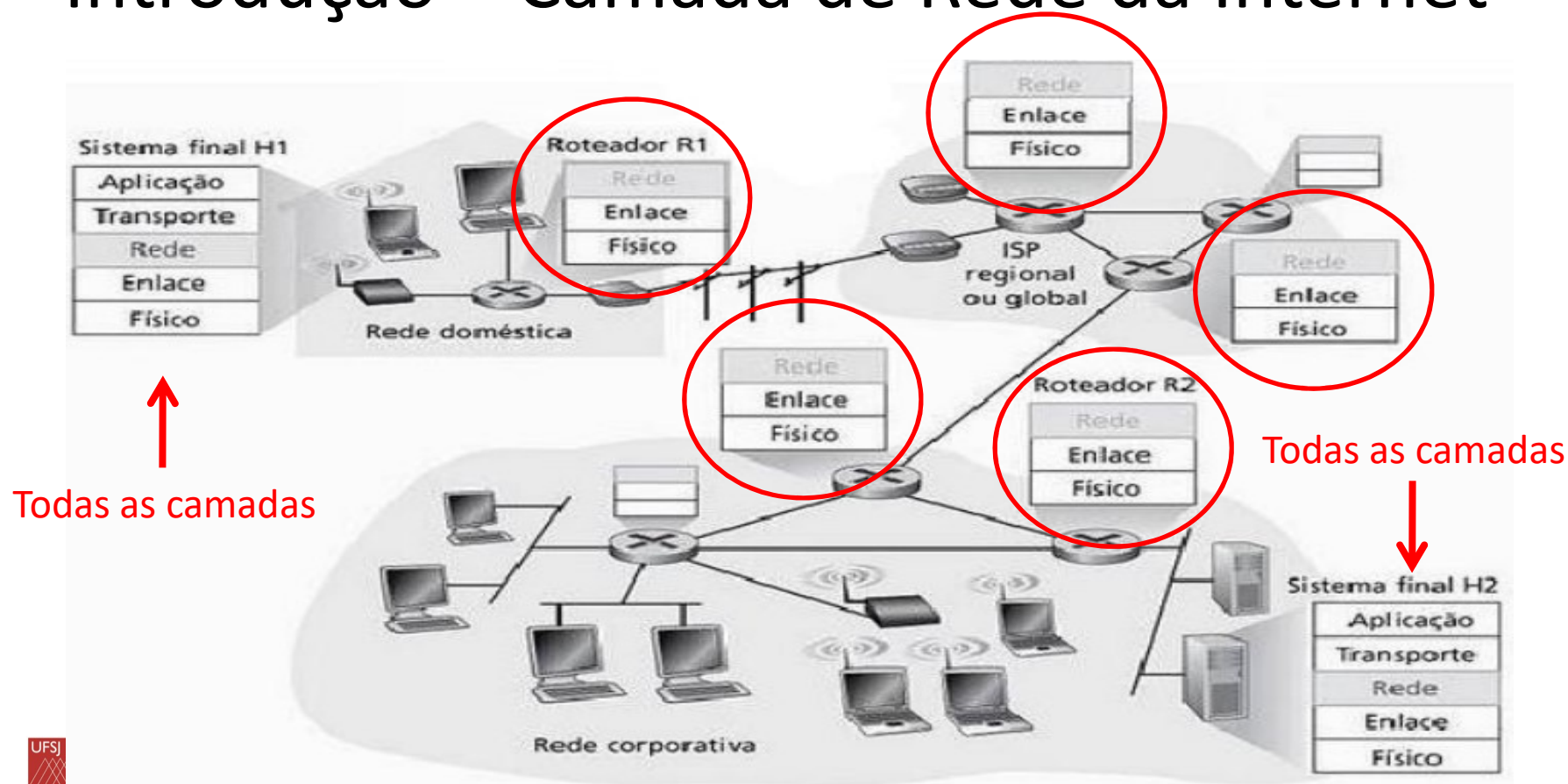


Introdução

- Datagrama: pacote da Camada de Rede
- A Internet é uma rede de datagramas



Introdução – Camada de Rede da Internet

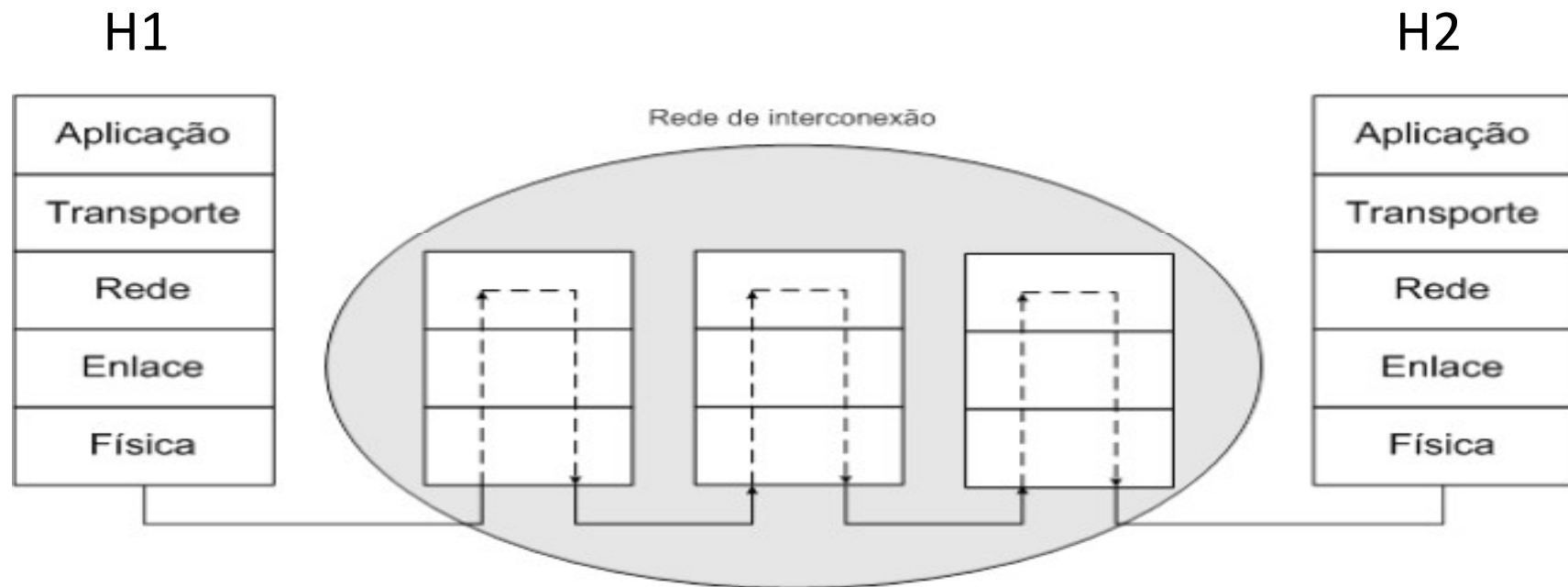


Introdução – Camada de Rede da Internet

- Na figura apresentada, considere que o hospedeiro H1 esteja enviando informações para H2.
- Vários roteadores pelo caminho
 - H1 pega um segmento da camada de transporte, encapsula para formar um datagrama (pacote da camada de rede) e envia para R1.
 - H2 recebe de R2 o datagrama, extrai o segmento e envia para a camada de transporte
- Os nós intermediários só exibem até a Camada de Redes em sua pilha



Introdução – Camada de Rede da Internet



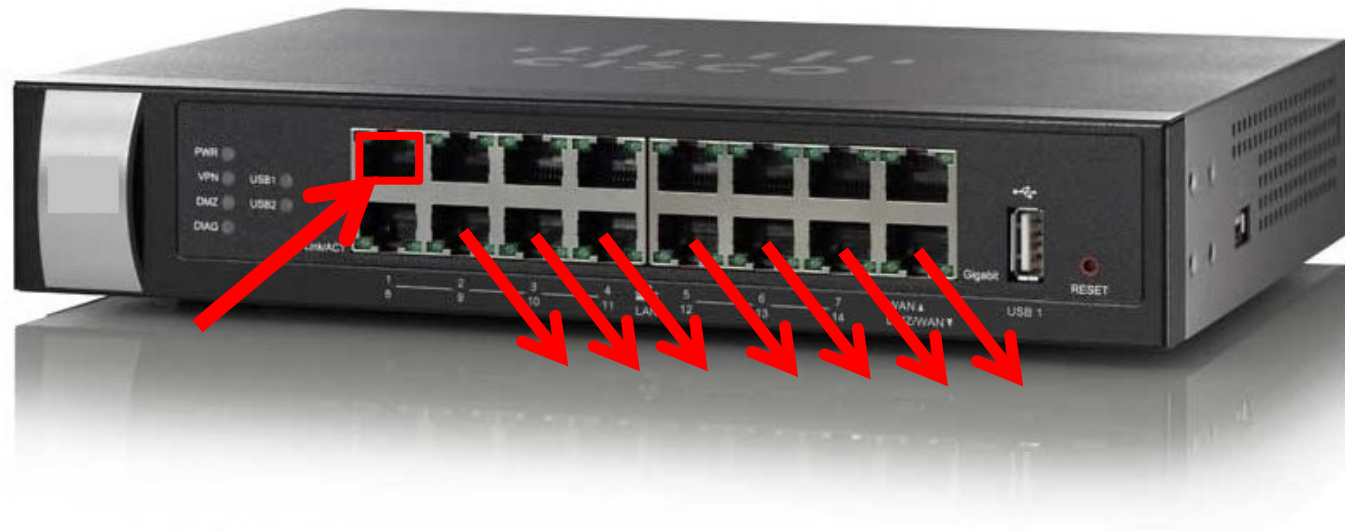
Roteamento e Repasse

- **Repasse:** ação interna do roteador → recebe em um enlace e encaminha para outro.
- **Roteamento:** ação de um conjunto de nós → define a rota de um pacote.



Roteamento e Repasse

- Repasse



Roteamento e Repasse

- Roteamento

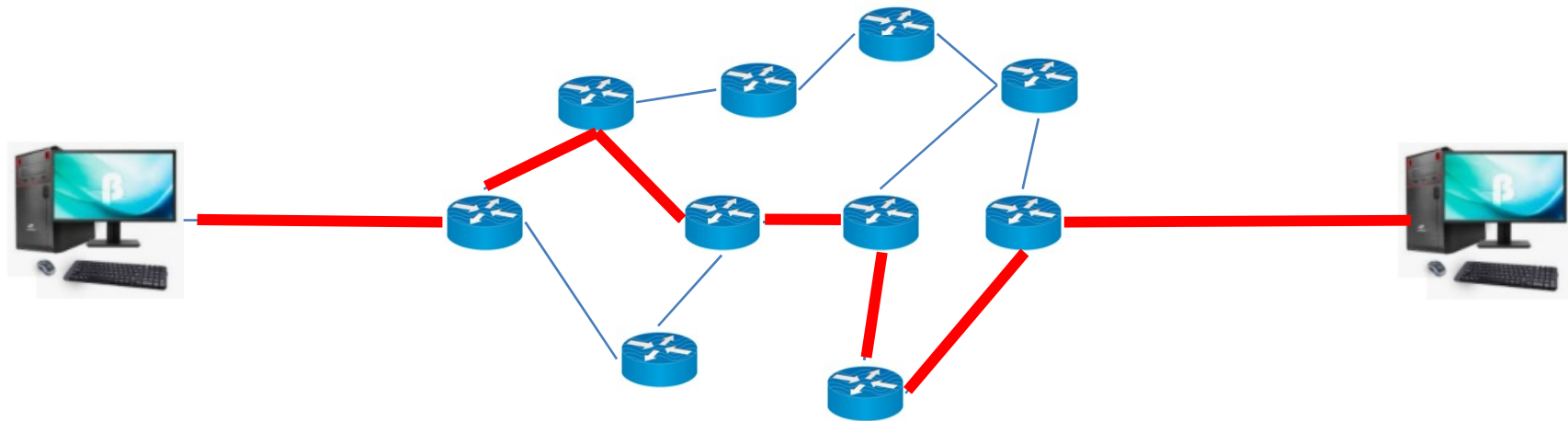


Tabela de Repasse

- Tabela em cada roteador que define para qual enlace de saída será repassado um pacote.

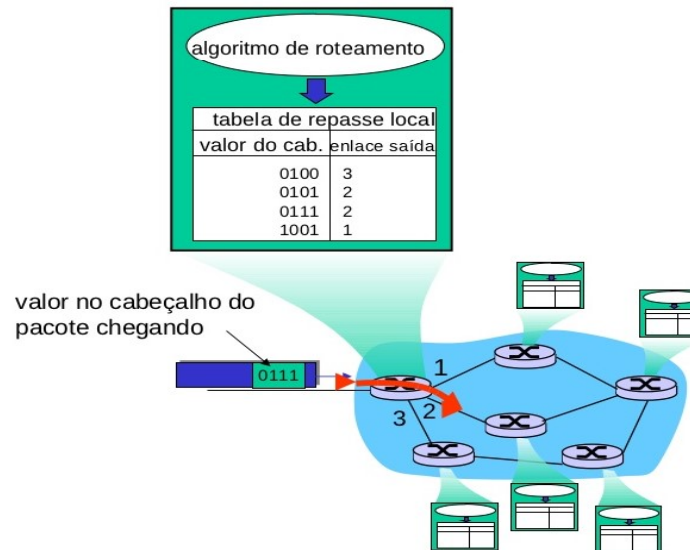


Tabela de Repasse

- Na Internet



Endereço IP de destino: 151.54.2.78

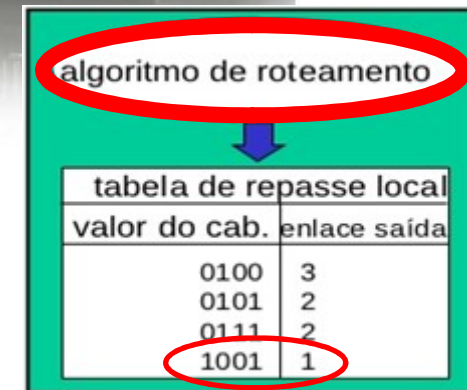
1001 0111.0011 0110.0000 0010.0100 1110



Analisa o prefixo do endereço de destino



Universidade Federal
de São João del-Rei



Algoritmos de Roteamento

- Preenchem as tabelas de repasse dos roteadores
- Troca de mensagens entre roteadores
- Exemplos:
 - MPLS - *MultiProtocol Label Switching*
 - OSPF - *Open Shortest Path First*
 - BGP - *Border Gateway Protocol*
 - RIP – *Routing Information Protocol*



Algoritmos de Roteamento

- Classificação
 - Centralizado ou descentralizado
 - Estático e dinâmico
 - Sensíveis à carga e Insensíveis à carga
 - Estado do enlace ou vetor distância

Modelos de Serviço de Rede

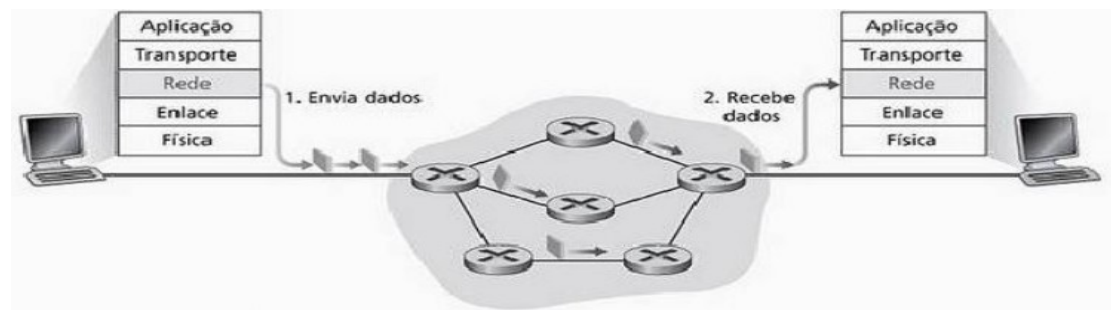
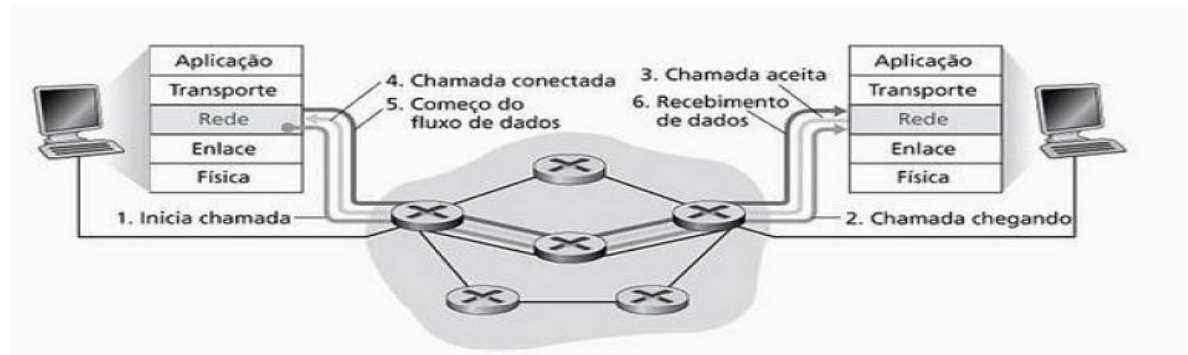
- Define as características de envio entre extremidades
- Possíveis serviços:
 - Entrega garantida
 - Atraso limitado
 - Entrega em ordem
 - Banda mínima
 - Jitter máximo
 - Segurança

A camada de Redes da Internet oferece o serviço de melhor esforço.



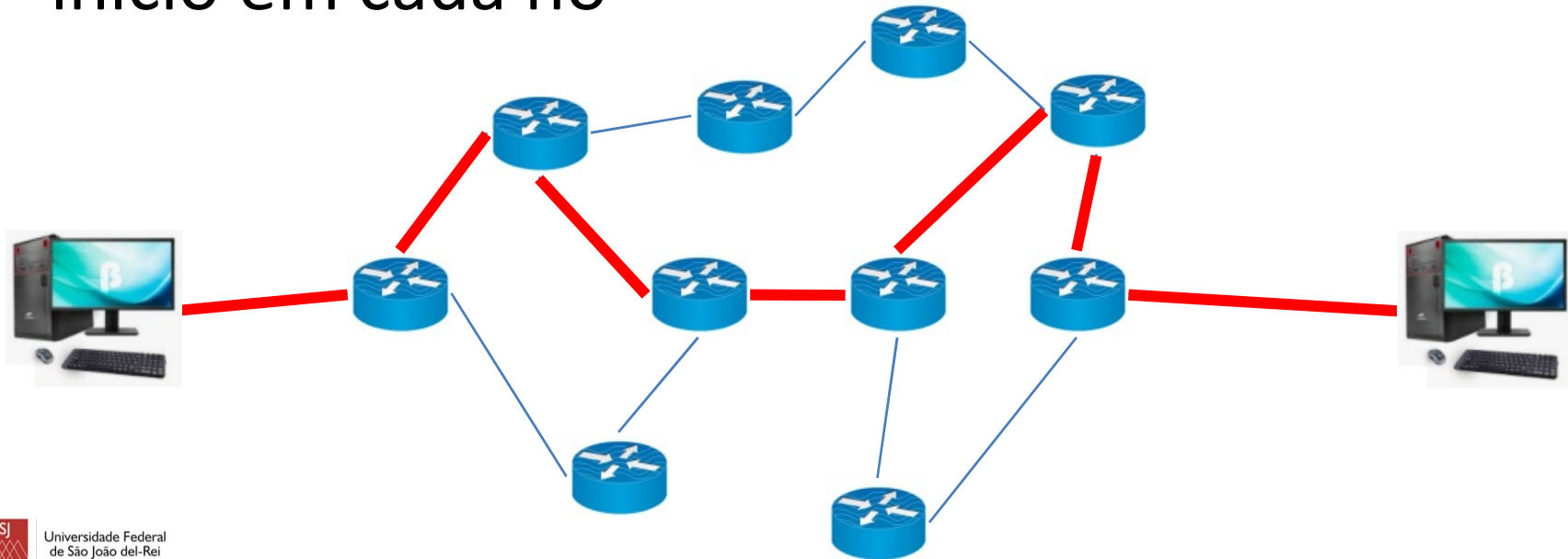
Circuitos Virtuais e Datagramas

- Circuitos Virtuais
 - Estabelece conexão
 - Cada nó no caminho sabe a saída
- Redes de Datagramas
 - Pacote com o endereço do destino



Redes de Circuitos Virtuais

- Circuitos Virtuais: conexão estabelecida no início em cada nó



Redes de Circuitos Virtuais

- Circuitos virtuais
 - Cada circuito é identificado em cada roteador
- Controle da conexão no núcleo da rede
- Fases do circuito virtual
 - Estabelecimento da conexão em cada nó
 - Transferência de dados
 - Encerramento



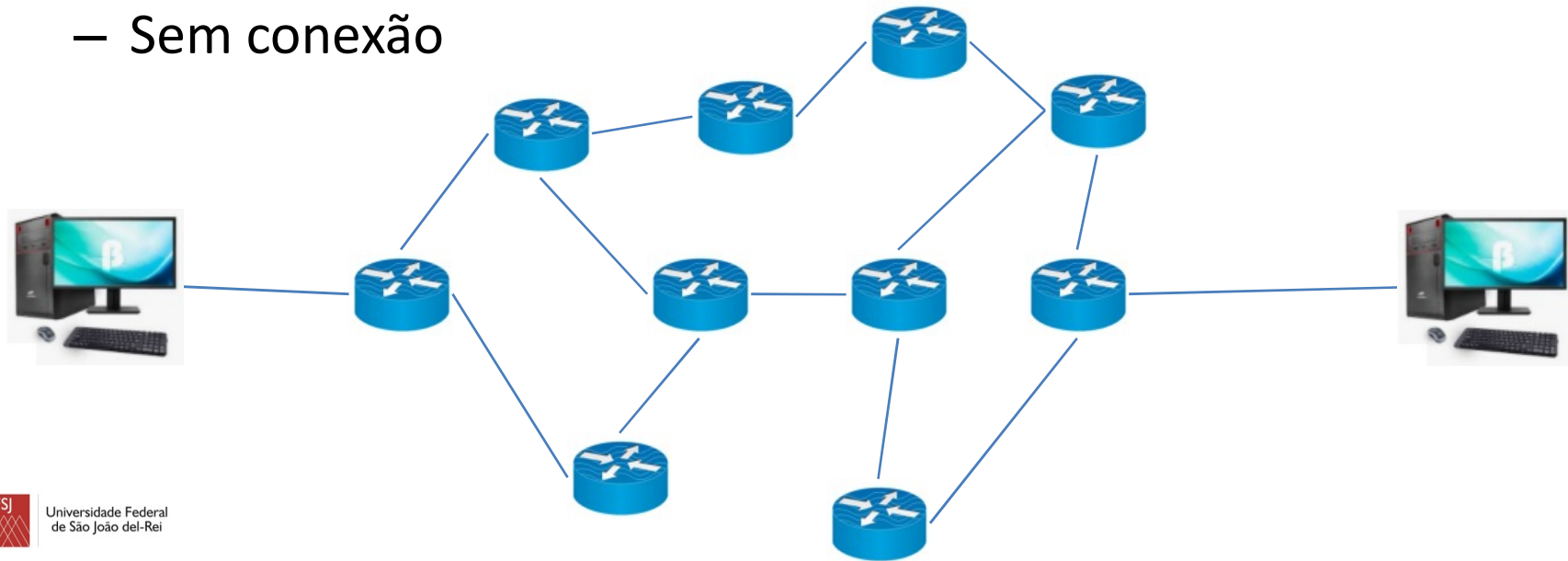
Exemplo de Redes de Circuito Virtual

- Redes ATM - *Asynchronous Transfer Mode*
 - Cria conexões por circuitos virtuais (CV)
 - Exemplo de utilização: aplicações distribuídas com transmissão de imagens de alta resolução
- Dois modelos de serviços:
 - CBR (Constant Bit Rate) – taxa constante de bits
 - ABR (Available Bit Rate) – garantia de taxa mínima de transmissão



Redes de Datagramas

- Rede de Datagramas: pacotes com o endereço destino
 - Podem utilizar caminhos diferentes
 - Sem conexão



O que há dentro de um roteador?



O que há dentro de um roteador?

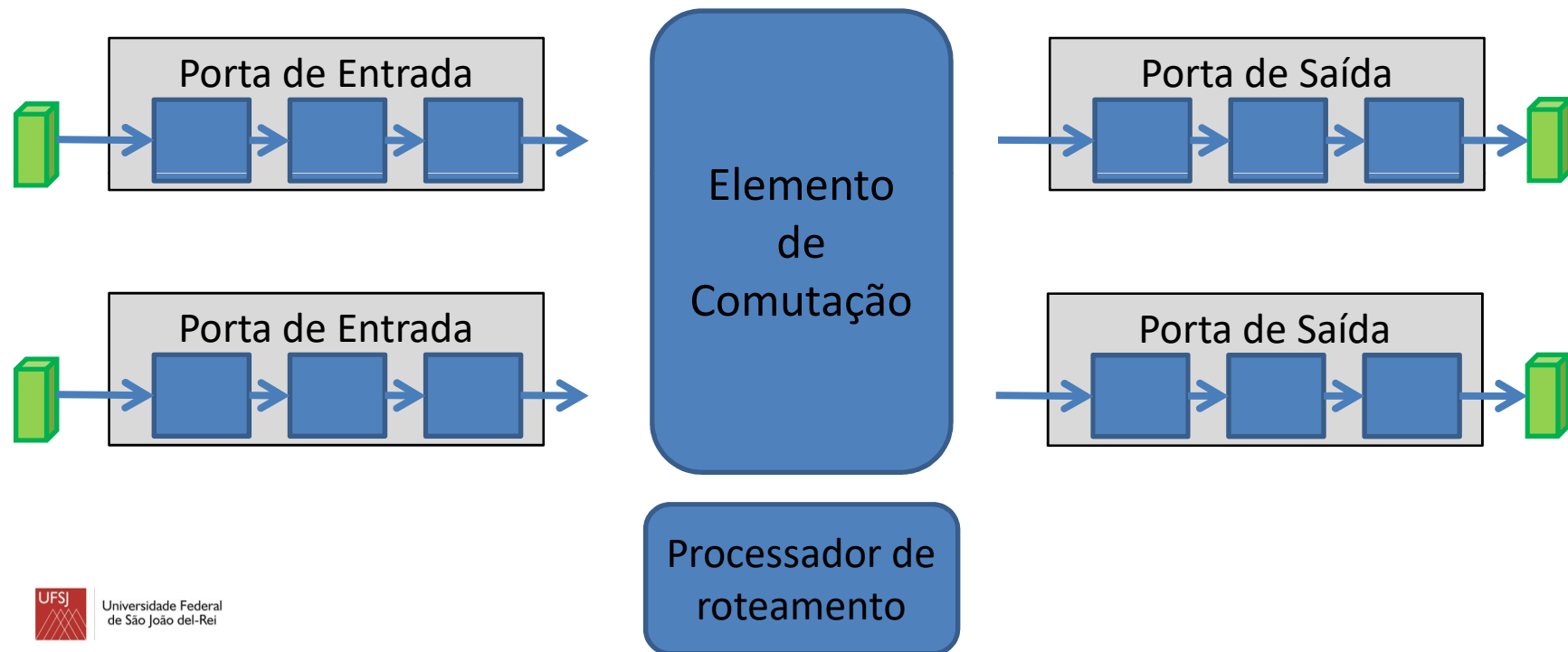
- Arquitetura do roteador

Separaremos
portas de entrada
e portas de saída



O que há dentro de um roteador?

- Arquitetura do roteador

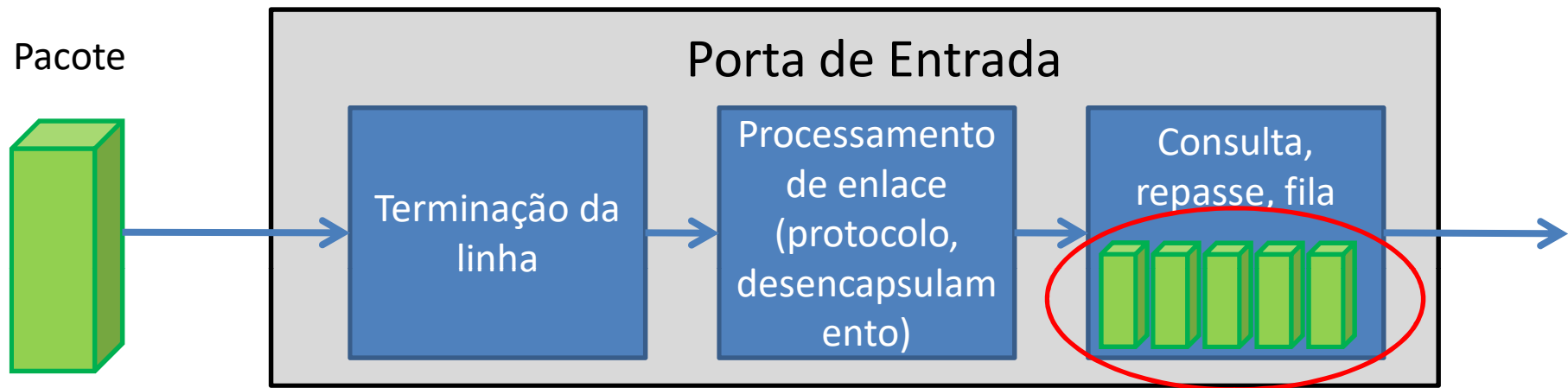


O que há dentro de um roteador?

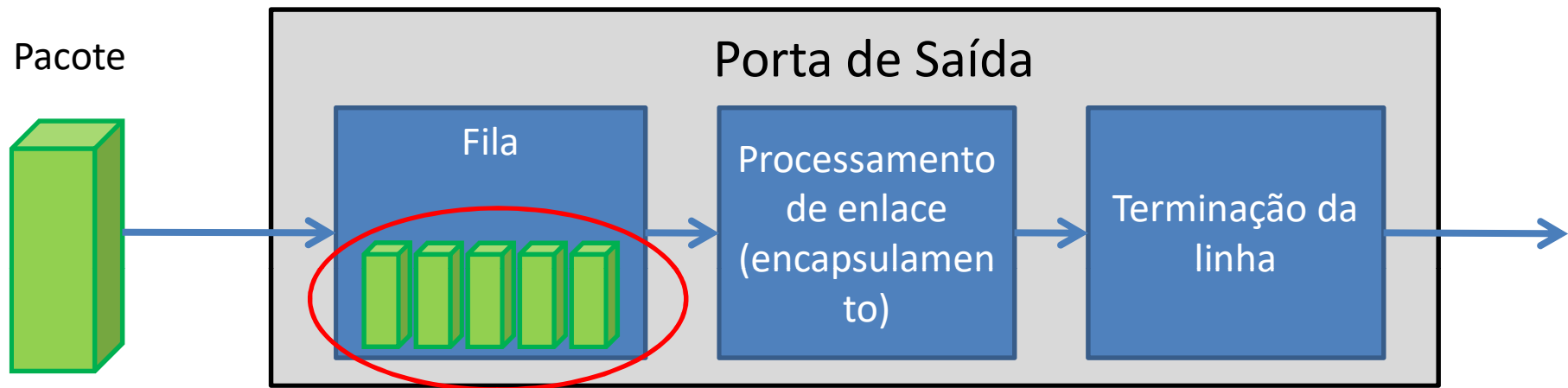
- Portas de entrada
 - Receber pacotes que vem de outro dispositivo conectado
 - Gerenciar fila de entrada
- Elemento comutador
 - Encaminha da porta de entrada para a porta de saída
- Portas de saída
 - Enviar pacotes para outro dispositivo conectado
 - Gerenciamento de fila de saída



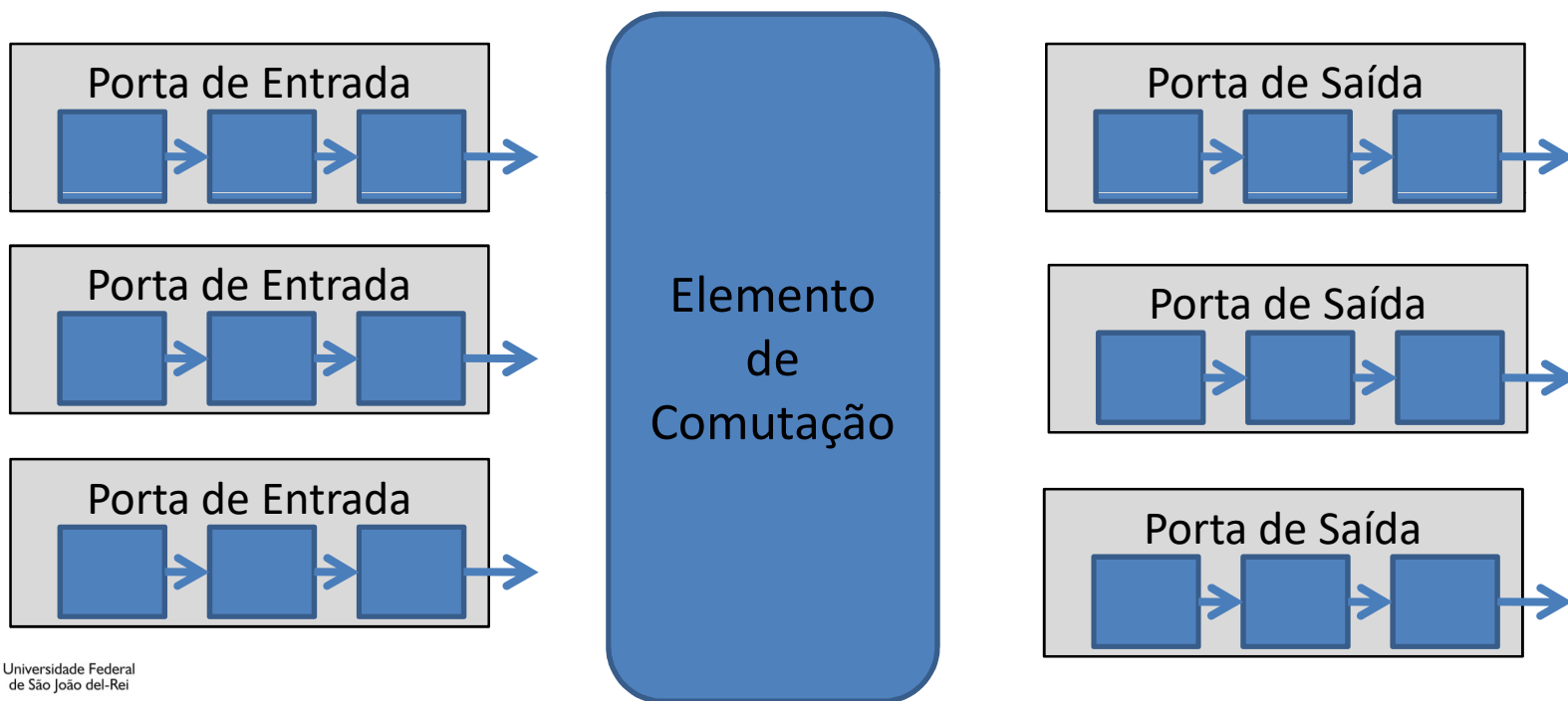
Porta de Entrada



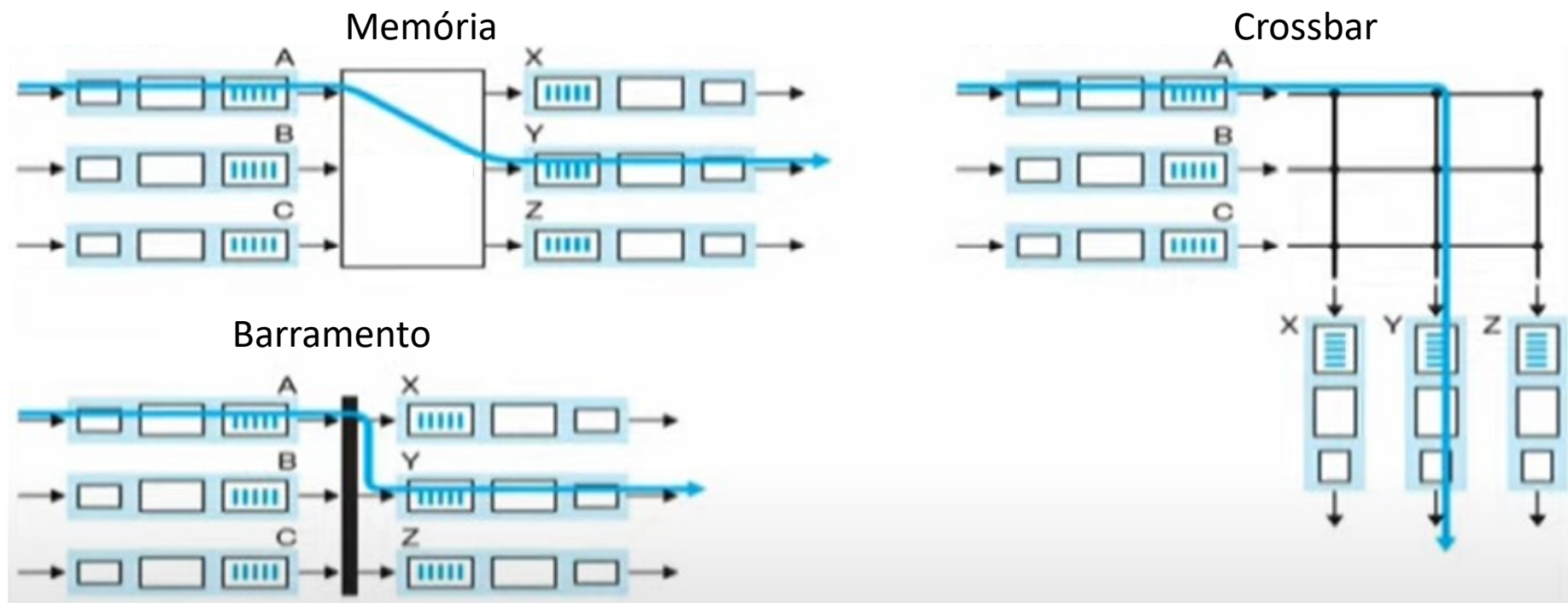
Porta de Saída



Elemento de Comutação



Elemento de comutação



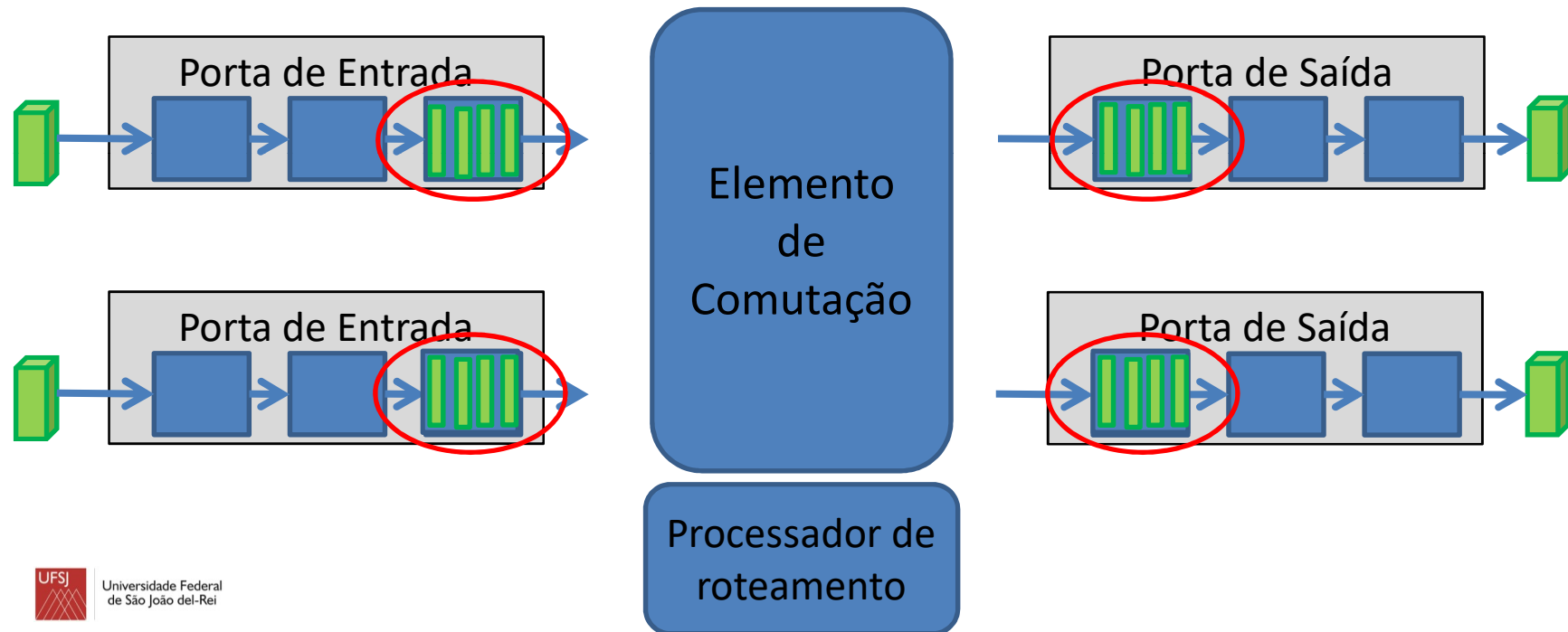
Elemento de Comutação

- Memória
 - Os pacotes que chegam nas portas de entrada vão para a memória RAM para esperar processamento
- Barramento
 - Um barramento acessado por todas as portas de entrada e de saída
 - Uma porta por vez acessa o barramento
- Crossbarr
 - As N portas de entrada são conectadas às N portas de saída
 - Pode ocorrer comutação simultânea de pacotes, dois ou mais pacotes sendo comutados ao mesmo tempo



Onde ocorre formação de filas?

- Filas de entrada e saída



Onde ocorre formação de filas?

- A formação de filas pode ocorrer tanto nas portas de entrada como de saída
- Exemplos:
 - Um porta de entrada recebe muitos pacotes, mais do que o processador pode processar
 - Um porta de saída recebe pacotes de várias portas de entrada
- Quando um novo pacote é recebido e a fila está cheia, esse pacote é descartado



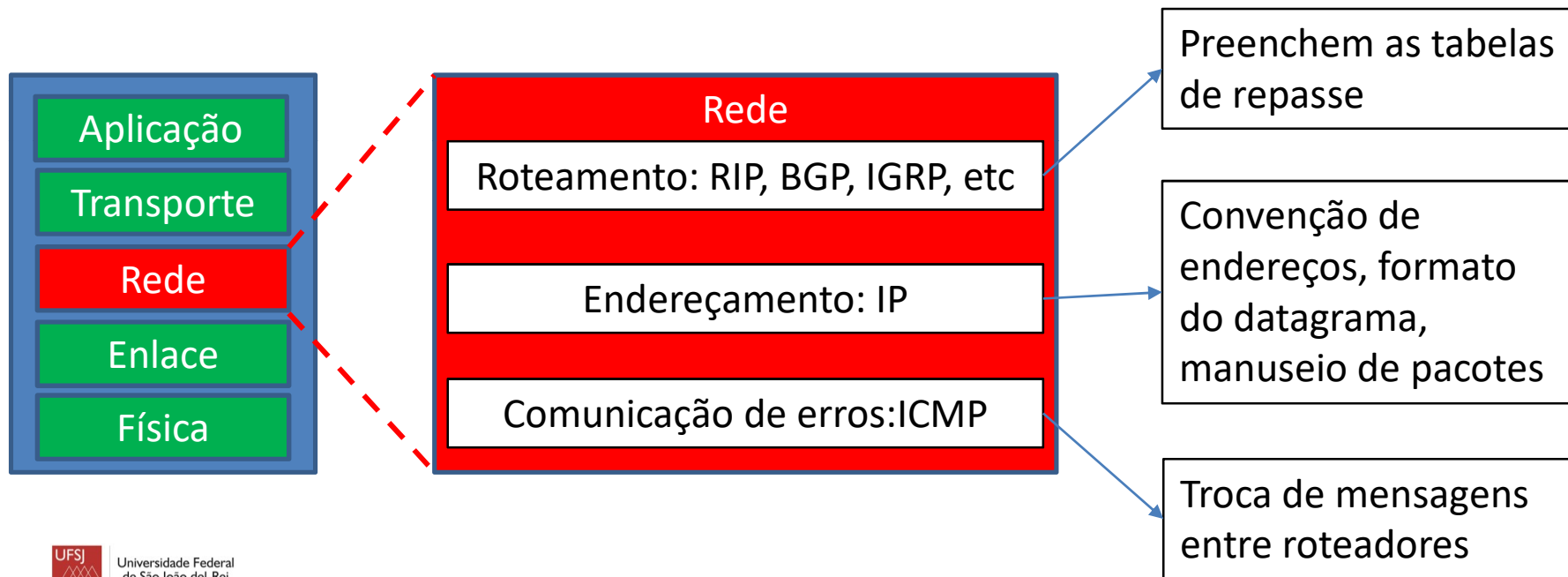
Camada de Rede da Internet



Universidade Federal
de São João del-Rei

Camada de Rede da Internet

- Camada de Rede dividida em 3 principais partes



Internet Protocol - IP



Universidade Federal
de São João del-Rei

Protocolo da Internet (IP): repasse e endereçamento na Internet

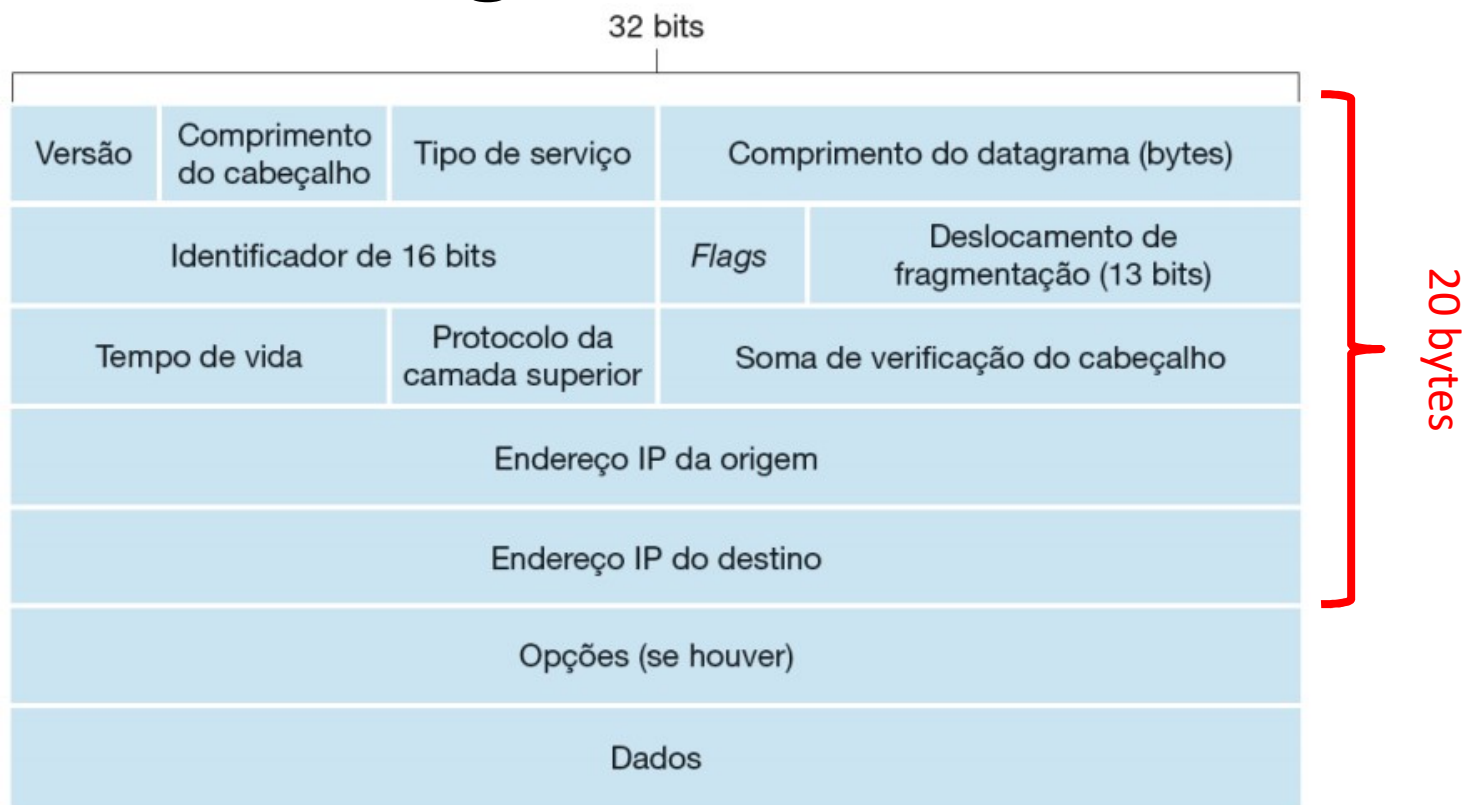
- Responsável por endereçar e encaminhar os pacotes que trafegam pela Internet
- Cada nó da rede deve possuir um endereço IP
- Duas versões
 - IPv4
 - IPv6
- A Internet está em transição entre as duas versões

IPv4



Universidade Federal
de São João del-Rei

Datagrama IPv4



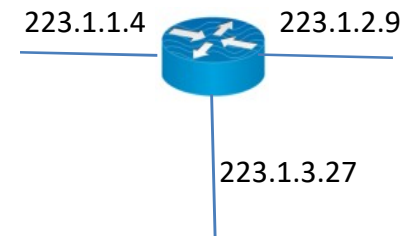
Datagrama IPv4

- Versão
- Tamanho do cabeçalho
- Tipo de serviço (ToS) - define como o pacote deve ser tratado, mas na prática não é utilizado
- Comprimento do datagrama ($2^{16} = 65535$)
- Identificador – utilizado para identificar fragmentos (quando ocorre fragmentação)
- Flags - controlar ou identificar fragmentos.
- Offset – deslocamento (onde o fragmento deve se encaixar no datagrama original)
- Tempo de vida (TTL)
- Protocolo - protocolo da camada superior
- Checksum - verificação de erros
- Endereço de origem/Endereço de destino
- Opções



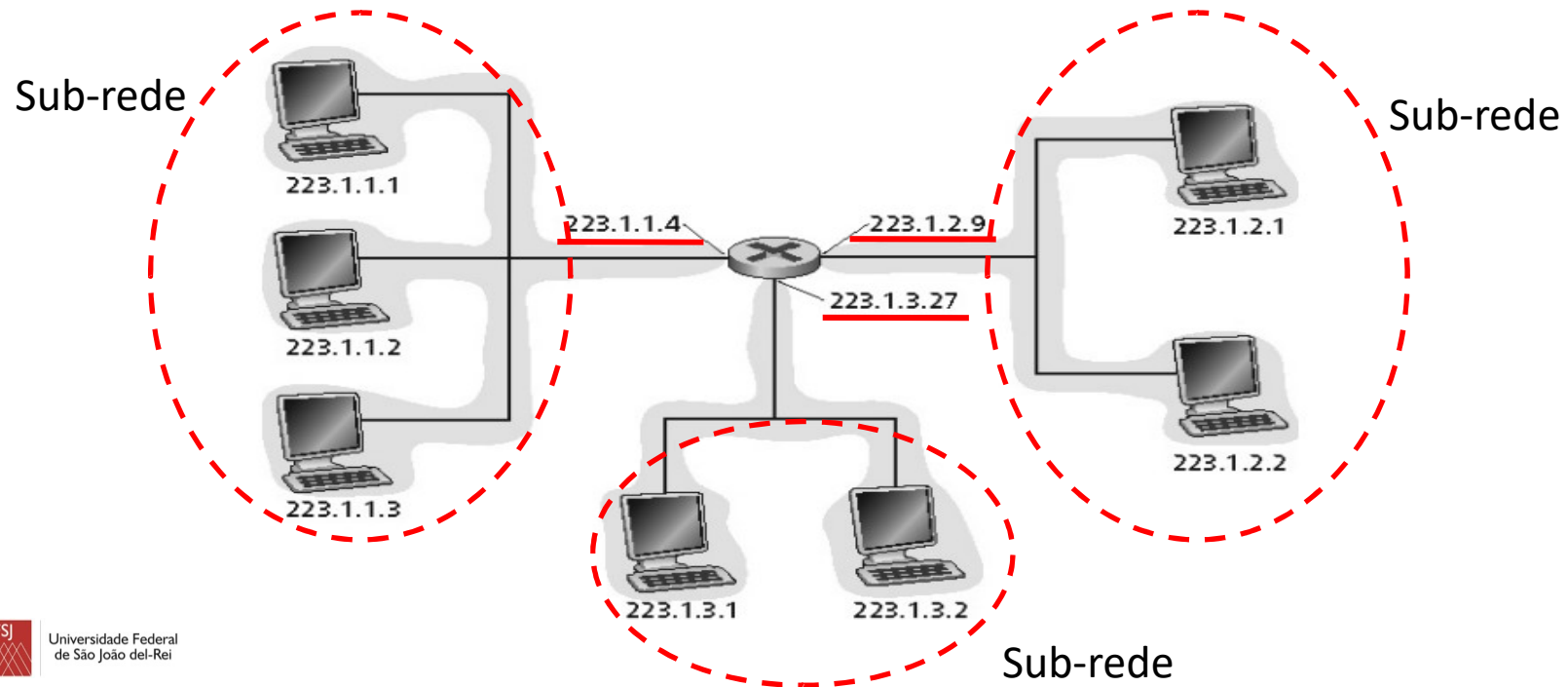
Endereçamento IPv4

- Endereços IP:
 - 32 bits
 - Divididos em 4 blocos de 8 bits cada
 - Ex: **201.162.65.221**
1100 1001. 1010 0010.0100 0001.1101 1101
- Cada interface de rede possui um endereço IP
 - Cada interface de um roteador possui um endereço
 - Uma interface inicia sub-rede



Endereçamento IPv4

- **Distribuição hierárquica de endereço**



Endereçamento IPv4

- Sub-rede
 - Subdivisão lógica de uma rede IP
 - Composta pela interface do roteador e dispositivos abaixo dela
 - Todos os endereços possuem o mesmo prefixo
- Redução de tráfego, administração simplificada e melhor desempenho
- Sub-redes identificadas pela máscara de sub-rede



Máscara de sub-rede

- A máscara de sub-rede define o endereço da sub-rede
- Identificador semelhante ao endereço IP
- Define o prefixo de todos os endereços IP contidos nela
- Notação CIDR (*Classless Inter-Domain Routing*)
 - 223.1.1.0/24 → todos os endereços nessa sub-rede possuem os 24 primeiros dígitos do prefixo iguais
 - 1101 1111 . 0000 0001 . 0000 0001 . XXXX XXXX



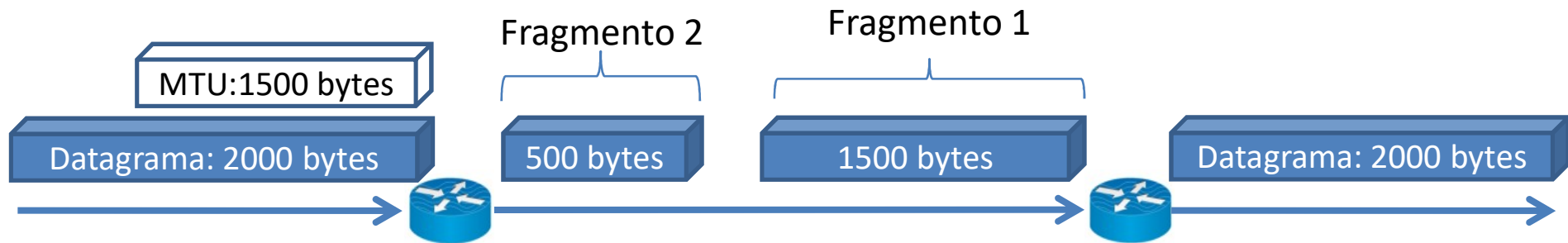
Prefixo igual

Variação



Fragmentação do datagrama IPv4

- MTU (*Maximum Transmission Unit*): tamanho máximo de um quadro da Camada de Enlace
- Se o roteador recebe um datagrama maior que seu MTU do enlace, o datagrama é dividido em fragmentos.
- Obs: IPv6 não fragmenta



Esgotamento dos Endereços IP

- Endereços IP limitado: $2^{32} \rightarrow$ cerca de 4 bilhões
- Esgotamento em 31 de janeiro de 2011 de acordo com IANA (*Internet Assigned Numbers Authority*)
- Solução:
 - IPv6
- Paleativos: DHCP e NAT



DHCP

- *Dynamic Host Configuration Protocol* (protocolo de configuração dinâmica de host)
- Distribui um IP toda vez que um hospedeiro entrar na rede
- Evita que endereços IPs sejam alocados a hospedeiros fora da rede (desconectados ou desligados)
- Quatro etapas: Descoberta, Oferta, Requisição e ACK
- Servidor DHCP utiliza UDP porta 67



DHCP

Servidor DHCP

Cliente DHCP



Mensagem de Descoberta
Destino: 255.255.255.255: 67
Origem: 0.0.0.0: 68



255.255.255.255 → broadcast, todos recebem



Universidade Federal
de São João del-Rei

DHCP

Servidor DHCP



Cliente DHCP



Mensagem de Oferta
Destino: 255.255.255.255: 68
Origem: 213.1.2.5: 67

Essa mensagem contém:

- **IP proposto para o cliente**
- Máscara de sub-rede
- Tempo de conexão
- Identificador da transação

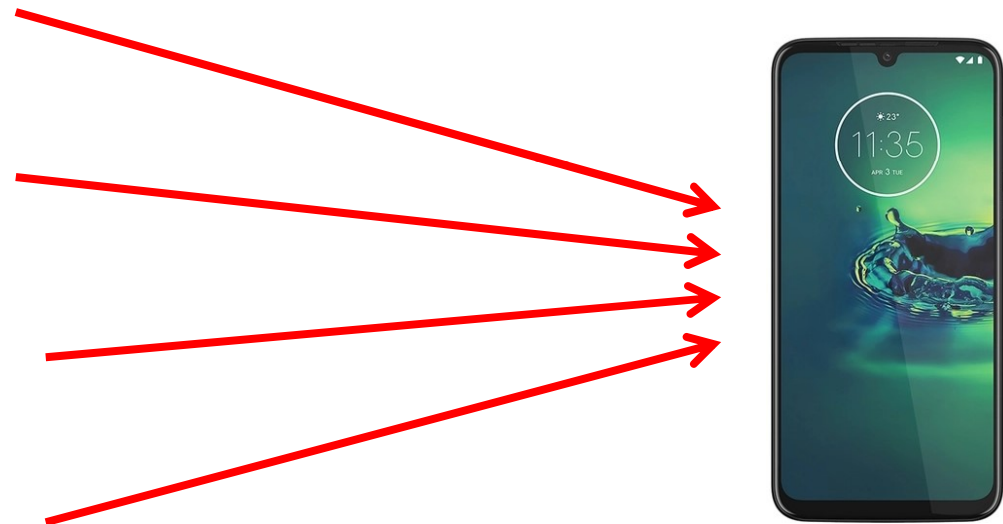


Universidade Federal
de São João del-Rei

DHCP

O cliente pode receber mensagens de vários servidores DHCP, ele precisa escolher um.

Cliente DHCP



DHCP

Servidor DHCP

Cliente DHCP



Mensagem de Requisição
Destino: 255.255.255.255: 67
Origem: 0.0.0.0: 68



O cliente repete os parâmetros de conexão fornecidos pelo servidor DHCP



Universidade Federal
de São João del-Rei

DHCP

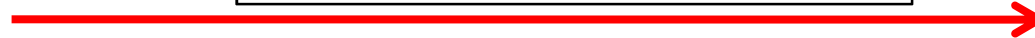
Servidor DHCP



Cliente DHCP



DHCP ACK
Destino: 255.255.255.255: 68
Origem: 213.1.2.5: 67



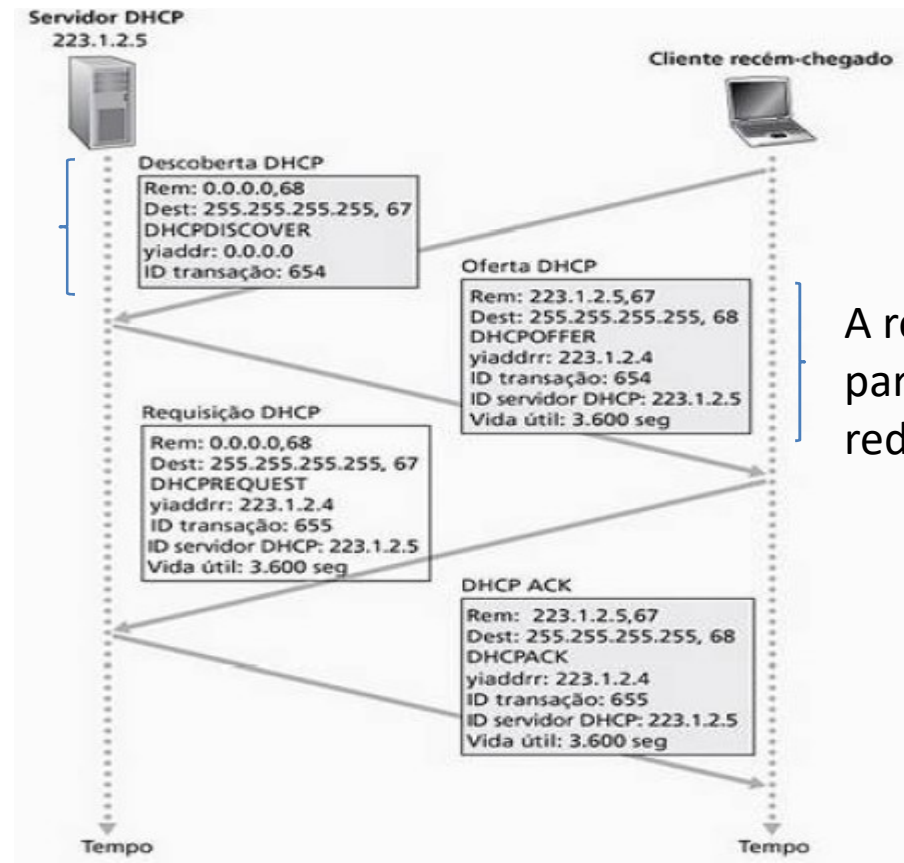
Essa mensagem confirma os
parâmetros de conexão



Universidade Federal
de São João del-Rei

DHCP

O cliente não sabe o IP do servidor DHCP, por isso manda para 255.255.255.255 e recebe em 0.0.0.0



A resposta vai para todos na rede

NAT

- Network Address Translation
- **Vários computadores podem se conectar à Internet com 1 único endereço IP real**
- Divide a rede
 - Rede interna (LAN) → endereço IP privado, interno ou local
 - Rede externa (WAN) → IP real
- Interface entre as redes → possui os 2 endereçamentos



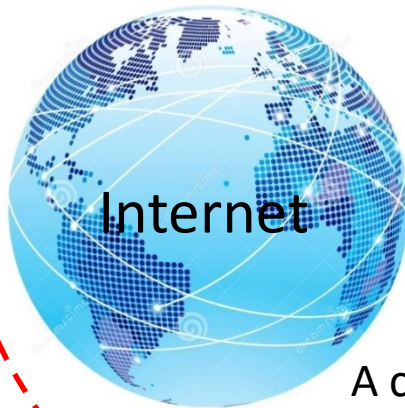
NAT

Rede Externa - WAN

Rede Interna - LAN

Dois endereços IP

- Real (WAN): 221.66.2.14
- Local (LAN): 192.168.0.1



Internet



192.168.0.13



192.168.0.20



192.168.0.3



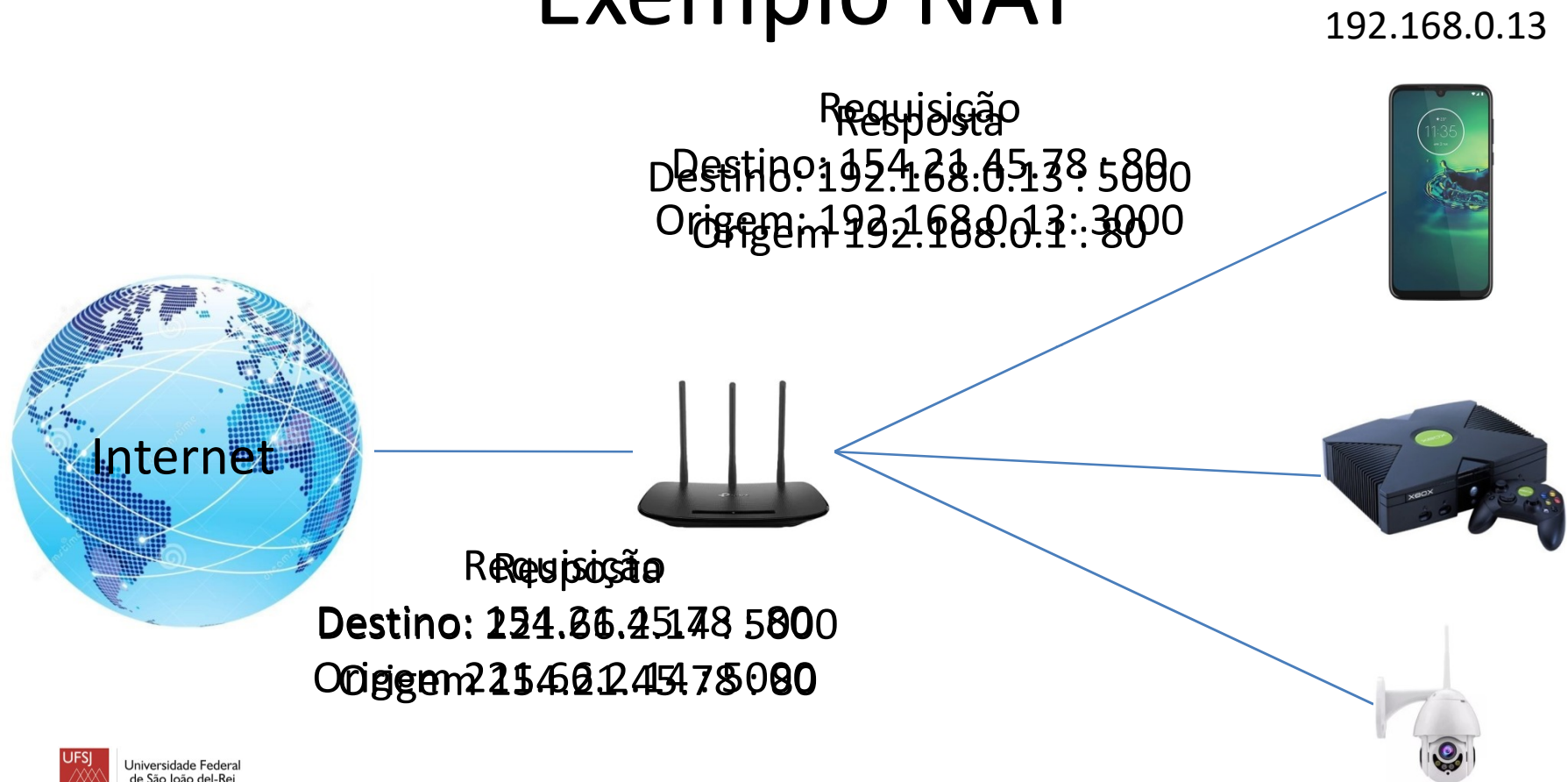
A comunicação com a Internet utiliza o endereço IP Real - 221.66.2.14

A comunicação com rede local utiliza o endereço local - 192.168.0.1

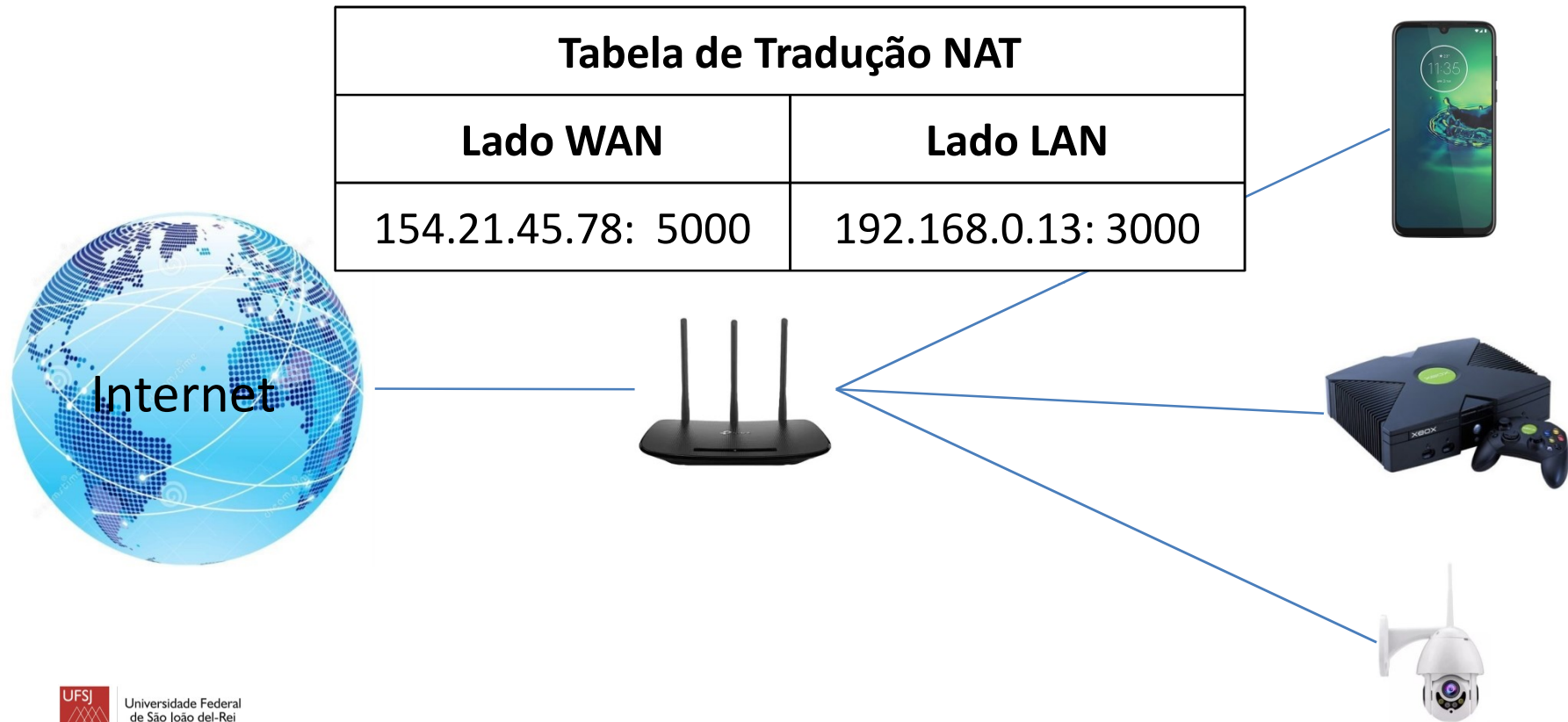


Universidade Federal
de São João del-Rei

Exemplo NAT



NAT



NAT – Endereços Privados

- Blocos de endereços IP destinados à redes privadas com NAT

Nome	Faixa de endereços IP	Número de IPs	<i>classful</i> Descrição	Maior bloco <i>CIDR</i>
8-bit block	10.0.0.0 – 10.255.255.255	16,777,216	Uma classe A	10.0.0.0/8
12-bit block	172.16.0.0 – 172.31.255.255	1,048,576	16 classes B	172.16.0.0/12
16-bit block	192.168.0.0 – 192.168.255.255	65,536	256 classes C	192.168.0.0/16
16-bit block	169.254.0.0 – 169.254.255.255	65,536	Uma classe B	169.254.0.0/16



IPv6



Universidade Federal
de São João del-Rei

IPv6

- Solução para o esgotamento do IPv4 – endereços de 128 bits
 - 8 grupos de 16 bit - hexadecimal (0 – F)
 - Separação “:”
 - Ex: 2001:0DB8:AD1F:25E2:CADE:CAFE:F0CA:84C1
- Cabeçalho de 40 bytes

IPv6 Cabeçalho



IPv6 Cabeçalho

- Versão
- Classe de tráfego: prioriza determinados tráfegos
- Rótulo de fluxo
- Comprimento da carga útil: número de bytes após o cabeçalho
- Próximo cabeçalho (Hdr): protocolo da camada superior – TCP ou UDP
- Limite de saltos: TTL → Time to Live
- Endereço fonte e endereço destino



Mudanças Com o IPv6

- Capacidade de endereçamento expandida
 - Número de endereços: 2^{128}
- Cabelhado aprimorado de 40 bytes: manipulação mais simples e rápida
- Rotulação de fluxo e prioridade: tratamento diferenciado para fluxos diferentes

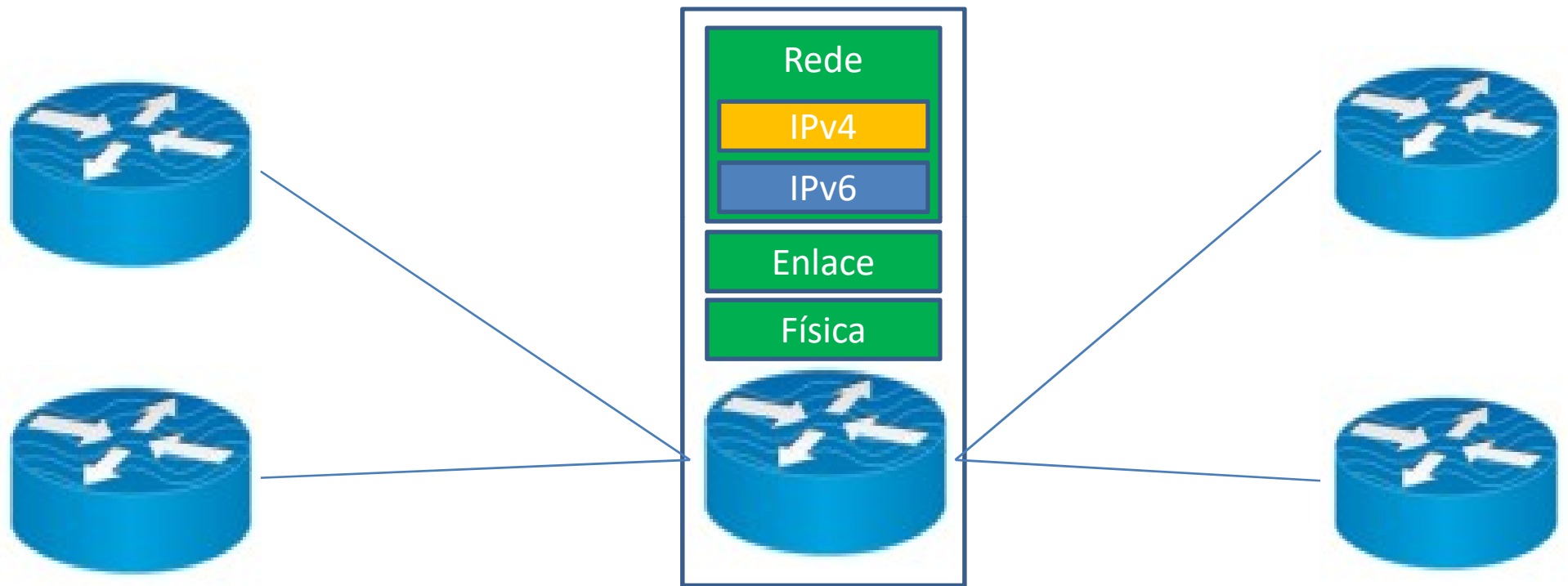
E o IPv5?

- IPv5: modificação experimental no IPv4 para trafegar voz e vídeo sobre multicast
- Era o protocolo ST (*Stream Protocol*)
- Não foi introduzido ao público

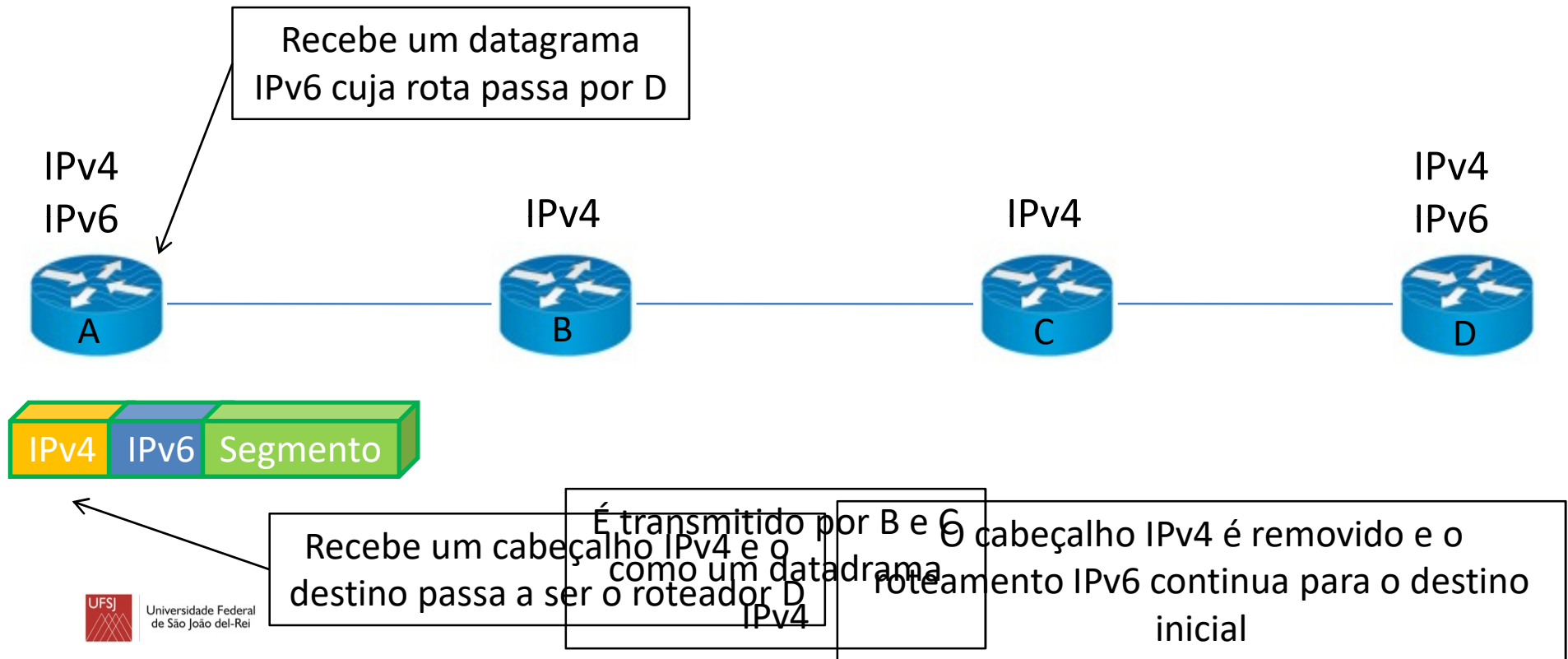
Transição IPv4 - IPv6

- Impossível trocar tudo de uma única vez
- Duas formas
 - Roteadores de pilha dupla: encaminham pacotes com os dois protocolos
 - Tunelamento: pacotes IPv6 são encapsulados a pacotes IPv4 por roteadores intermediários

Roteadores de Pilha Dupla



Tunelamento



Tunelamento



Tunelamento

- Encapsular datagramas IPv6 dentro de datagramas IPv4
- Ocorre quando as extremidades de uma rota utilizam IPv6 e o centro só IPv4
- Os roteadores do início e do final do túnel devem ter pilha dupla