

PÓS-GRADUAÇÃO: INF/CETUC

**DISCIPLINA: REDES DE ACESSO EM BANDA
LARGA**

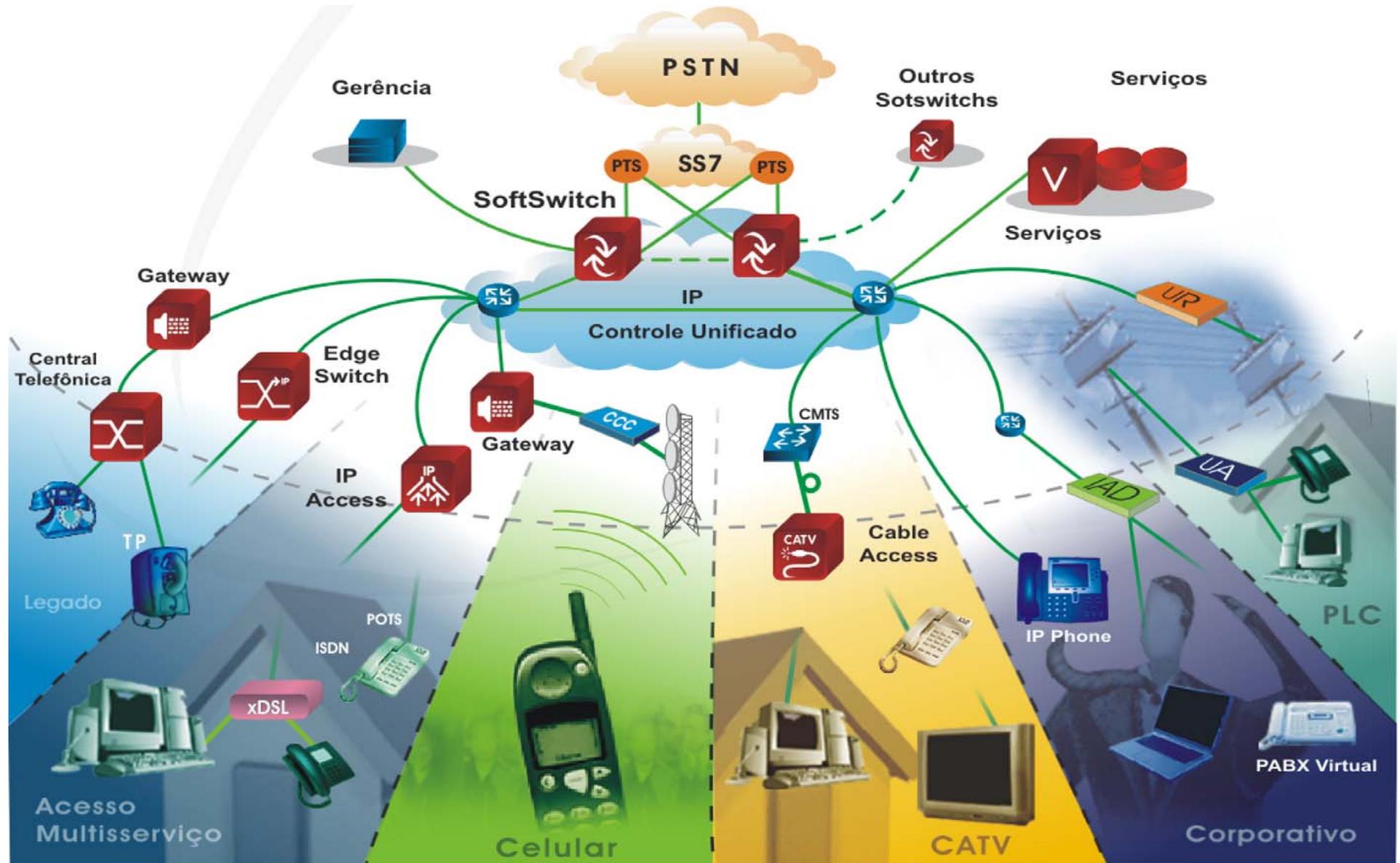
Princípios Básicos

Prof. Sérgio Colcher

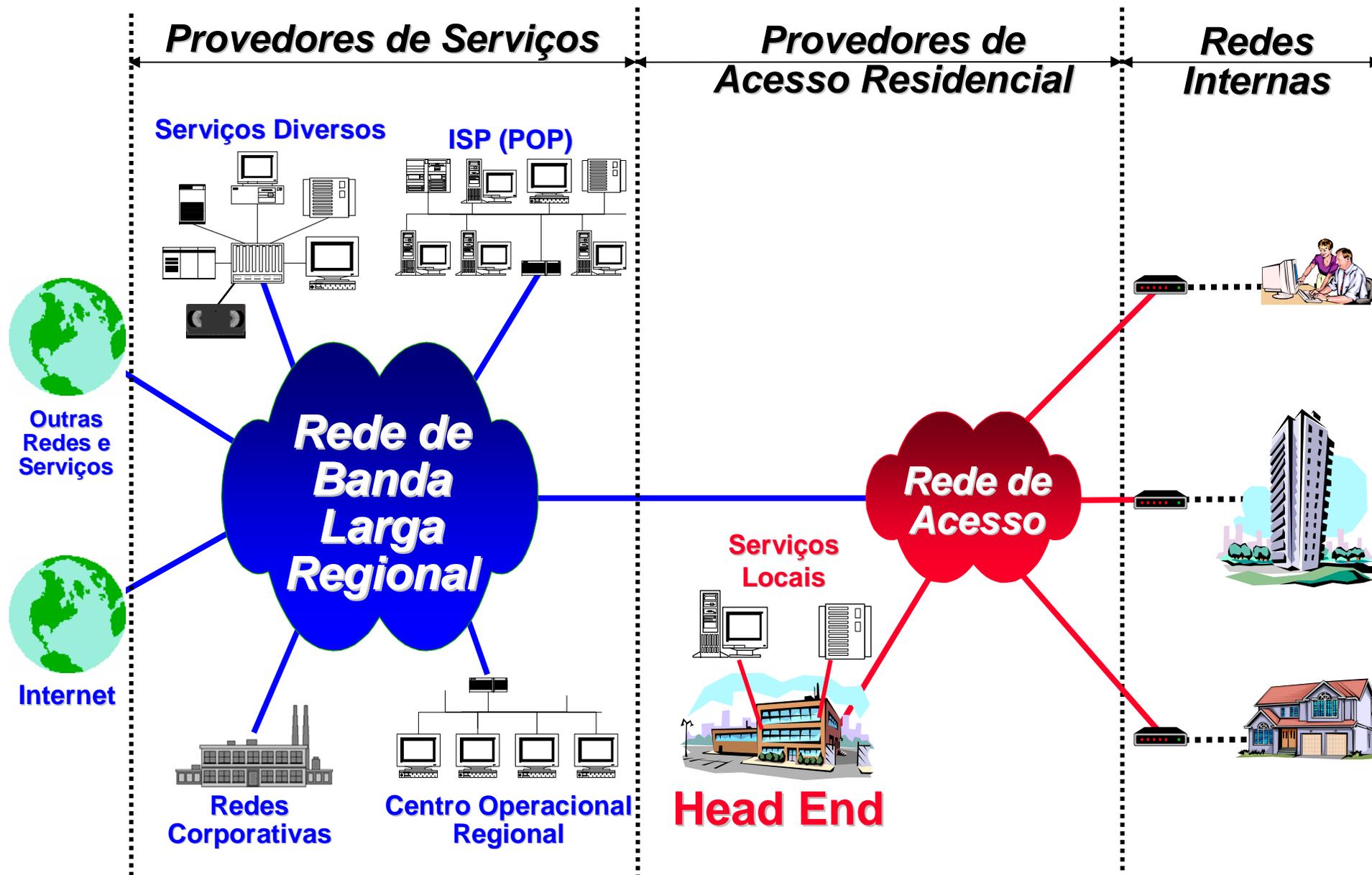
Prof. Luiz A. R. Da Silva Mello

Cenário

Redes de Acesso em Banda Larga



Modelo



Convergência

■ **Acesso**

- *Conjunto de opções de acesso físico*

- Rede telefônica (par metálico)

- TV a cabo

- Redes sem fio

- Acesso móvel celular

- *para os mesmos serviços*

- Telefonia, TV, Internet, ...

Convergência

- **Provedores de Serviços e Redes Regionais**
 - *Backbones de operadoras*
 - Telefonia
 - Cabo
 - Backbones Internet
 - ...
 - *Com diferentes níveis de integração*
 - Backbone único ou separados
 - *Oferecendo serviços de interconexão aos provedores de acesso*
 - A princípio, de forma independente
 - *Permitindo o oferecimento de serviços de mais alto nível*

Convergência

- **Provedores de Serviço e Redes de Interconexão de Longa Distância**
 - *Backbones de operadoras*
 - Telefonia
 - Cabo
 - Backbones Internet
 - ...
 - *Com diferentes níveis de integração*
 - Backbone único ou separados
 - *Oferecendo serviços de interconexão aos provedores Regionais*
 - A princípio, de forma independente
 - *Permitindo o oferecimento de serviços de mais alto nível*

Redes Convergentes (I)

- **Backbones (regionais ou de Interconexão) Integrados**
 - *Comutação de Circuitos ?*
 - TDM, ...?
 - *Comutação de pacotes ?*
 - IP, IP over X, ...
 - *Meio termo ?*
 - Interconexão de diferentes Redes ?
 - NGN ?
 - *Frame Relay ?*
 - *ATM ?*
 - *Metro-Ethernet ?*

Redes Convergentes (II)

■ Redes de Acesso

• *Opções Físicas*

– xDSL, Cable Modem, ...

• *ADSL, VDSL, ... ?*

• *HFC, FTTB, FTTC, ... ?*

• ...

– Ethernet

• *LRE ?*

– Wireless

• *WLAN, WMAN, ... ?*

• *Sistemas Móveis Celulares (2,5 G, 3G, 4G) ?*

• *Opções de Nível Superior*

– ATM, IP, IPoA, ... ?

Redes Convergentes (III)

Redes de Acesso em Banda Larga

■ Serviços

- *Telefonia (IP ...)*
- *Acesso à Internet*
- *Mobilidade, portabilidade (numérica, ...)*
- *Serviços suplementares e de valor agregado*
- *VPN, UPN, Virtual Leased Lines, ...*
- *Comunicação multimídia*
- *TV digital (alta definição e interatividade)*
- **KILLER APPLICATION ???**

IP: Base para os Serviços

Redes de Acesso em Banda Larga

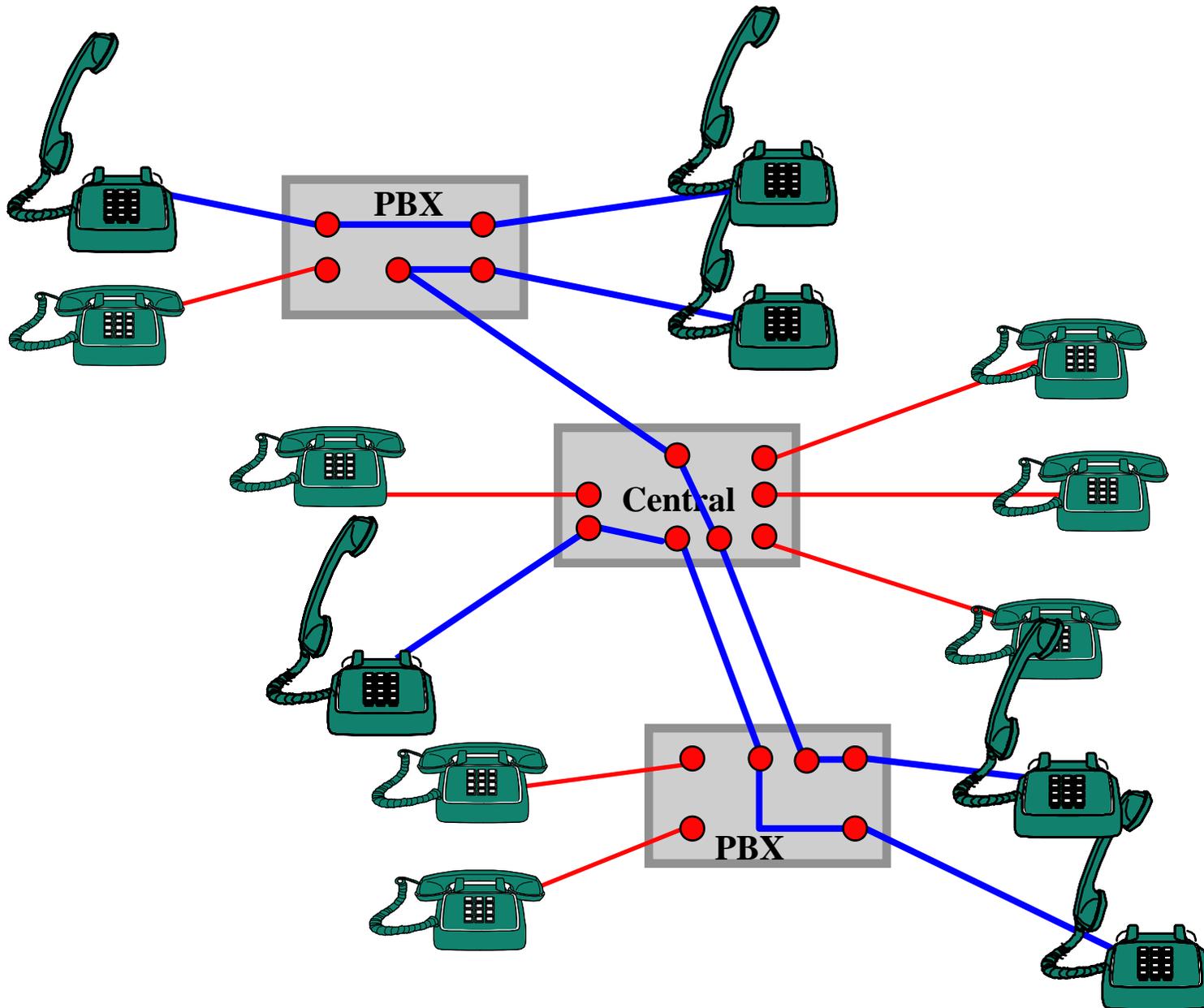


Visão Geral do Curso

- **Princípios Básicos**
 - *Comutação de Circuitos e Comutação de pacotes*
 - *IP*
 - ...
- **Convergência no Acesso**
 - *xDSL, Cable Modem, Wireless, Celulares 2,5G/3G, ...*
- **Convergência nos Backbones**
 - *NGN, WMAN, Metro-Ethernet*
- **Redes Internas**
 - *PLC, HPNA, WLAN, ...*
- **Serviços**
 - *Acesso à Internet em Banda larga*
 - *Telefonia*
 - ...

Comutação de Circuitos e Pacotes

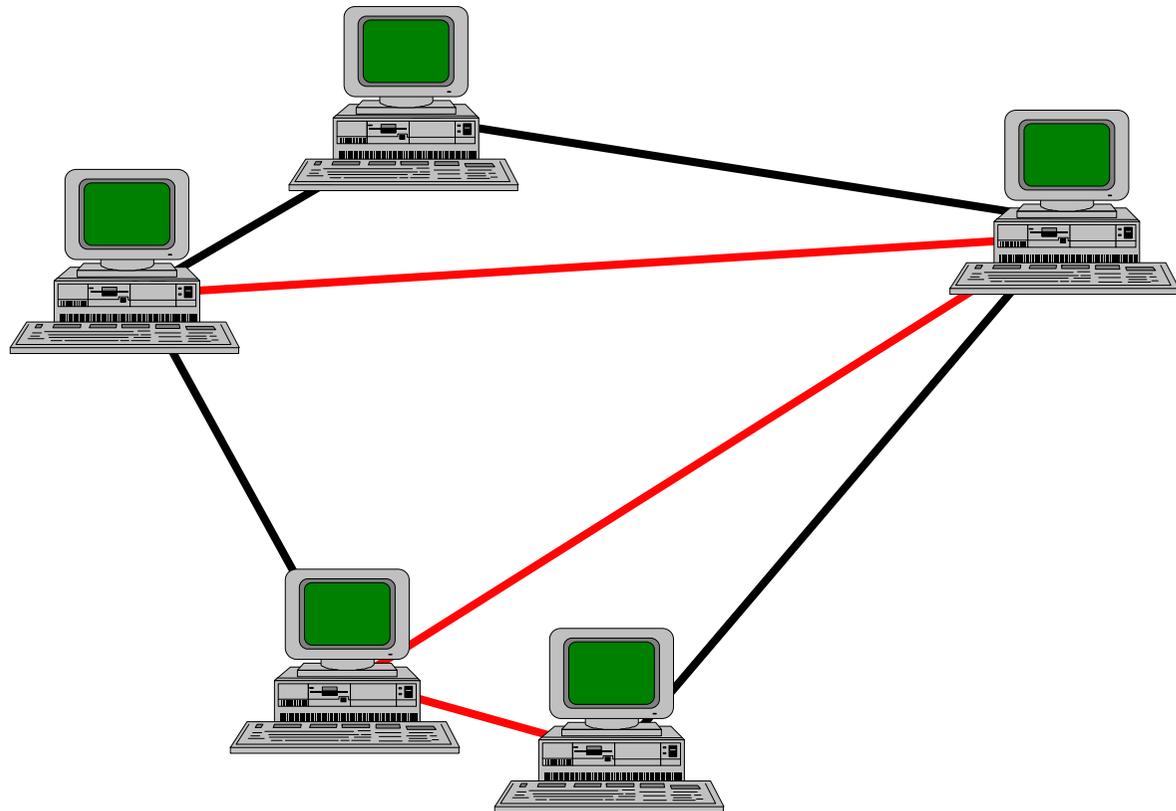
Rede Telefônica



Comutação de Circuitos

Fases

- Estabelecimento da Conexão (*Roteamento*)
- Transferência de Informação
- Desconexão



Um caminho permanece dedicado entre origem e destino durante todo o tempo de conexão

Comutação de Circuitos

Redes de Acesso em Banda Larga

■ Para tráfego contínuo

- *como voz e vídeo sem compressão*

- *Dados produzidos continuamente*

– A comutação de circuitos preserva a continuidade pois o retardo é constante

■ Para tráfego de dados convencionais

- *Transferência de arquivos, correio eletrônico, emulação de terminal, recuperação de páginas web, etc.*

- *Dados produzidos em Rajadas*

– A comutação de circuitos representa um grande desperdício



Alternativas para Tentar Diminuir o Desperdício da Comutação de Circuitos para o Tráfego de Dados Convencionais

Redes de Acesso em Banda Larga

■ Comutação de Mensagens

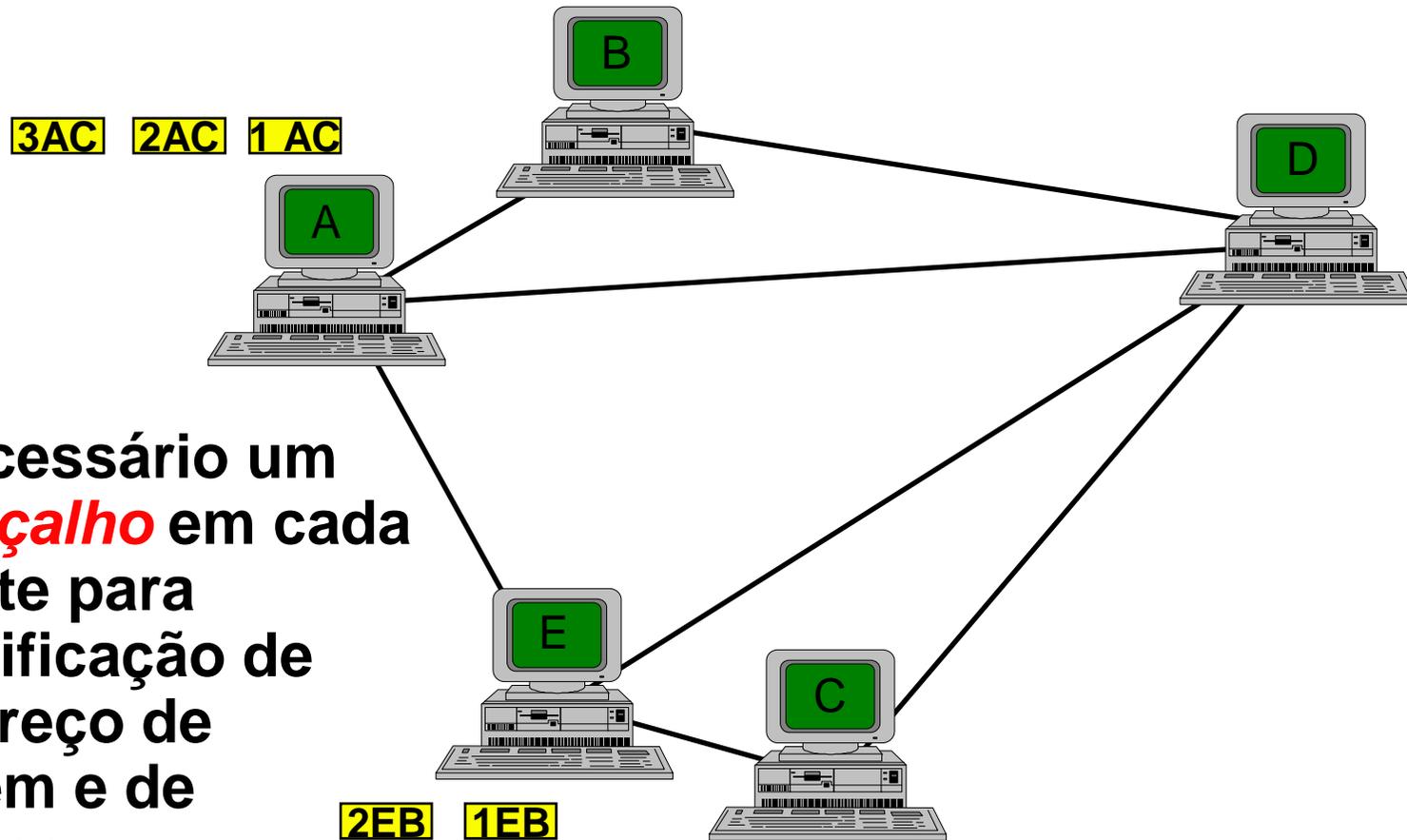
- *Hoje em dia, não é utilizada na prática mas é a base para a comutação de pacotes*

■ Comutação de Pacotes

- *Utilizada na prática*

Comutação de Pacotes

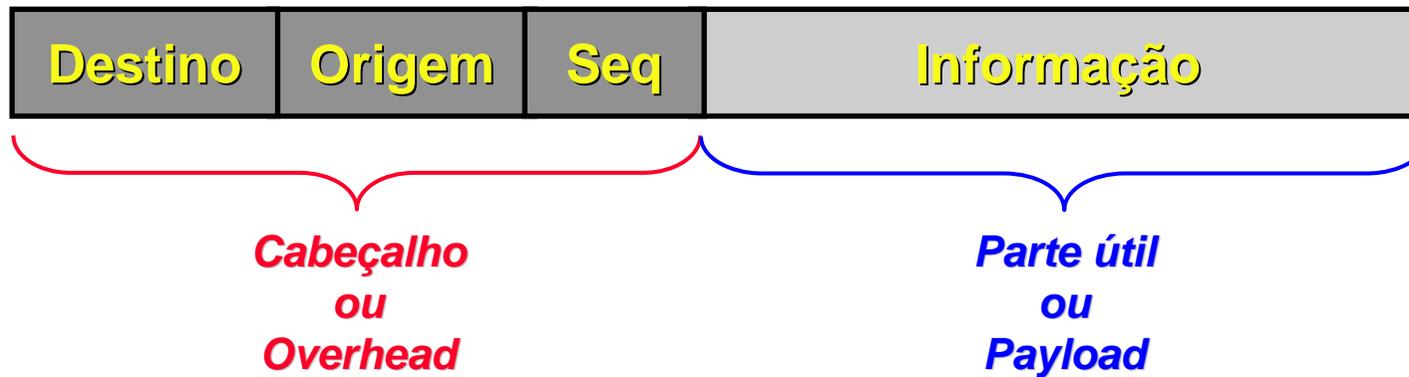
Redes de Acesso em Banda Larga



➔ É necessário um ***cabeçalho*** em cada pacote para identificação de endereço de origem e de destino

Formato do Pacote

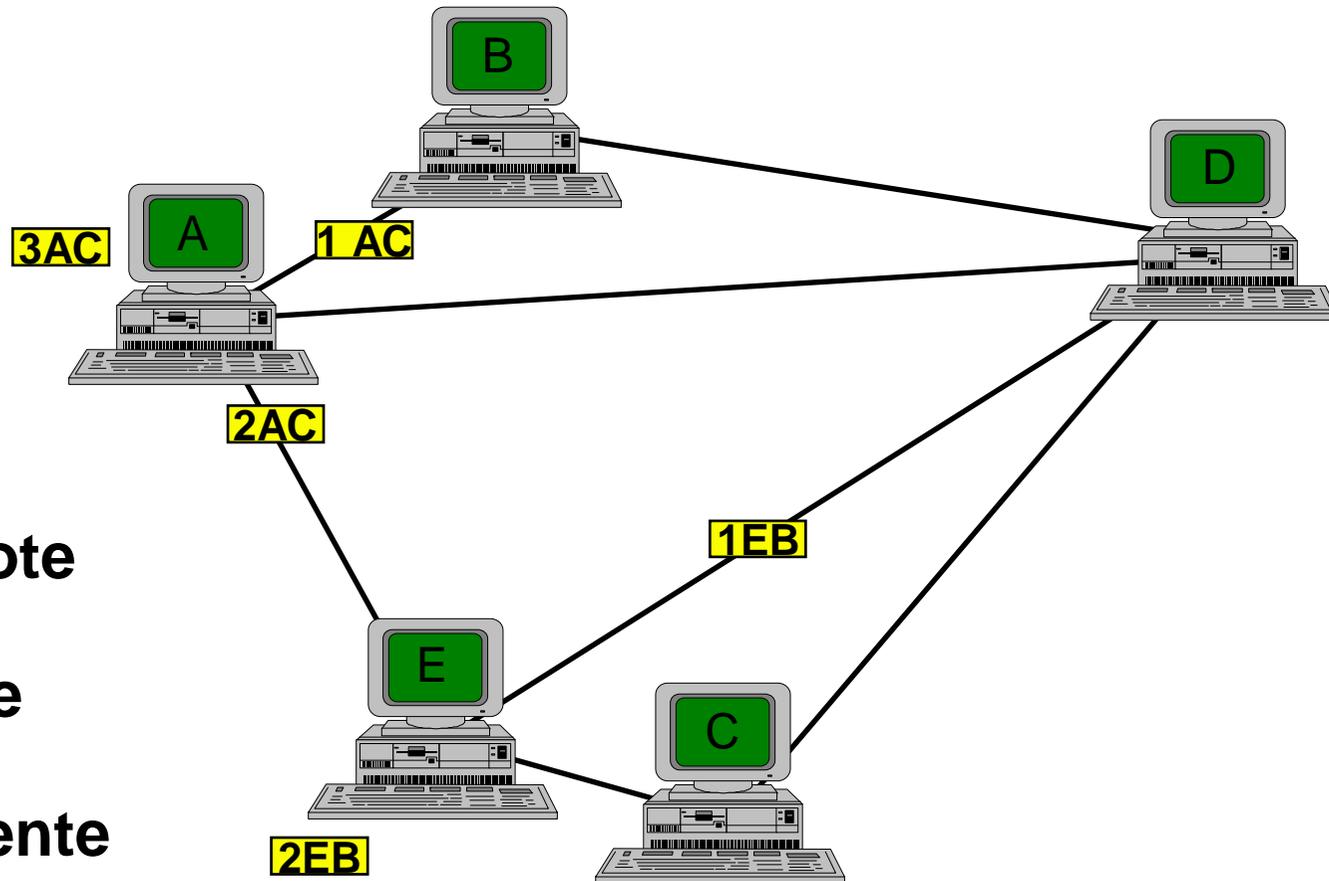
Redes de Acesso em Banda Larga



***Poderia haver mais overheads:
Segurança, prioridade, deteção e correção de erros***

Comutação de Pacotes

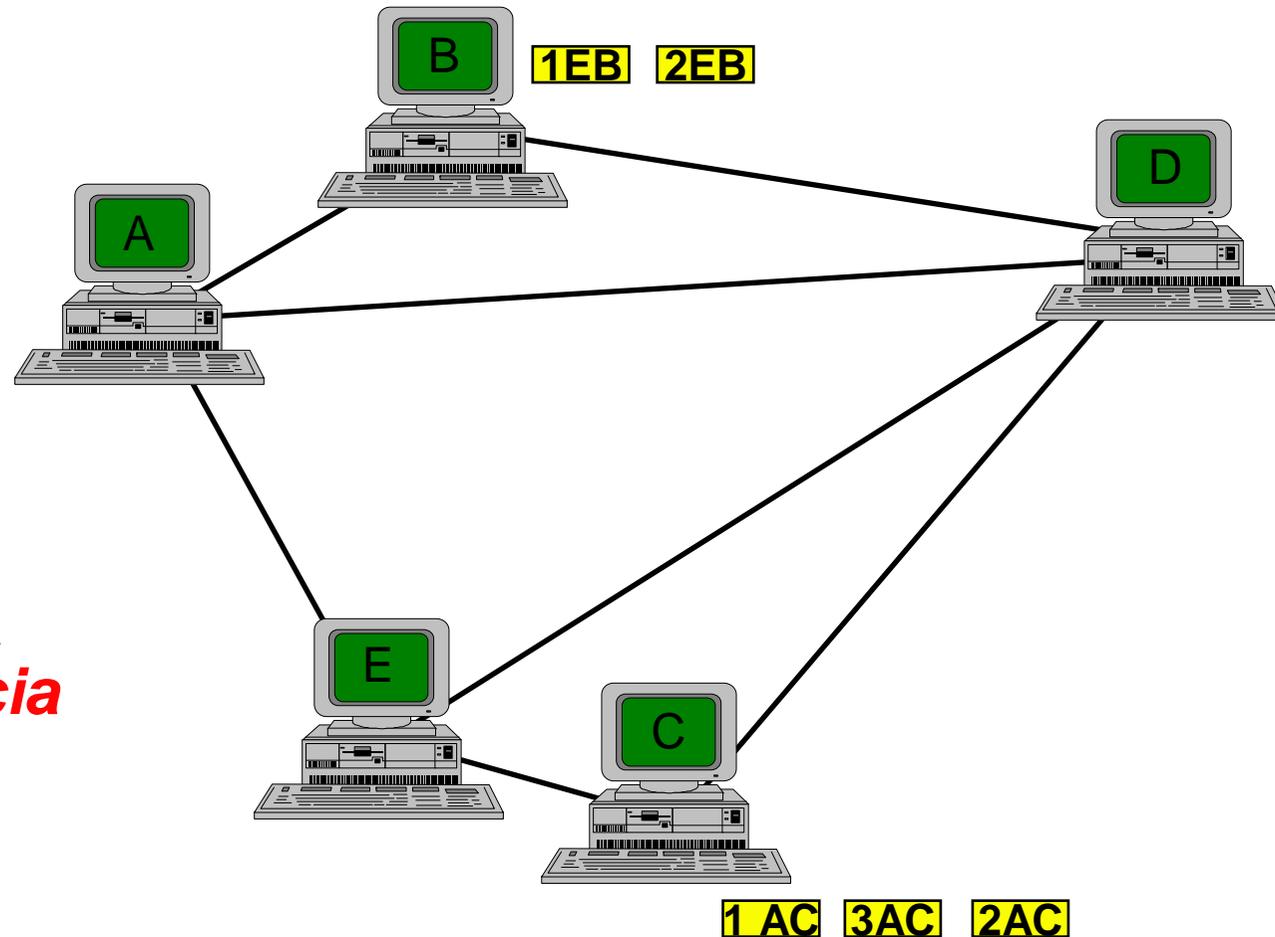
Redes de Acesso em Banda Larga



➔ Cada pacote pode ser roteado de forma independente

Comutação de Pacotes

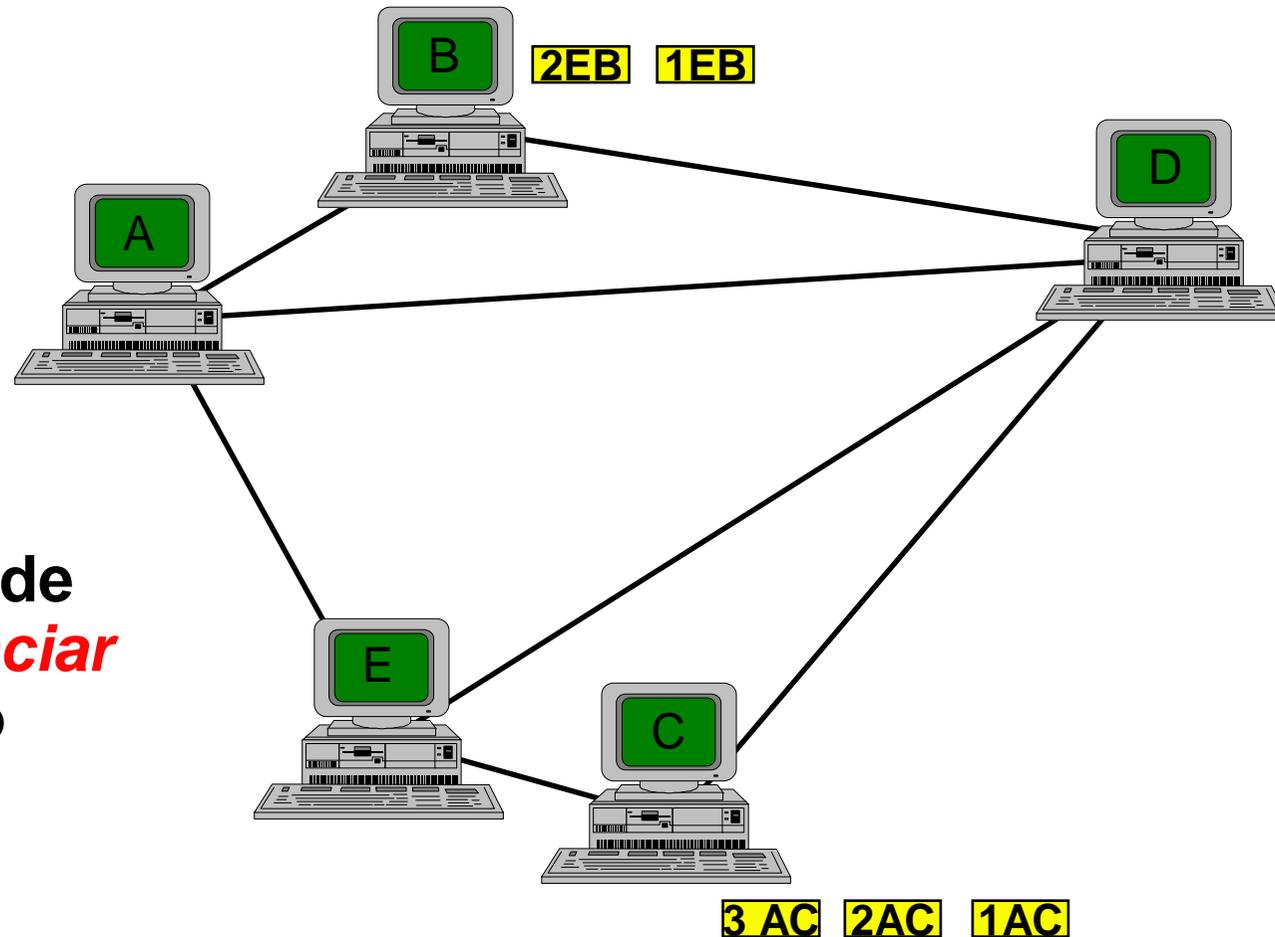
Redes de Acesso em Banda Larga



➔ Os pacotes podem chegar fora de *seqüência* no destino

Comutação de Pacotes

Redes de Acesso em Banda Larga



➔ **Necessidade de *seqüenciar* no destino**

Comutação de Pacotes

Redes de Acesso em Banda Larga

- **Características:**
 - *Não há necessidade de estabelecimento de conexão*
 - *Canal compartilhado*
 - *Endereçamento necessário em todos os pacotes*
 - *Retardo de transferência é uma variável aleatória.*
 - *Rota pode mudar ao longo da conversação.*
- **É boa para tráfegos sensíveis a atrasos ?**

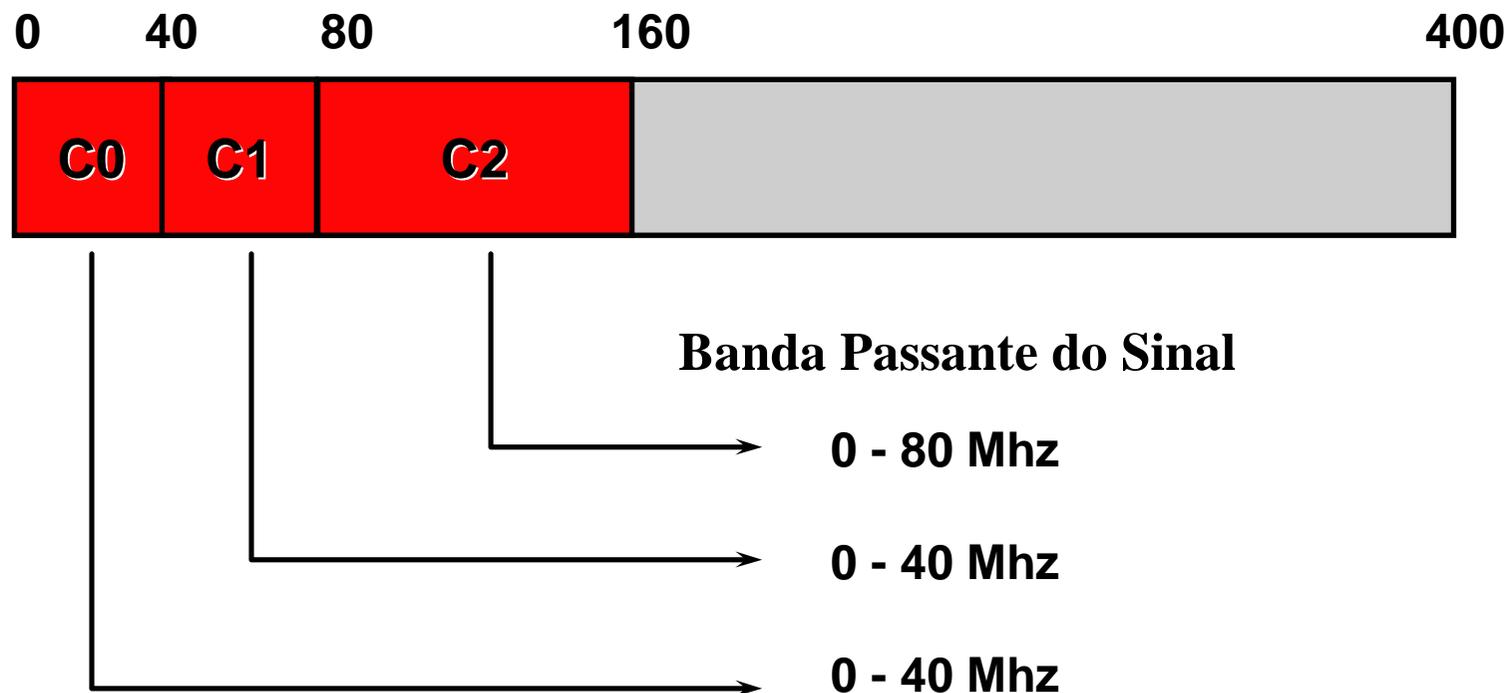
Multiplexação

- **Permite que vários sinais de diferentes fontes (canais) possam compartilhar o mesmo meio físico:**
 - ***Multiplexação por Divisão da Frequência***
 - (Frequency Division Multiplexing - FDM)
 - ***Multiplexação por Divisão do Comprimento de Onda***
 - (Wavelength Division Multiplexing - WDM)
 - ***Multiplexação por Divisão do Tempo***
 - (Time Division Multiplexing - TDM)
 - ***Multiplexação por Divisão de Código***
 - (Code Division Multiplexing)

Multiplexação na Frequência

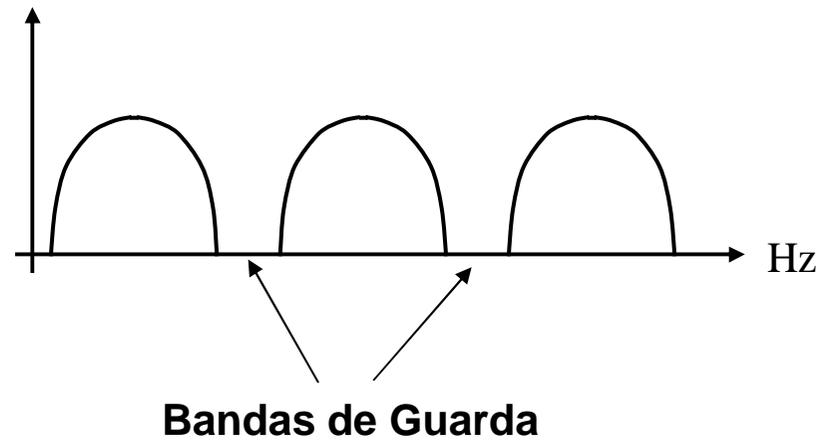
Utilização da Banda Passante do Meio

Redes de Acesso em Banda Larga



Bandas de Guarda

Redes de Acesso em Banda Larga



Modulação e Demodulação

■ *Modulação*

- *transformação aplicada a um sinal que faz com que ele seja deslocado de sua faixa de frequências original para uma outra faixa.*

■ *Demodulação*

- *transformação aplicada a um sinal previamente modulado que faz com que ele seja deslocado de volta para a sua faixa original.*

MODEMs

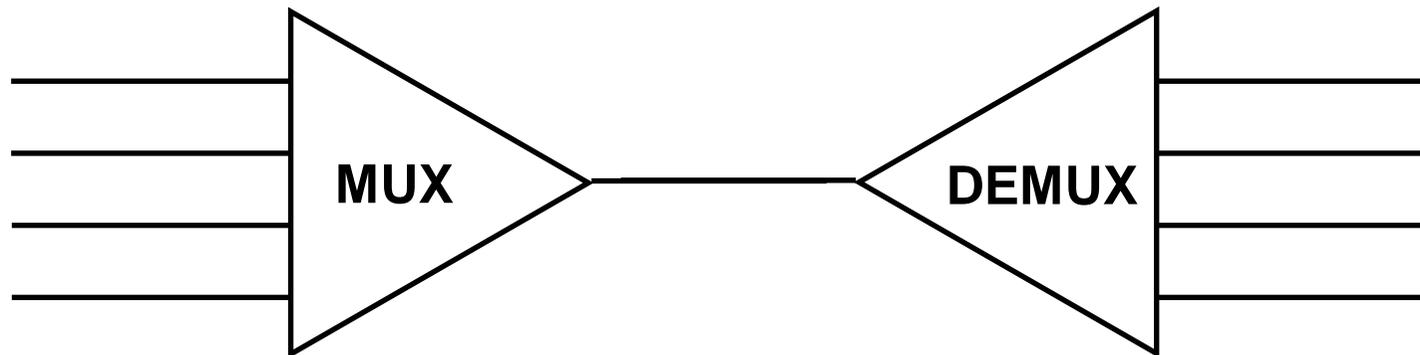
- **MODEMs são equipamentos capazes de fazer a MODulação e a DEModulação de sinais.**
 - *Os mais conhecidos são os que temos em nossas residências*
 - permitem que obtenhamos acesso a um provedor internet através do sistema telefônico.
 - adaptam o sinal digital proveniente de nosso computador para que ele passe a ocupar adequadamente a banda entre 0 e 4000 hz

FDM e WDM

- **WDM (Wavelength Division Multiplexing)**
 - *é, na realidade, uma forma de FDM na qual o espectro de frequências utilizado fica na região das ondas de luz (não necessariamente visíveis).*
 - *ao invés de medir pela frequência, mede-se pelo comprimento de onda*
- **DWDM (Dense WDM)**
 - *separação menor entre os comprimentos de onda dos diferentes canais*
 - 1 nm x 10 nm
 - Permite taxas de terabytes/segundo

Multiplexador e Demultiplexador

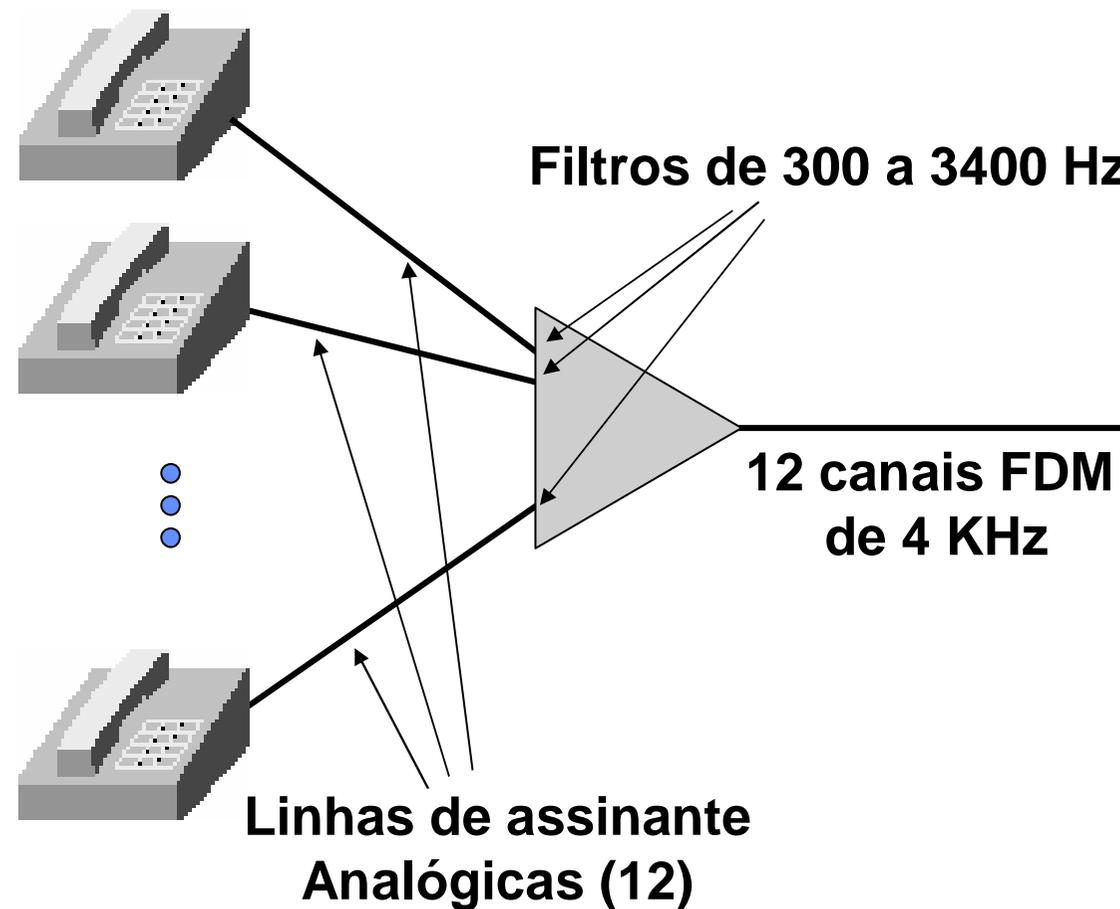
Redes de Acesso em Banda Larga



- **Multiplexadores de frequência: equipamentos que centralizam as funções de modulação, filtragem e combinação dos sinais**
- **Demultiplexadores de frequência: desempenham as funções inversas**

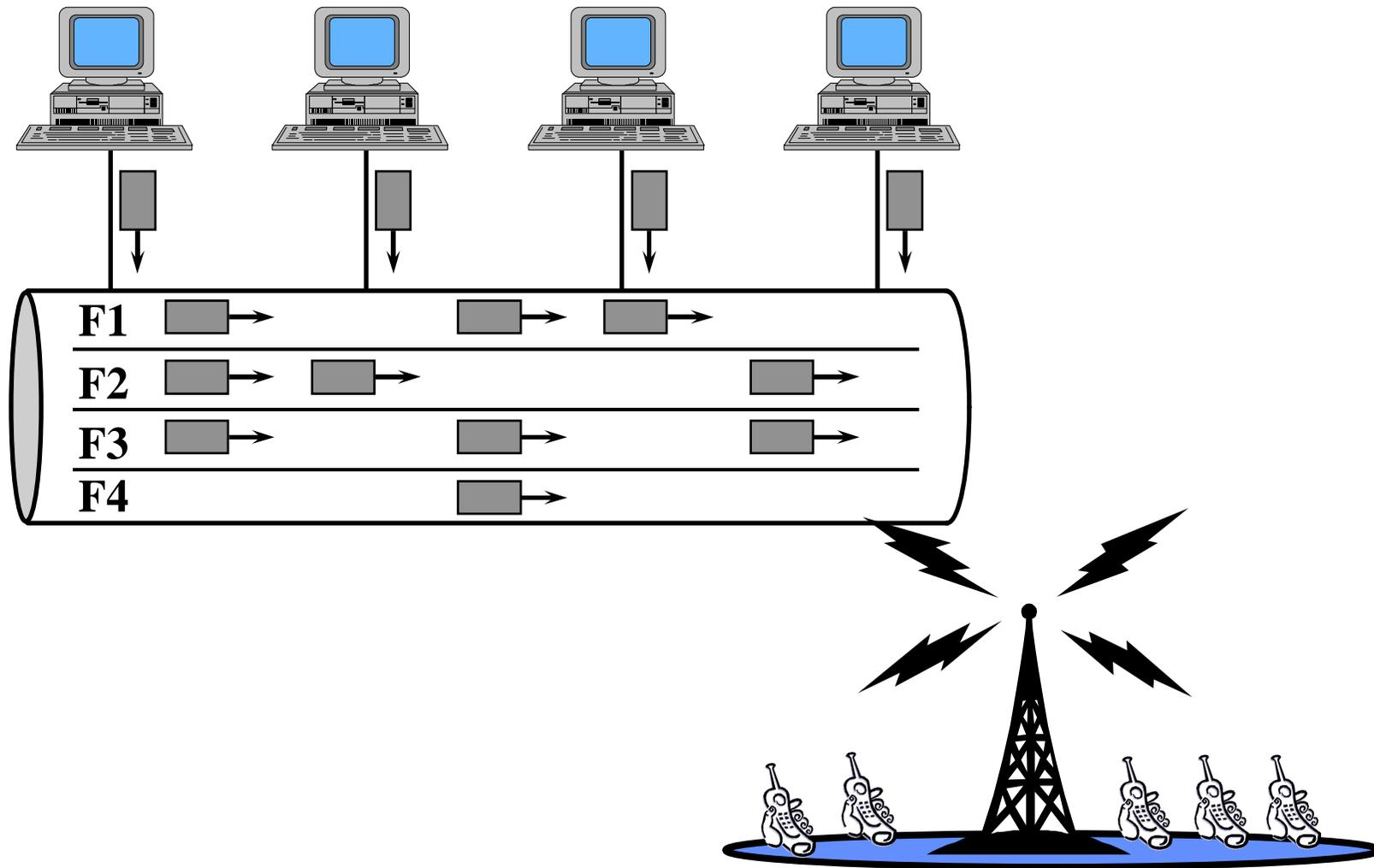
Linhas de Assinantes de Telefonia Convencional

Redes de Acesso em Banda Larga



Acesso Múltiplo por Divisão da Frequência (FDMA)

Redes de Acesso em Banda Larga



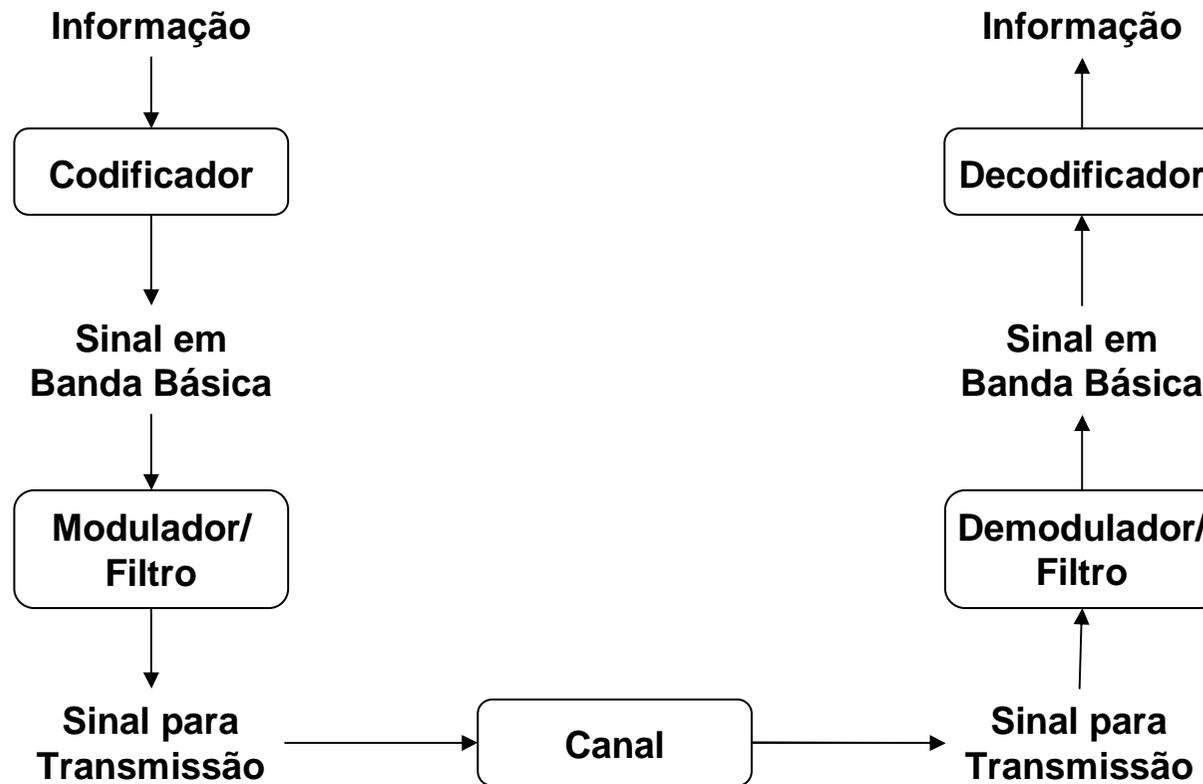
Técnicas de Modulação

Técnicas de Modulação

- **Todas as técnicas de modulação resultam no deslocamento de um sinal de sua faixa de frequências original para uma outra faixa.**
 - *Todas as componentes do sinal são, uma a uma, deslocadas de um mesmo valor f denominado de frequência da onda portadora.*
 - o valor da contribuição de cada componente não é alterada.

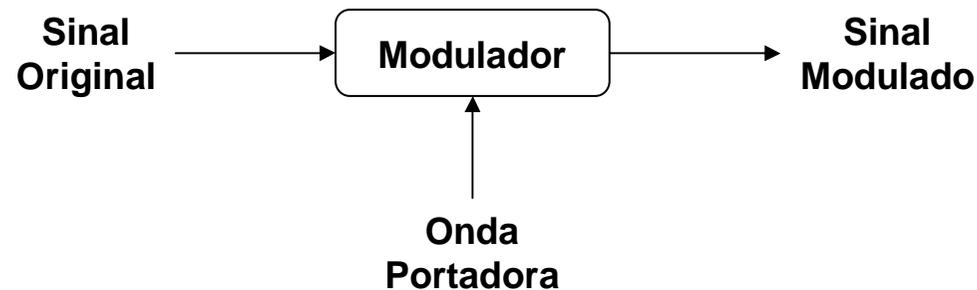
Processo de Comunicação

Redes de Acesso em Banda Larga



Técnicas de Modulação

- **Todas as componentes do sinal são, uma a uma, deslocadas de um mesmo valor f denominado de **frequência da onda portadora.****



Modulação

- **Tipos de Sinal Original**
 - *Analógico*
 - Modulação Analógica
 - *Digital*
 - Modulação Digital
- **Tipos de Portadora**
 - *Senoidal*
 - *Seqüência de pulsos*

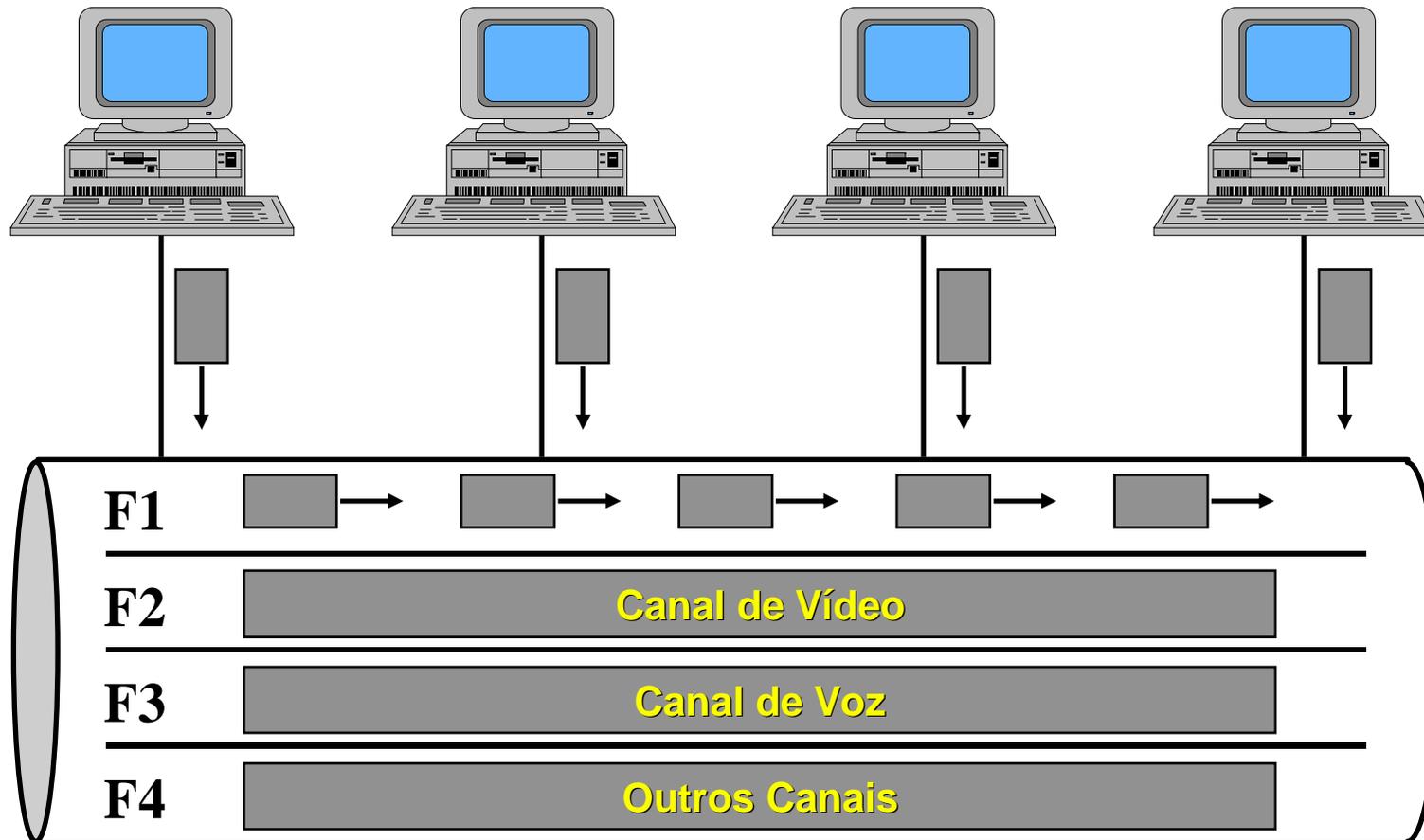
Uma Visão Geral do Cable Modem

Cable Modem

- **Transmissão de dados através da rede de TV a cabo**
- **Bandas geralmente designadas de forma assimétrica**
 - *canais de 6 MHz (TV)*
- **Transmissões podem alcançar, na prática, taxas de 30 a 40 Mbps em um canal de 6 MHz**
- **Upstream pode ser através de outra rede (p. ex. Rede telefônica)**
 - *amplificadores unidirecionais na planta de distribuição da operadora*

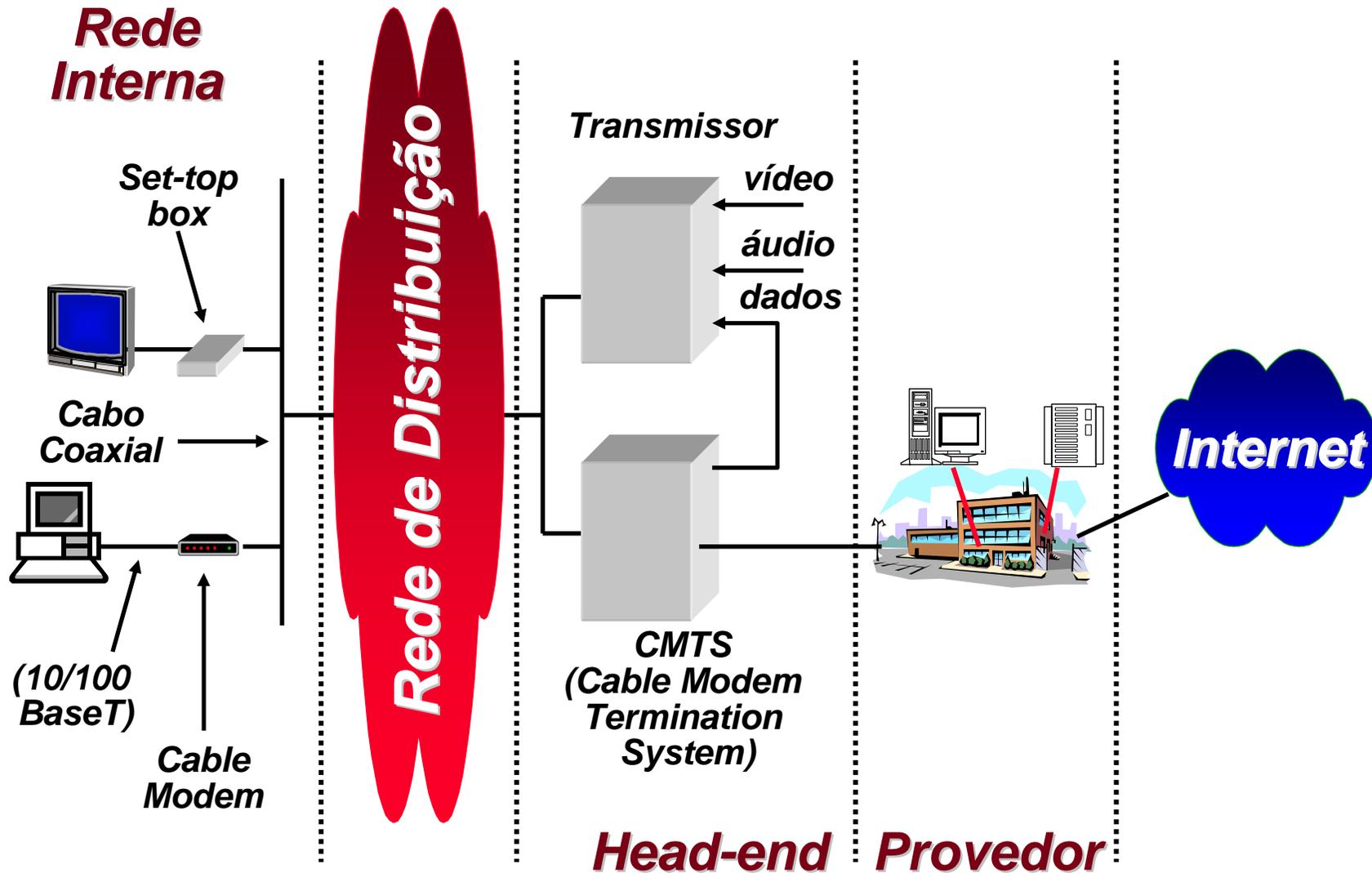
FDM

Redes de Acesso em Banda Larga



Cable Modem: Arquitetura

Redes de Acesso em Banda Larga

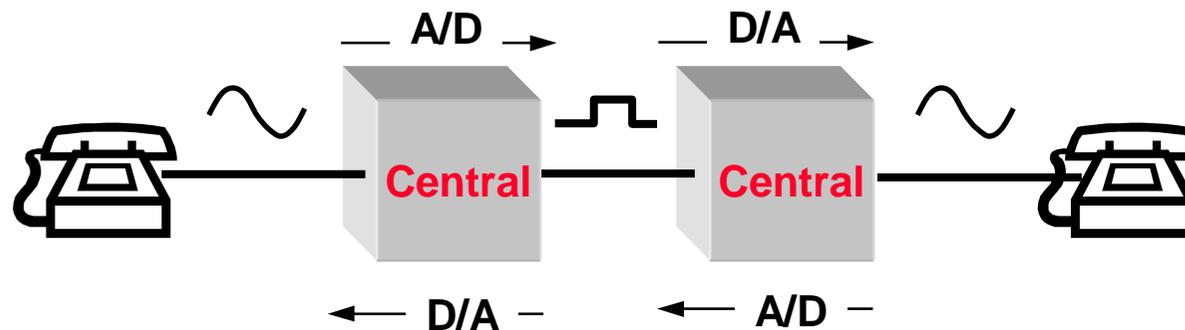


Visão Geral do Acesso via Rede Telefônica Convencional

Digitalização das Centrais Telefônicas

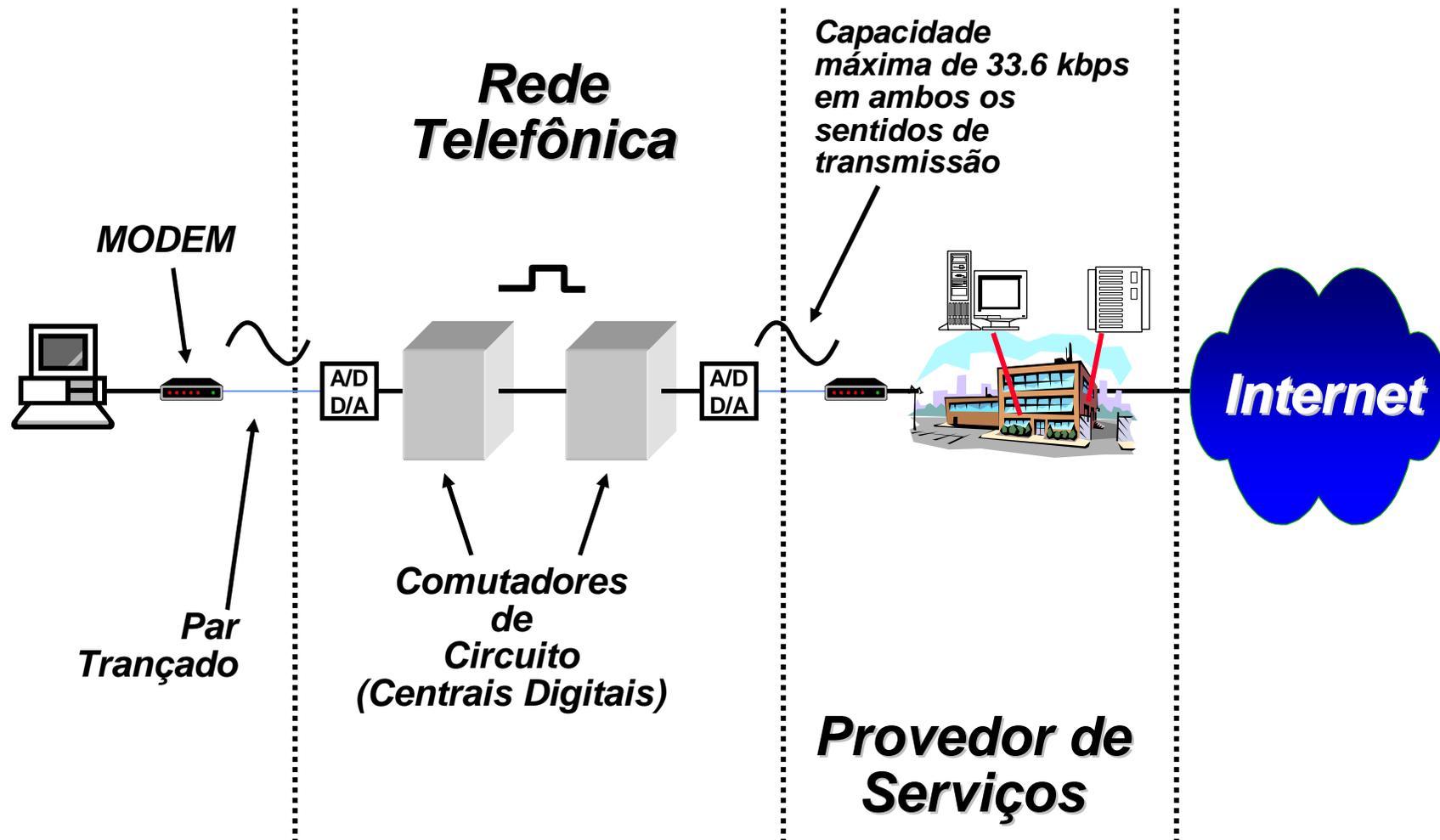
Redes de Acesso em Banda Larga

- Com a modernização das redes telefônicas as centrais passaram a ser digitais, assim como as linhas de transmissão entre as centrais



Taxa de Transmissão no Acesso ao Provedor

Redes de Acesso em Banda Larga



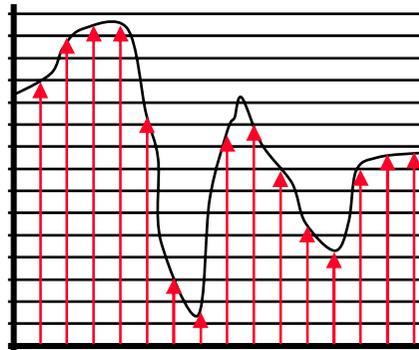
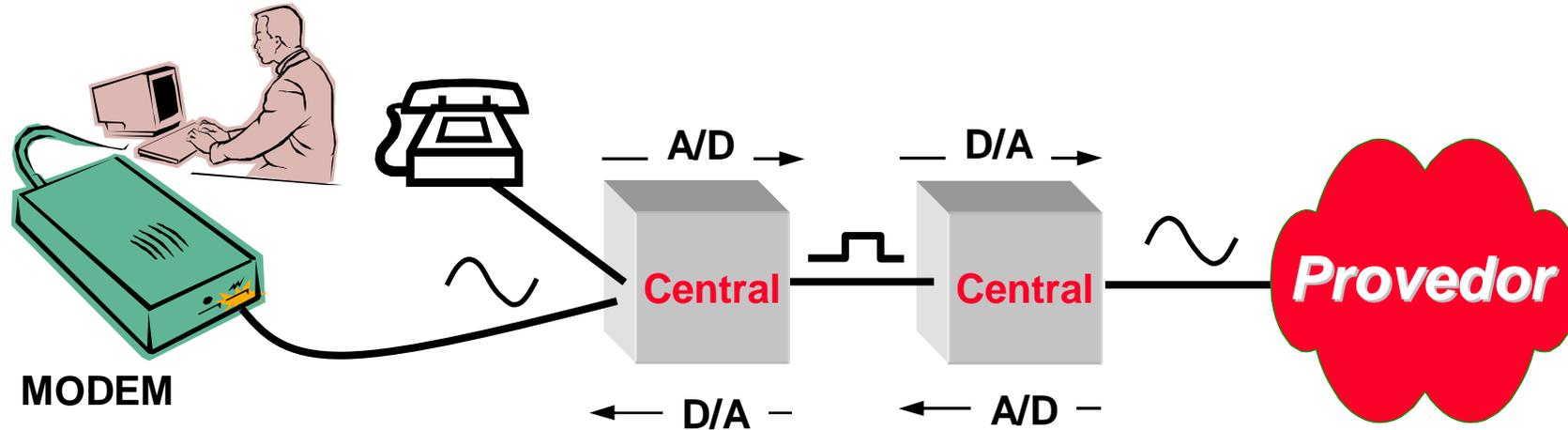
Taxa de Transmissão no Acesso ao Provedor

Redes de Acesso em Banda Larga

- **A taxa de transmissão depende da banda disponível e da razão sinal/ruído presente em uma linha de transmissão**
 - *Por Shanon: $C = W \log_2(1 + S/N)$ bps*
- **A conversão analógico/digital gera um ruído denominado *ruído de quantização***

Taxa de Transmissão no Acesso ao Provedor

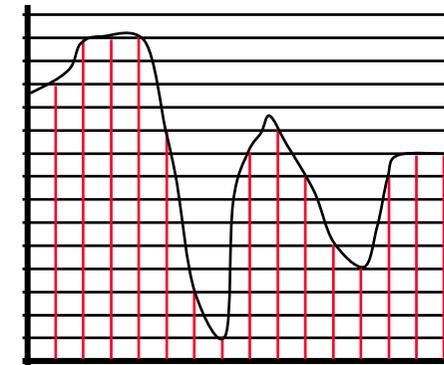
Redes de Acesso em Banda Larga



A Conversão Analógico/Digital



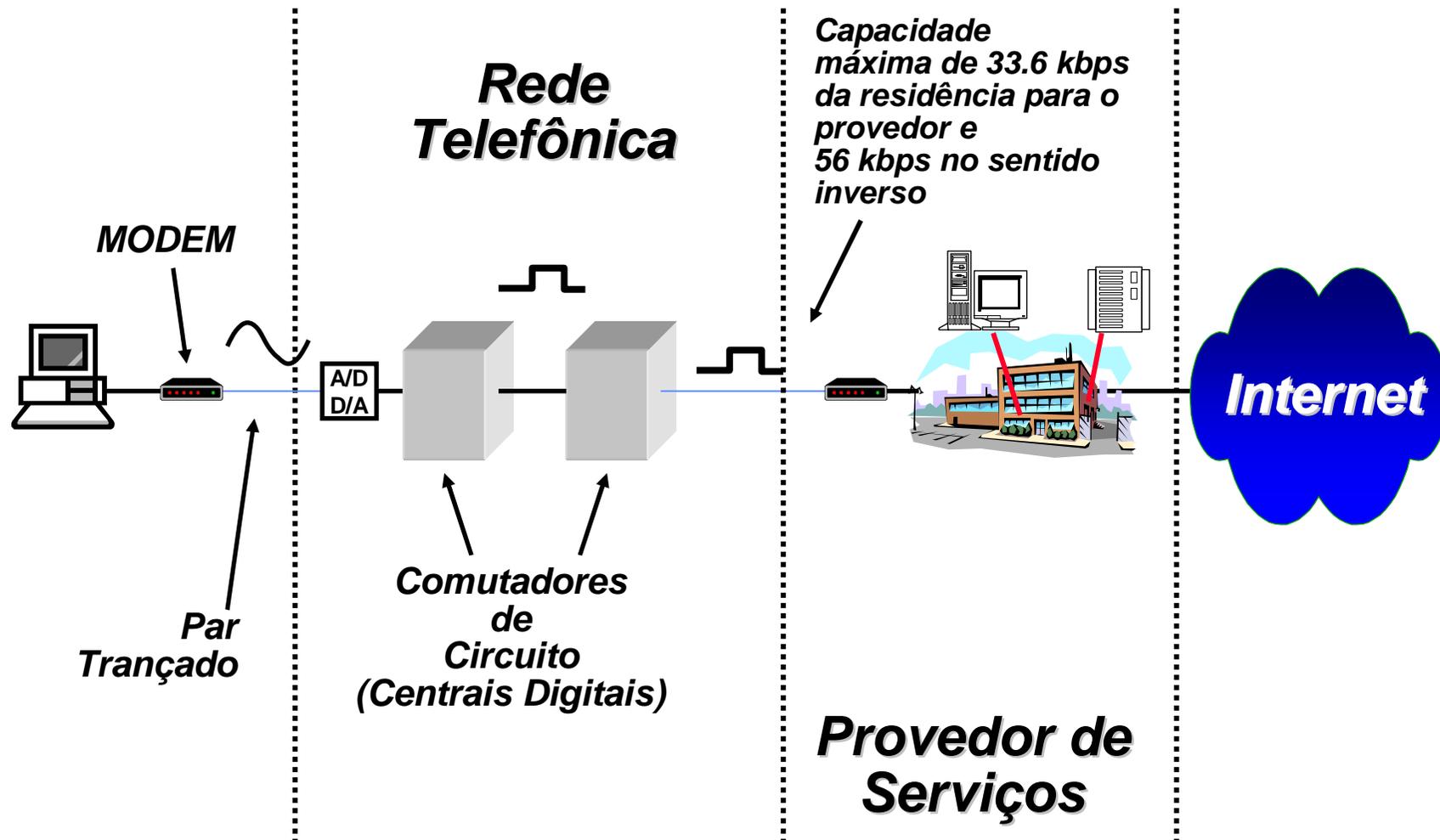
**Gera um Ruído chamado
Ruído de Quantização**



Não é possível obter-se mais do que 33.6 kbps !!

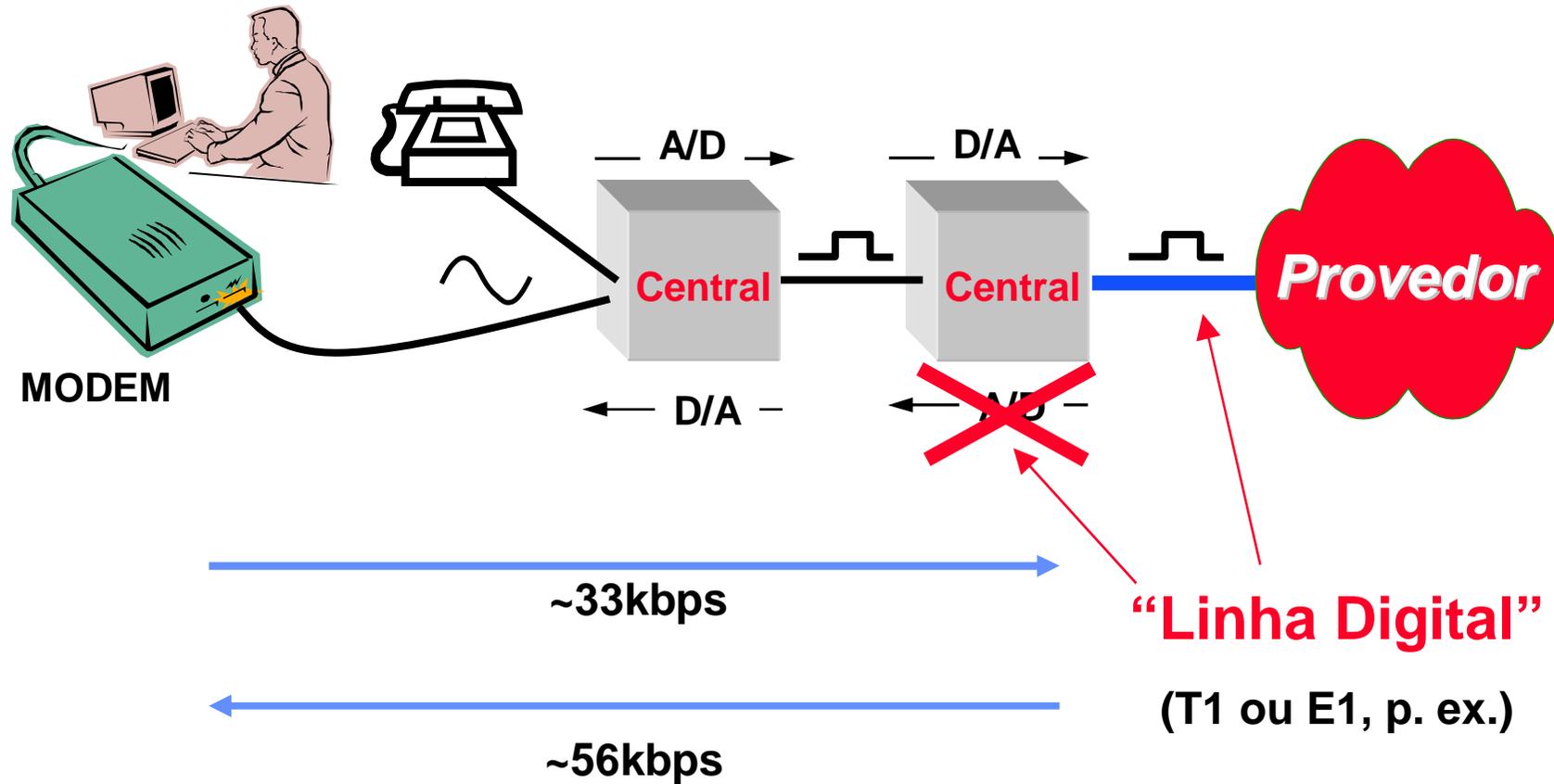
Taxa de Transmissão no Acesso ao Provedor

Redes de Acesso em Banda Larga



Taxa de Transmissão no Acesso ao Provedor

Redes de Acesso em Banda Larga



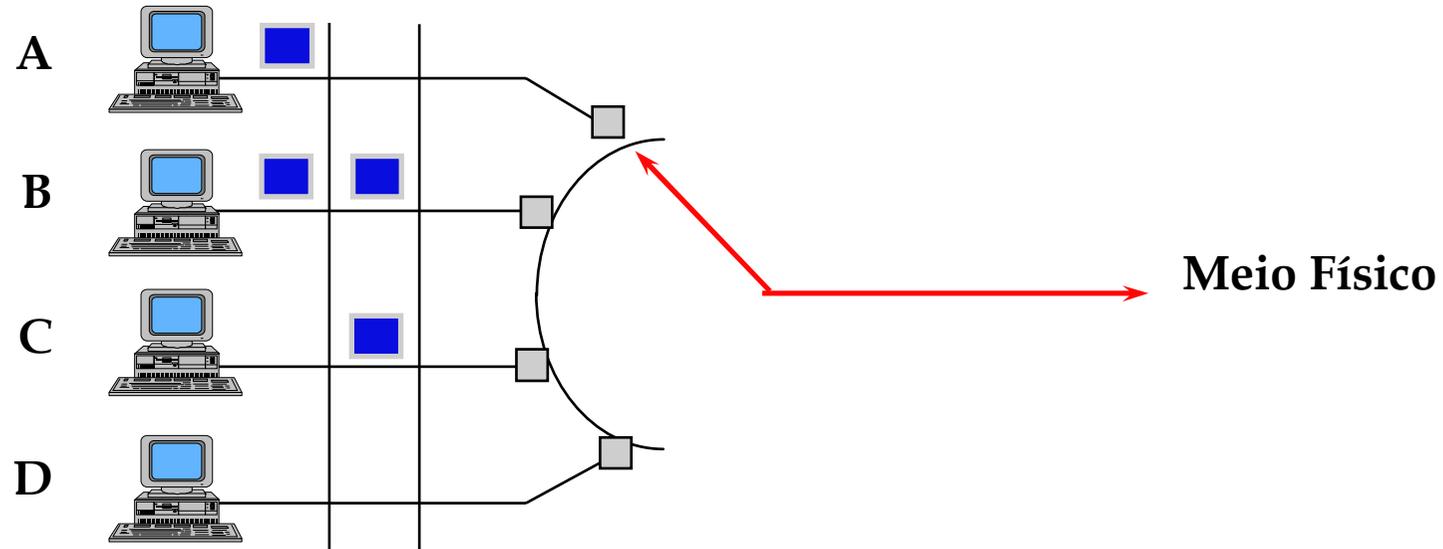
Multiplexação no Tempo

Multiplexação por Divisão de Tempo

- **Ao invés de se utilizar as várias faixas de frequências para separar os sinais a serem transmitidos, utiliza-se o tempo como a grandeza a ser compartilhada.**
 - *obtém-se o compartilhamento do meio físico intercalando-se porções de cada um dos sinais ao longo do tempo.*
 - *A forma com que o tempo é subdividido dá origem a duas formas de TDM: o TDM síncrono e o TDM assíncrono (ou Estatístico).*

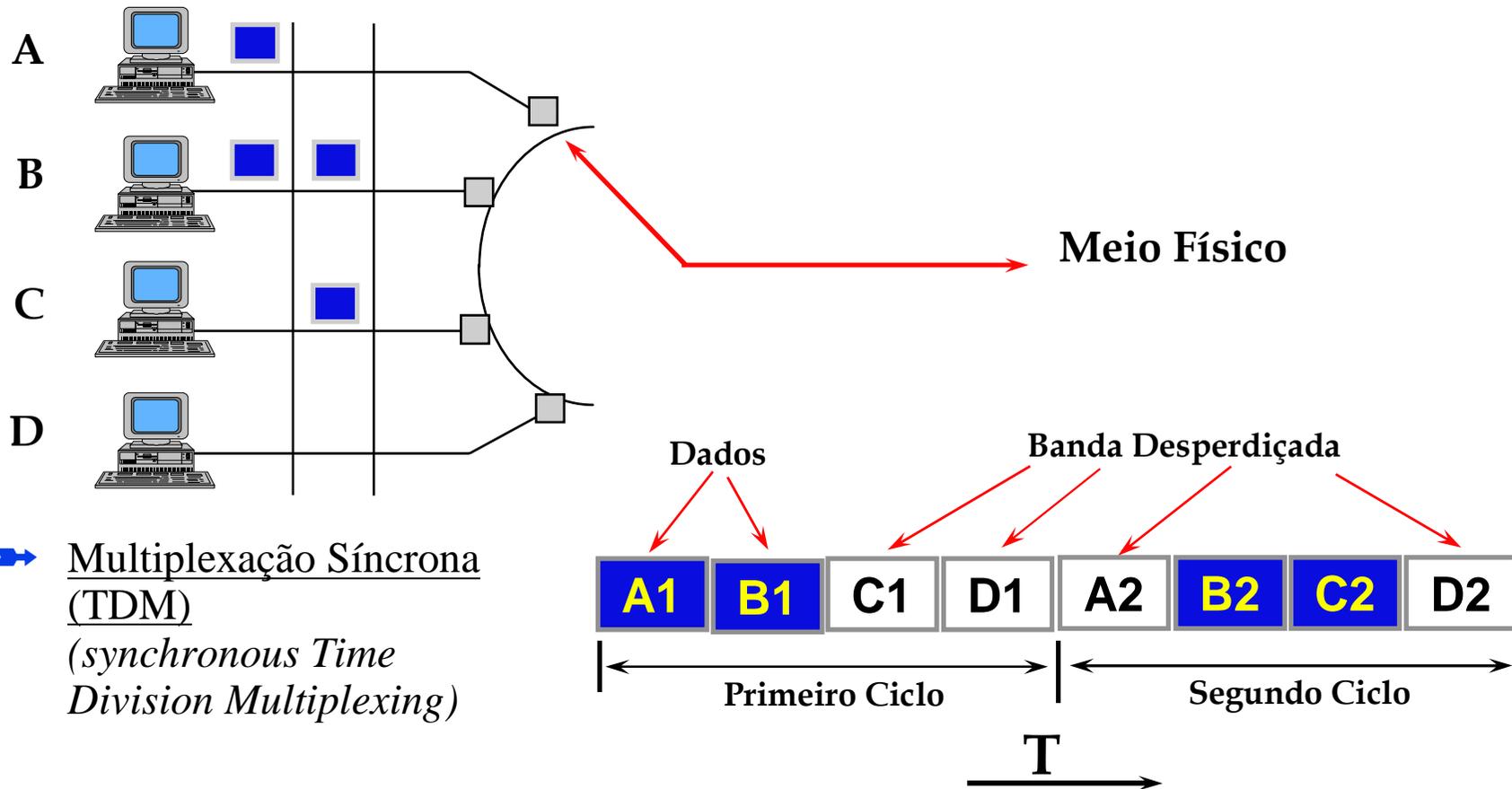
Multiplexação no Tempo

Redes de Acesso em Banda Larga

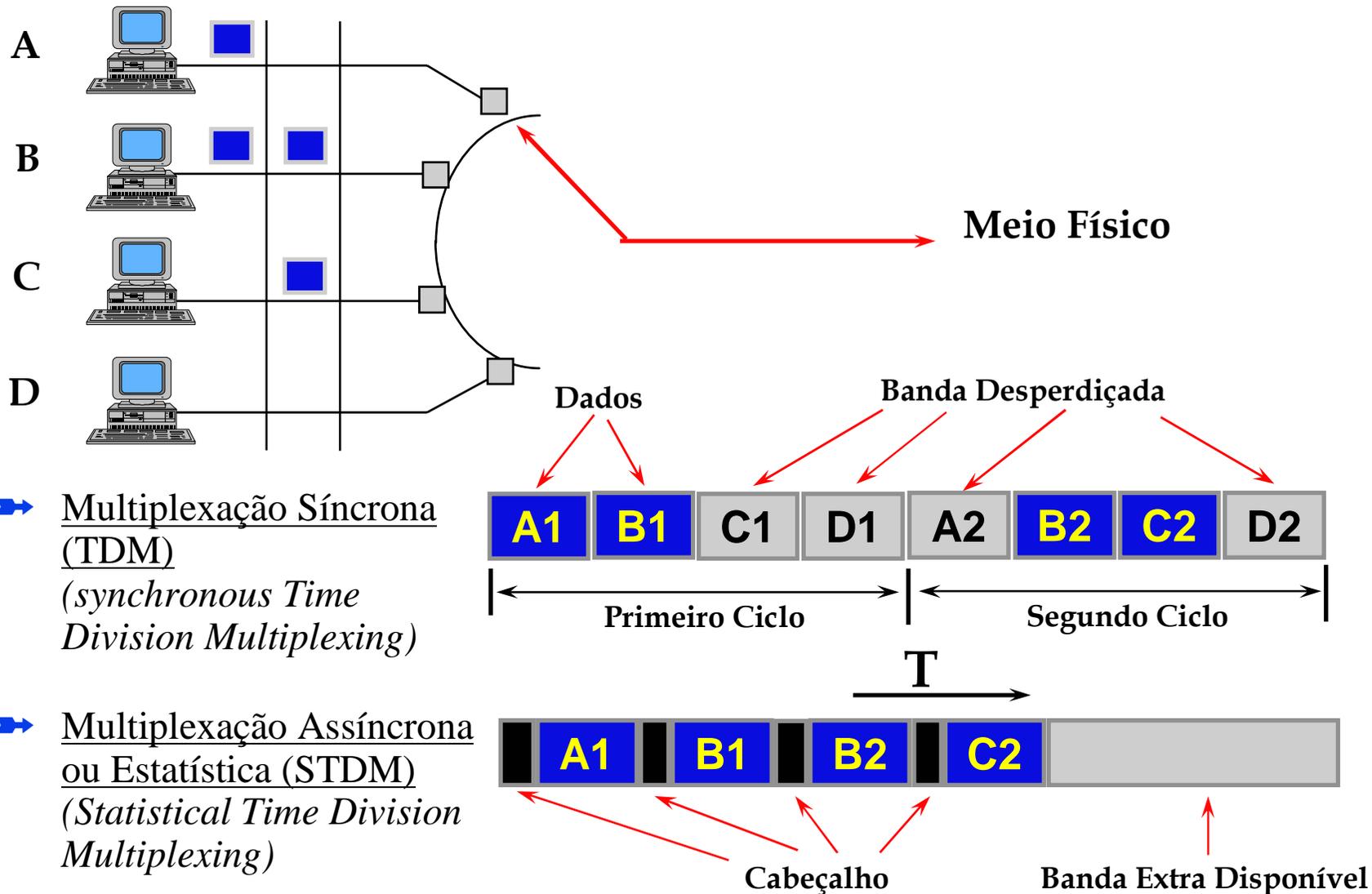


Multiplexação no Tempo

Redes de Acesso em Banda Larga



Multiplexação no Tempo



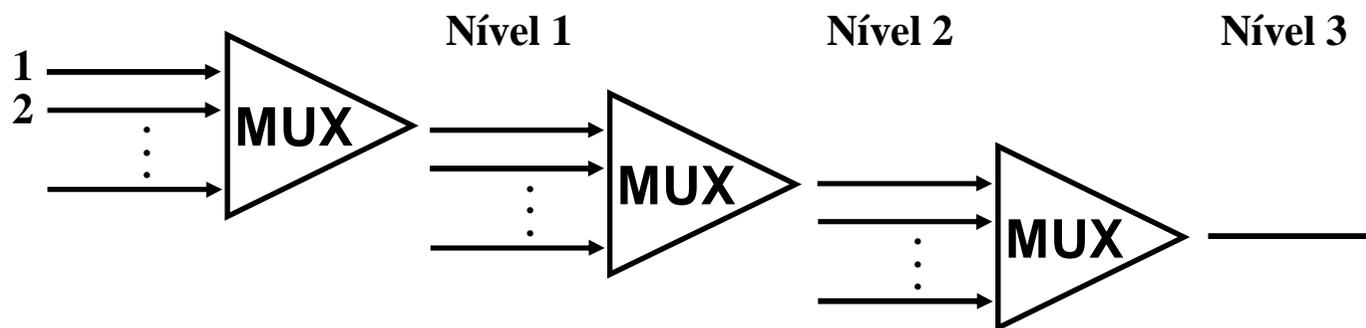
Canal

- **Representação para uma parcela da utilização do meio físico alocada a transmissão de um sinal.**
- **A implementação de um canal varia de acordo com a forma de multiplexação. Assim, tem-se um tipo de canal no FDM e um outro tipo de canal no TDM síncrono.**
 - *No FDM, um canal corresponde a uma faixa de frequências*
 - *No TDM síncrono, denomina-se canal o conjunto de todos os slots, um em cada frame, identificados por uma determinada posição fixa dentro desses frames.*
 - Ex.: o canal 3 é formado pelo terceiro slot dentro de cada ciclo.

Hierarquias de Transmissão Digital

Redes de Acesso em Banda Larga

- **Em uma hierarquia de sinais digitais, os sinais de taxa mais alta são obtidos através do cascadeamento de multiplexadores**

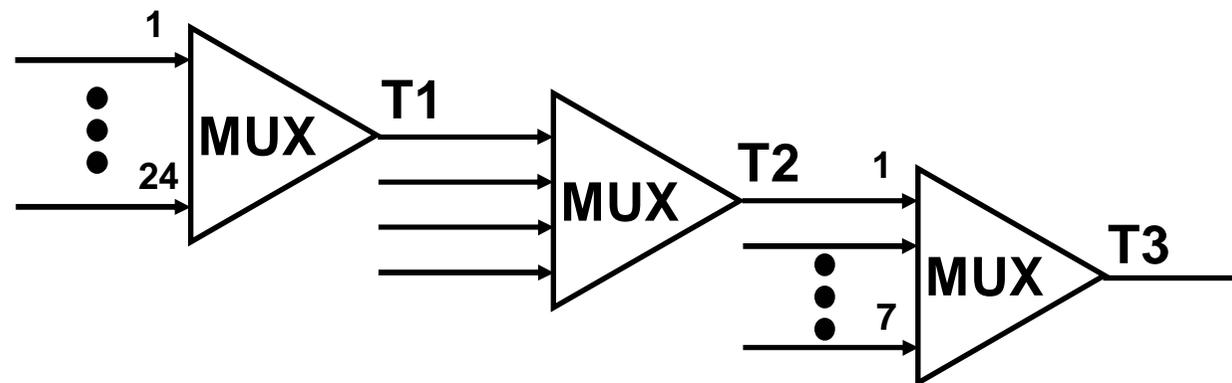


Hierarquia de Sinais Digitais dos EUA

Redes de Acesso em Banda Larga

Sinal Digital	Número de Canais de Voz	Taxa de Transmissão
DS-1	24	1,544 Mbps
DS-2	96	6,312 Mbps
DS-3	672	44,736 Mbps
DS-4	4032	274,176 Mbps

- Inicialmente definido pela AT&T, tendo posteriormente se tornado o padrão utilizado para a transmissão digital de voz em sistemas telefônicos nos EUA.
 - *multiplexação síncrona no tempo, de vinte e quatro canais de voz, a 64 Kbps cada, transportados em um sinal de 1,544 Mbps (denominado DS-1 — Digital Signal Level 1).*



Hierarquia Européia

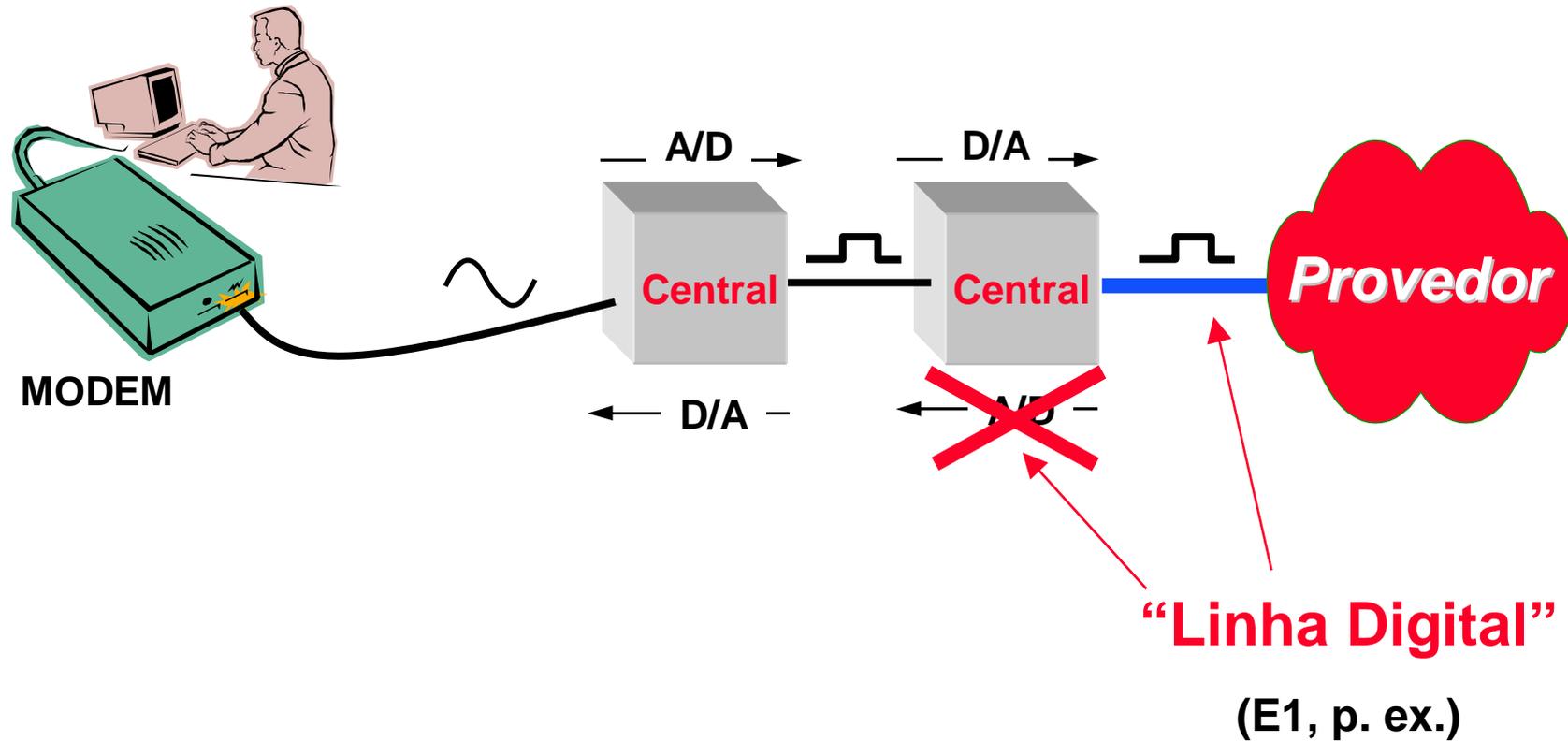
Redes de Acesso em Banda Larga

Sinal Digital	Número de Canais de Voz	Taxa de Transmissão
E1	30	2,048 Mbps
E2	120	8,448 Mbps
E3	480	34,368 Mbps
E4	1920	139,264 Mbps

- **O esquema E1 é oriundo do padrão utilizado para a transmissão de voz em sistemas telefônicos digitais na Europa e no Brasil**
 - *30 canais de voz, a 64 Kbps cada, transportados em um sinal de 2,048 Mbps.*

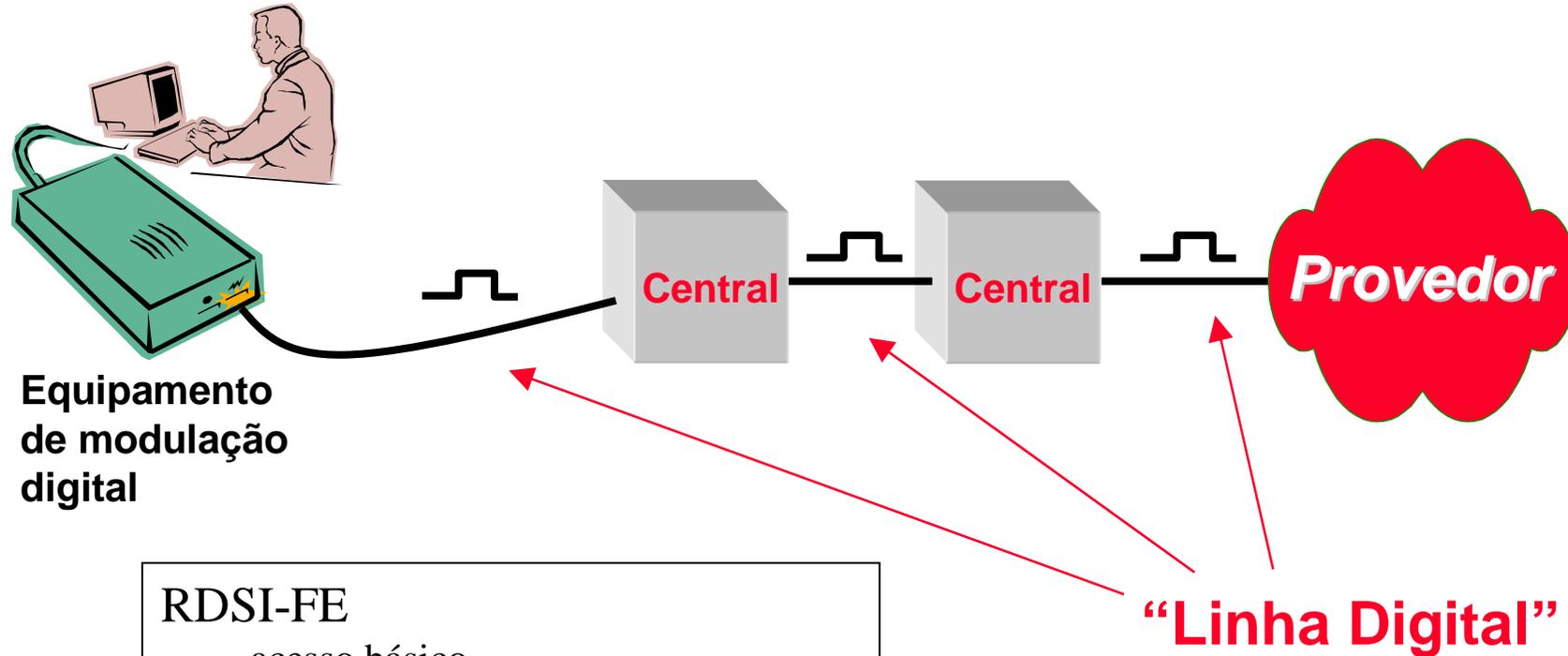
Taxa de Transmissão no Acesso ao Provedor

Redes de Acesso em Banda Larga



Taxa de Transmissão no Acesso ao Provedor

Redes de Acesso em Banda Larga



RDSI-FE

acesso básico

2B+D (144 kbps)

acesso primário

30B + D (2 Mbps)

Canal B = 64 kbps

Canal D = 16 kbps

Visão Geral do ADSL

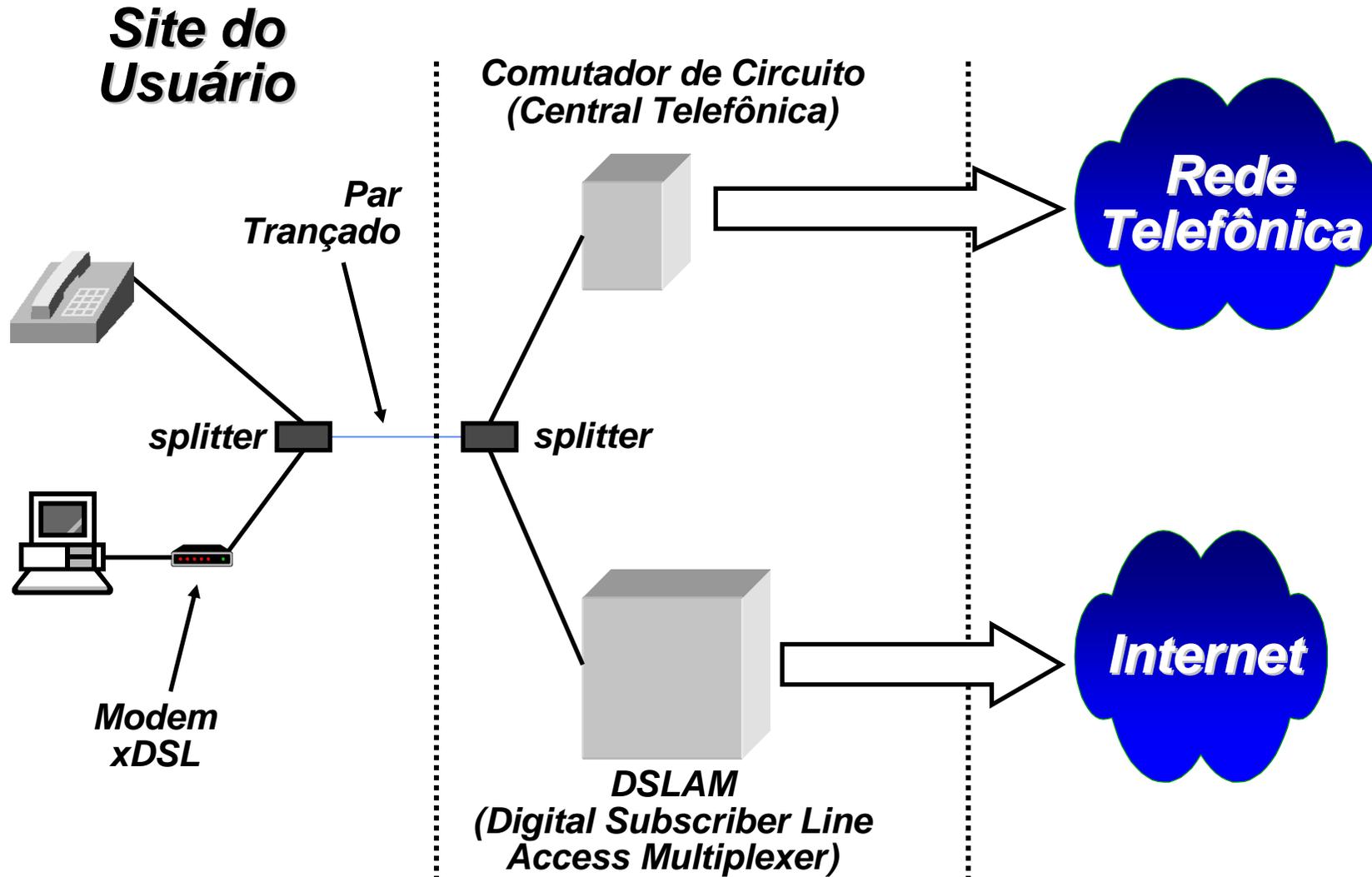
Rede Telefônica - Acesso xDSL

Redes de Acesso em Banda Larga

- **xDSL: Digital Subscriber Line**
 - *família de novas tecnologias de MODEM que oferecem transmissão de dados digitais em altas taxas de velocidade com aproveitamento da planta de cabos de par trançado já instalada*
- **Limitação de aproximadamente 4 kHz de largura de banda é imposta pelos equipamentos internos à rede telefônica**
 - *par trançado oferece banda na faixa de MHz, variando em função da distância do assinante à central*
- **ADSL - Asymmetric Digital Subscriber Line**
 - *opção mais difundida*

xDSL: Arquitetura

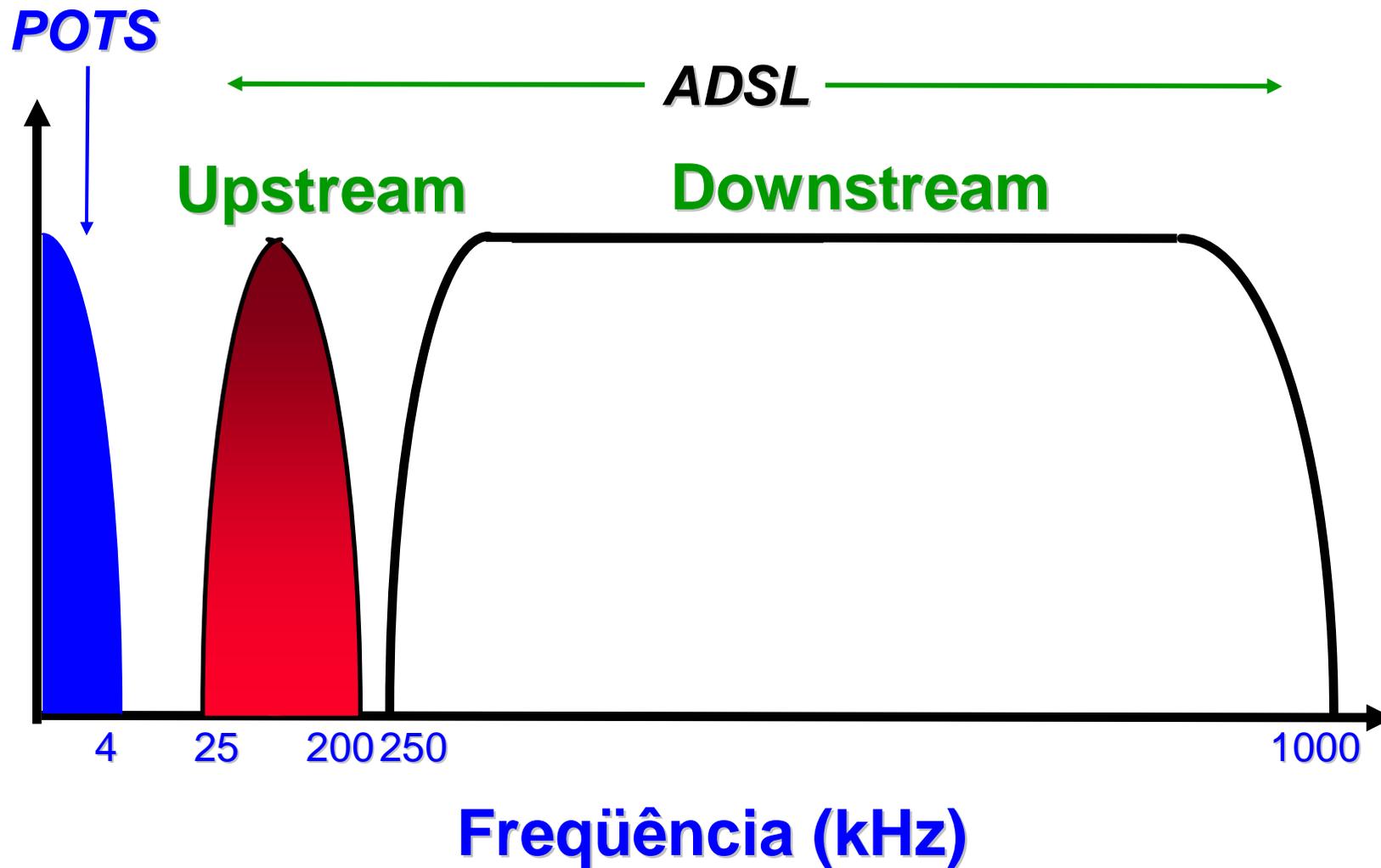
Redes de Acesso em Banda Larga



ADSL

- **Bandas de subida (upstream) e de descida (downstream) assimétricas**
- **Proposto originalmente para aplicações de VoD**
 - *adequado também para acesso à Internet*
- **Taxas variam com a distância e a qualidade do sinal na linha**
 - *16 a 640 Kbps de subida*
 - *1,5 a 9 Mbps de descida*

ADSL: FDM



Arquiteturas de Protocolos e Serviços

Arquiteturas

- **Modelo de Referência OSI**
- **Arquitetura IEEE 802**
- **Arquitetura TCP/IP (Internet - IETF)**
- **Arquitetura ATM**

Modelo de Referência OSI

Arquitetura em Níveis (ou Camadas)

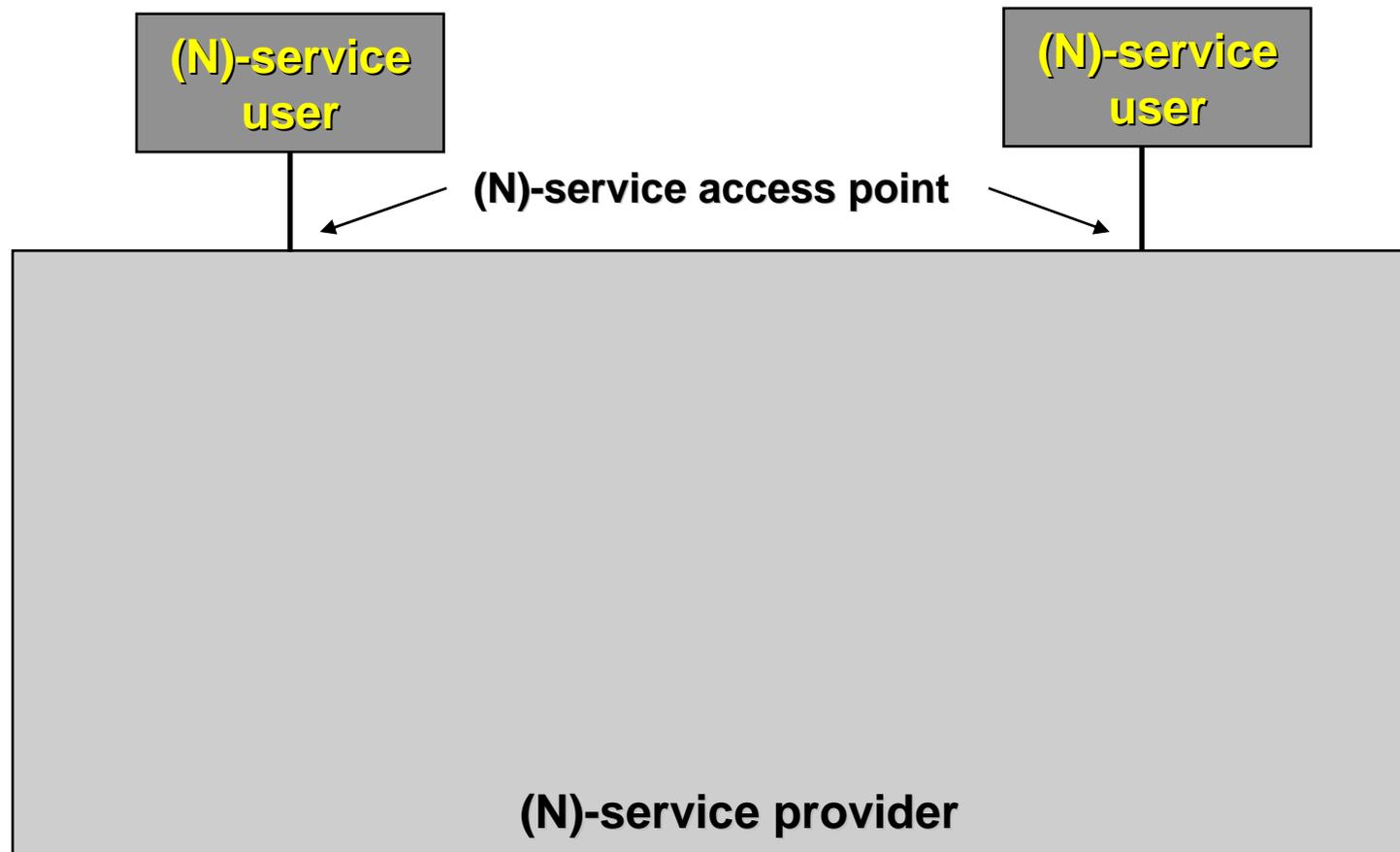
Redes de Acesso em Banda Larga

- Princípio do “Dividir para Conquistar”
- Facilidade de modificação e validação
- Projetar uma rede como um conjunto hierárquico de camadas
 - *Cada nível utiliza os serviços oferecidos pelo nível **imediatamente** inferior para implementar e oferecer os seus serviços ao nível **imediatamente** superior*
 - *O projeto de um nível está restrito a um contexto específico e supõe que os problemas fora deste contexto já estejam devidamente resolvidos*



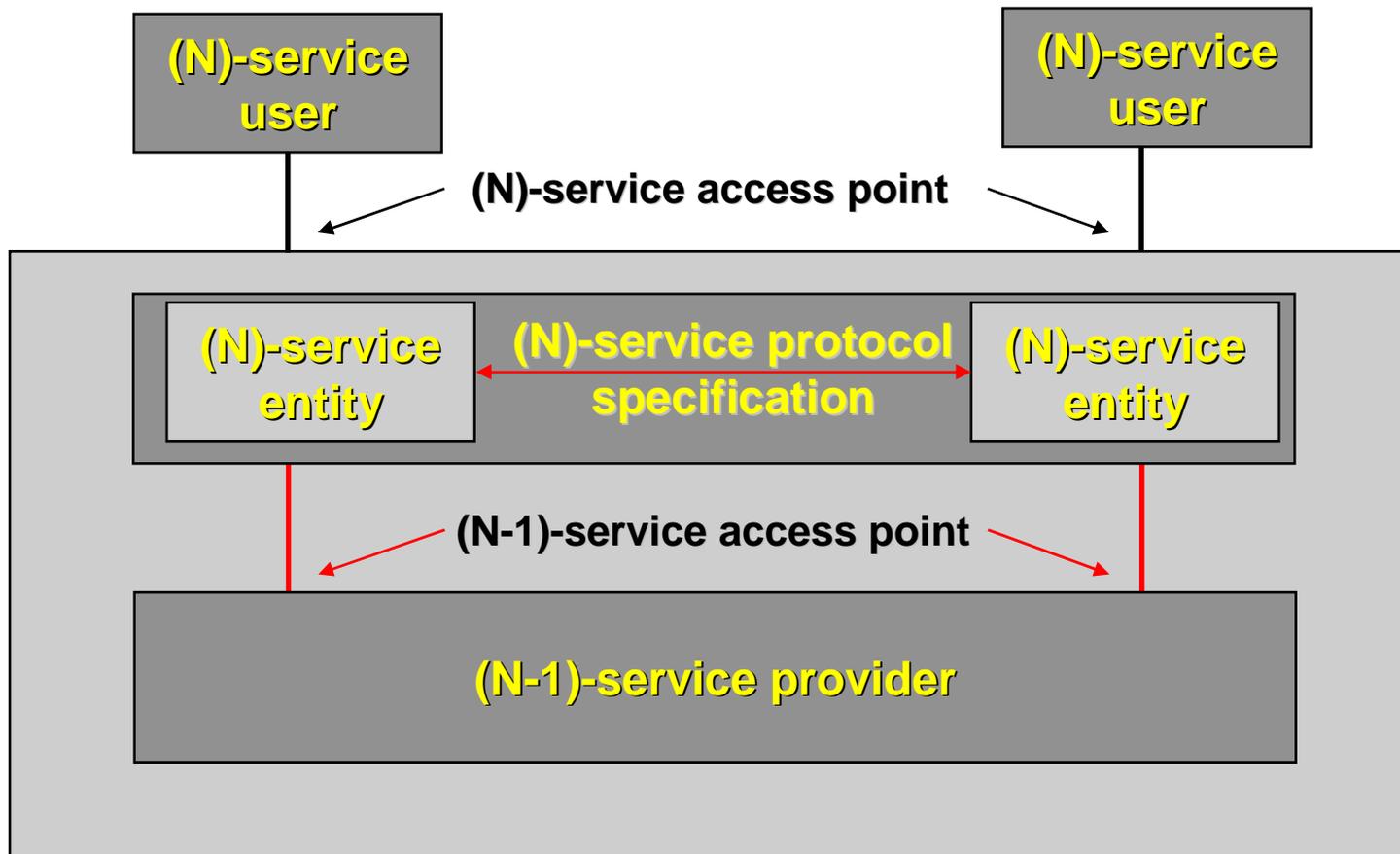
Fornecedores e Usuários de Serviços

Redes de Acesso em Banda Larga



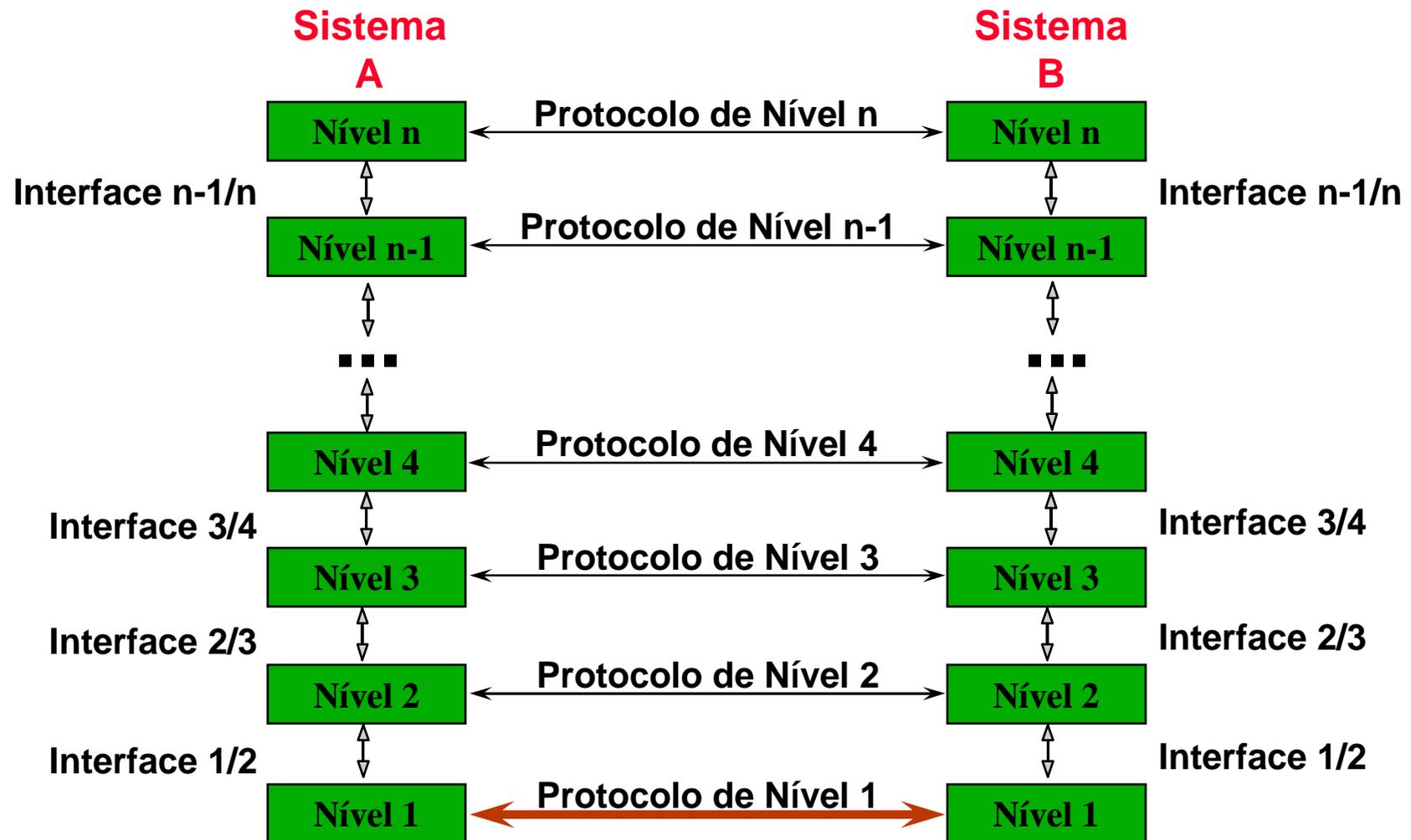
Fornecedores e Usuários de Serviços

Redes de Acesso em Banda Larga



Níveis, Protocolos e Interfaces

Redes de Acesso em Banda Larga



Modelo de Referência OSI

- **O modelo de referência OSI concentra-se apenas na questão de interconexão de sistemas**
 - *transferência de informação (transmissão)*
 - *interoperabilidade (ex. representação de dados, integridade, segurança, etc.)*
- **O modelo de referência OSI *não especifica* implementação, tecnologia, interconexão de sistemas particulares**

Camadas do Modelo OSI

Redes de Acesso em Banda Larga



Nível Físico



- **Transmissão de bits através de um canal de comunicação**
- **Características do meio físico e da transmissão do sinal**
 - *Características mecânicas*
 - *Características elétricas*
 - *Características funcionais*
 - *Características procedurais*

Nível de Enlace

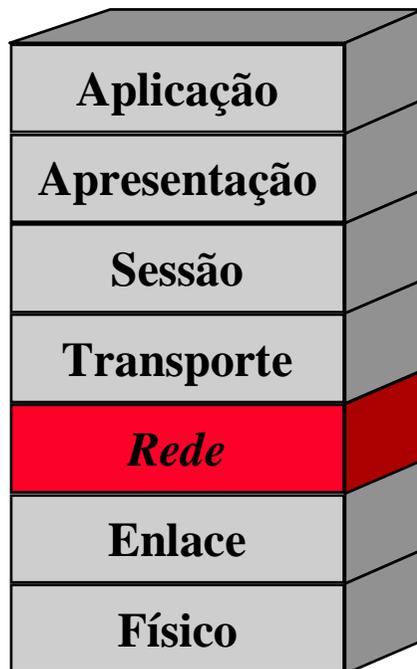
Redes de Acesso em Banda Larga



- **Detecta e opcionalmente corrige erros que por ventura ocorram no nível físico**
- **Transmissão e recepção de quadros (delimitação)**
- **Controle de fluxo**

Nível de Rede

Redes de Acesso em Banda Larga



- **Roteamento**
- **Serviços**
 - *Circuito Virtual*
 - *Datagrama*

Nível de Transporte

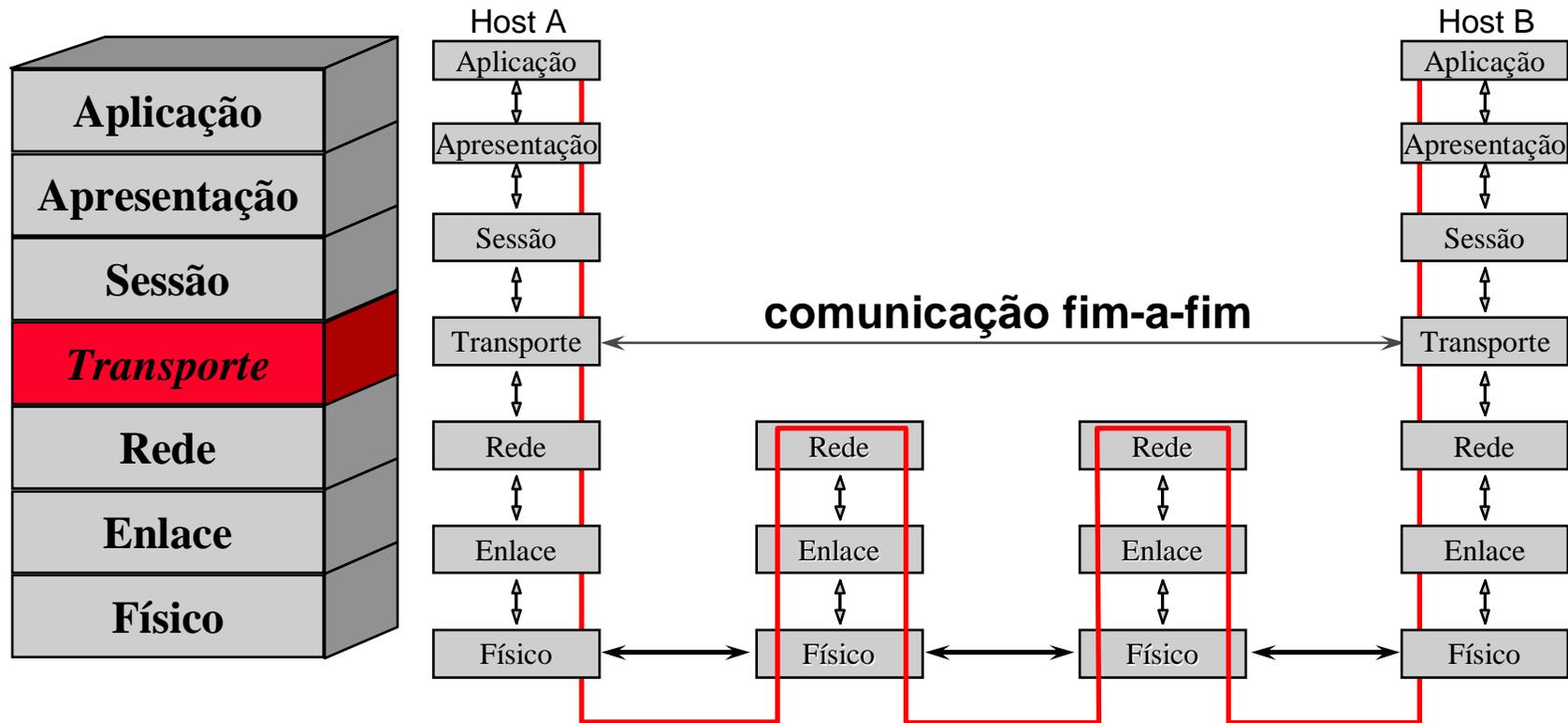
Redes de Acesso em Banda Larga



- **Fornece uma comunicação *fim-a-fim* (com confiabilidade)**
 - *Controle de fluxo*
 - *Deteccção e recuperação de erros fim-a-fim*
- **Segmentação e remontagem de mensagens**

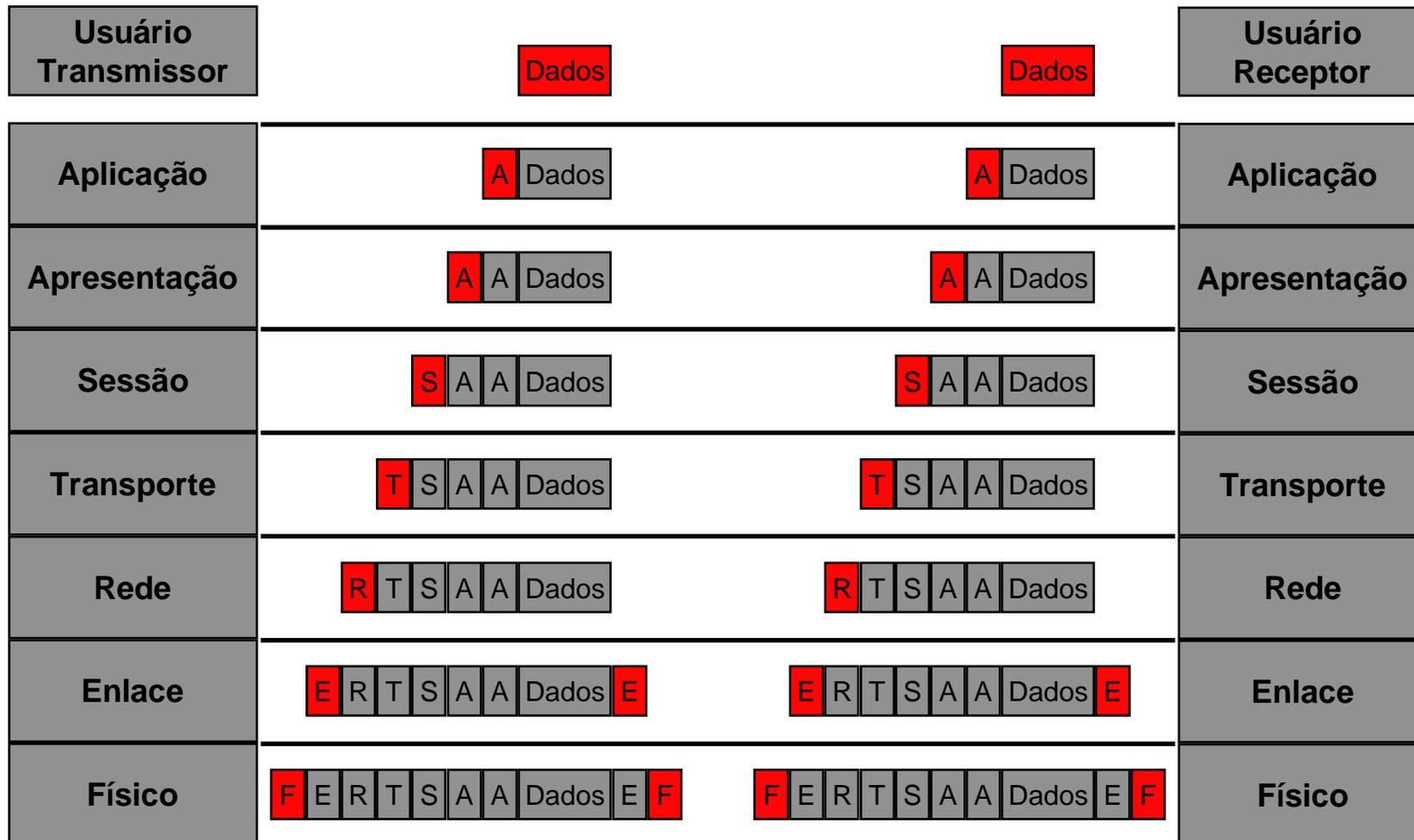
Nível de Transporte

Redes de Acesso em Banda Larga



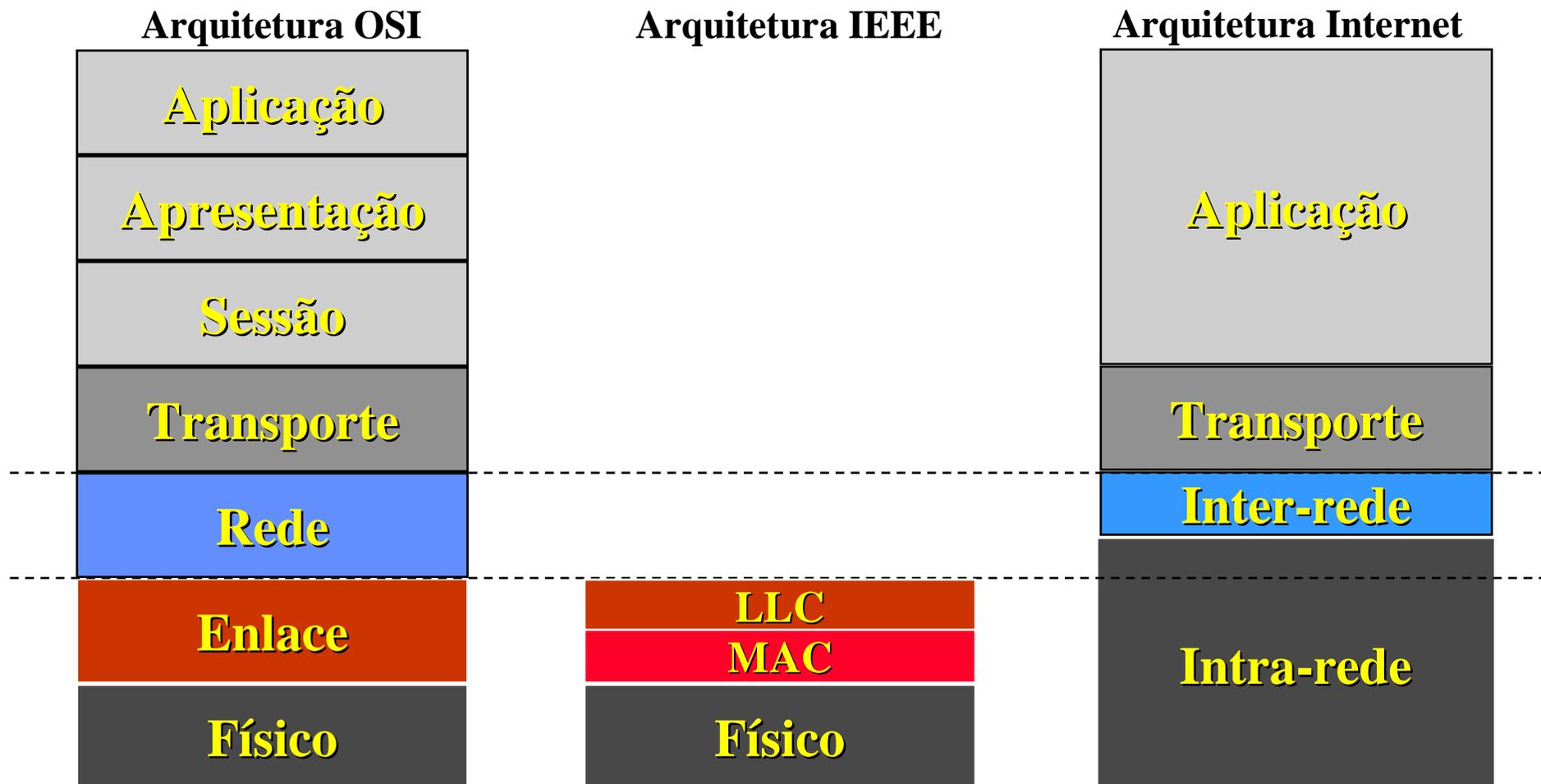
Transmissão de Dados no Modelo OSI

Redes de Acesso em Banda Larga



Arquiteturas de Protocolos

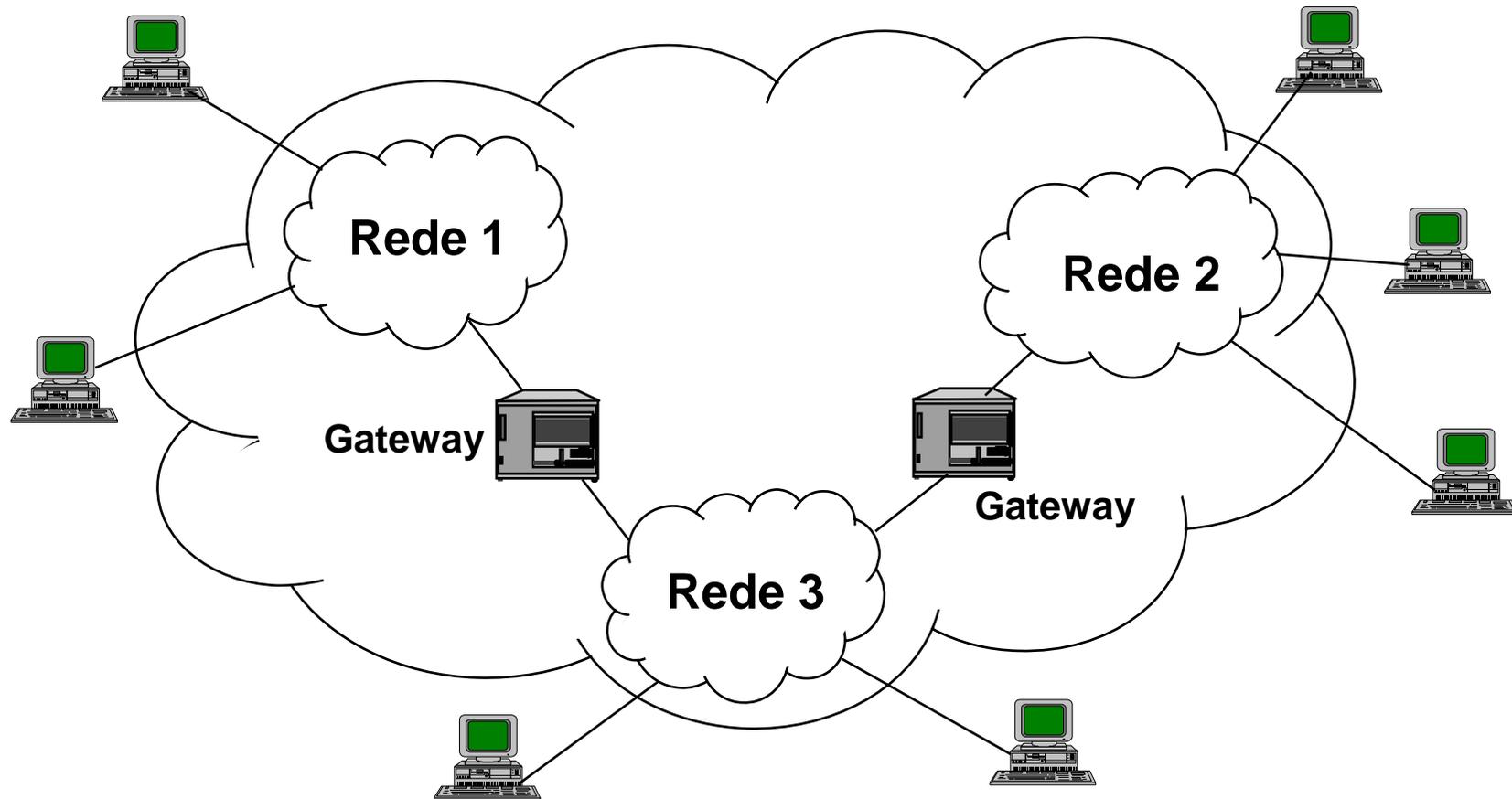
Redes de Acesso em Banda Larga



Arquitetura Internet

Inter-redes

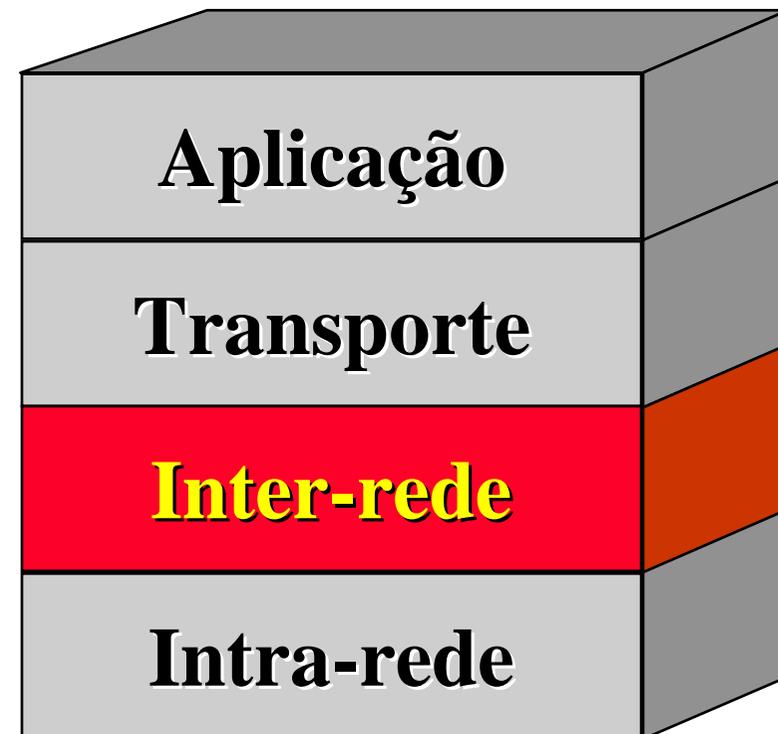
Redes de Acesso em Banda Larga



O Protocolo IP (Internet Protocol)

Redes de Acesso em Banda Larga

- Realiza função de roteamento
 - *Roteamento entre redes*
- Oferece um serviço de datagrama não confiável
 - *Protocolo sem conexão*
 - *Confiabilidade deve ser fornecida pelas camadas superiores*
- Fornece um **endereçamento** independente da estrutura ou do endereçamento de cada intra-rede

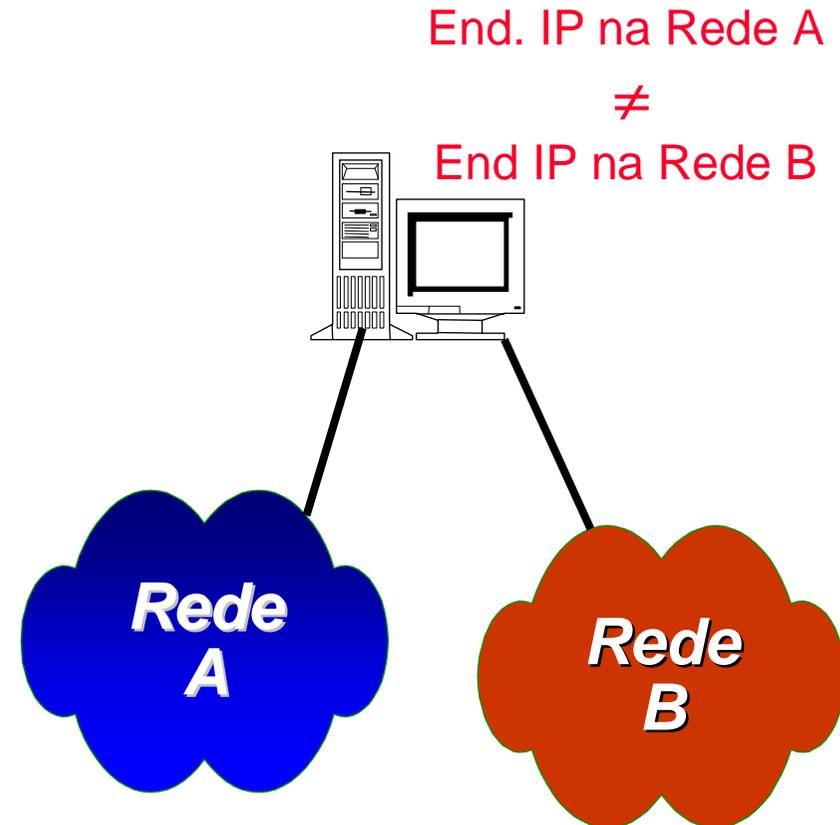


Endereços IP

- São números de 32 bits.
- Um endereço IP identifica **um *host* em uma determinada rede física**
- Endereçamento hierárquico composto de parte de *rede* e parte de *host*:
 - *Troca de rede = troca de endereço.*

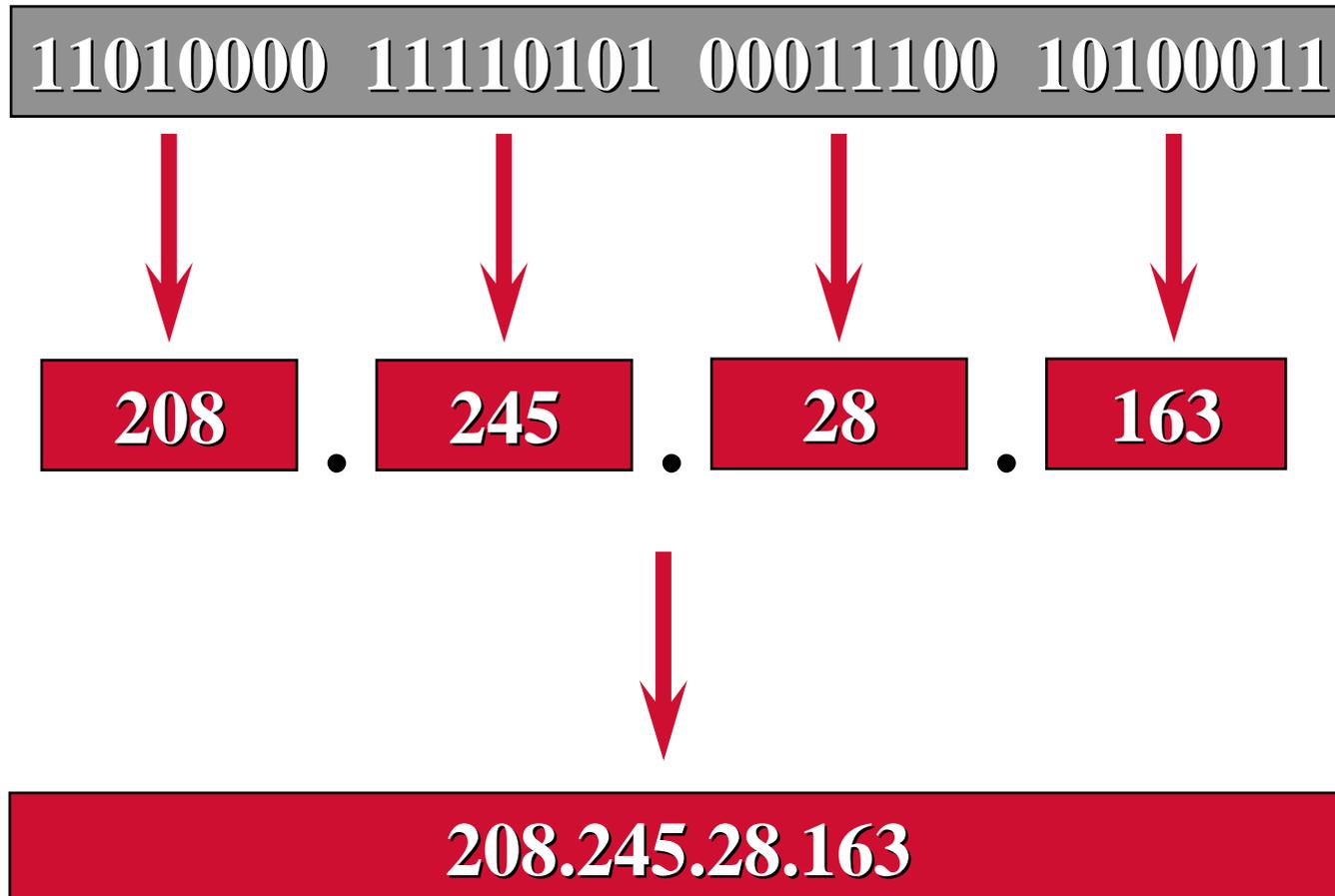


Parte comum a todas as Estações em uma mesma rede



Endereços IP: Notação “de Ponto”

Redes de Acesso em Banda Larga



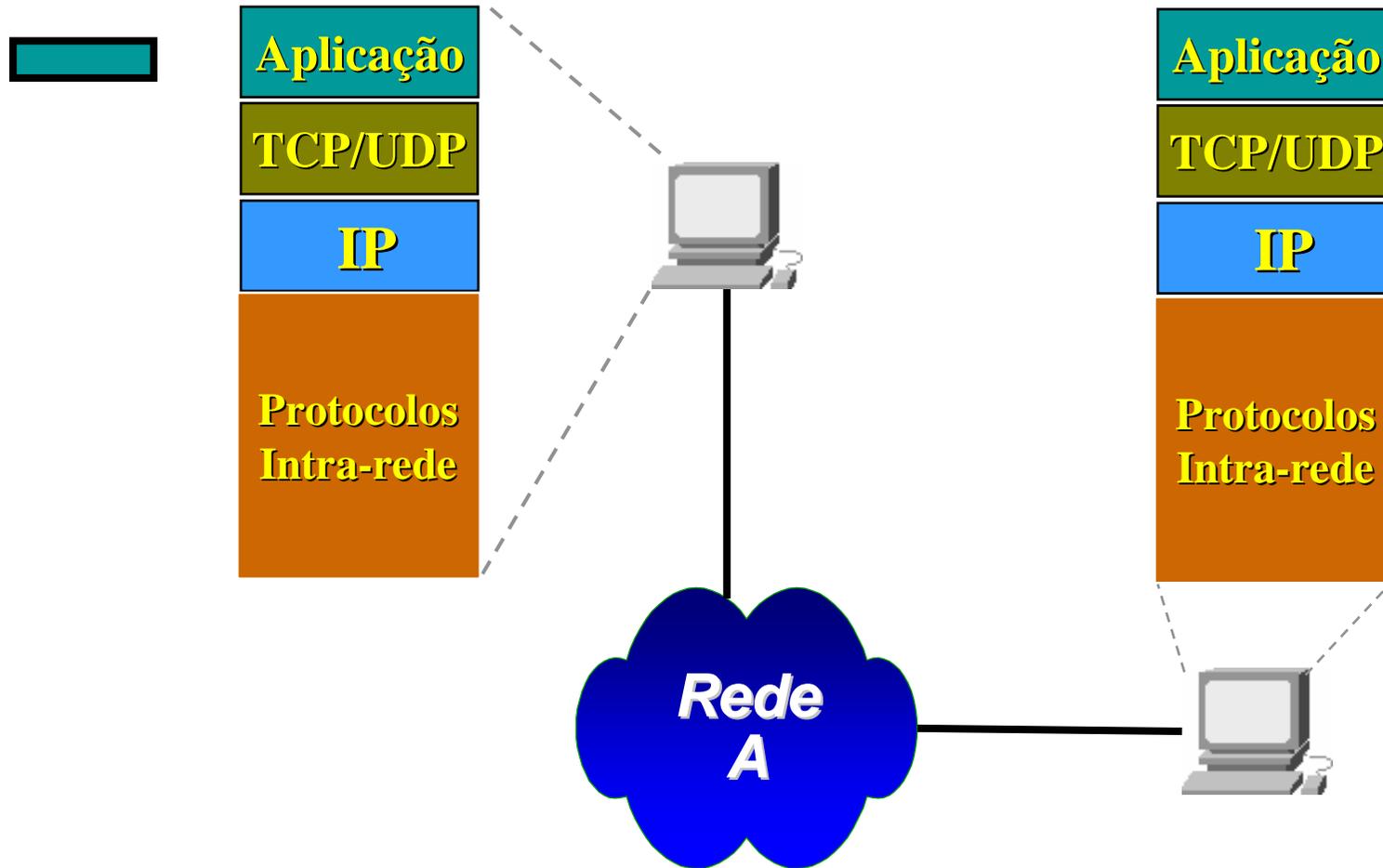
Endereços IP: Primeiro com Classes

Redes de Acesso em Banda Larga



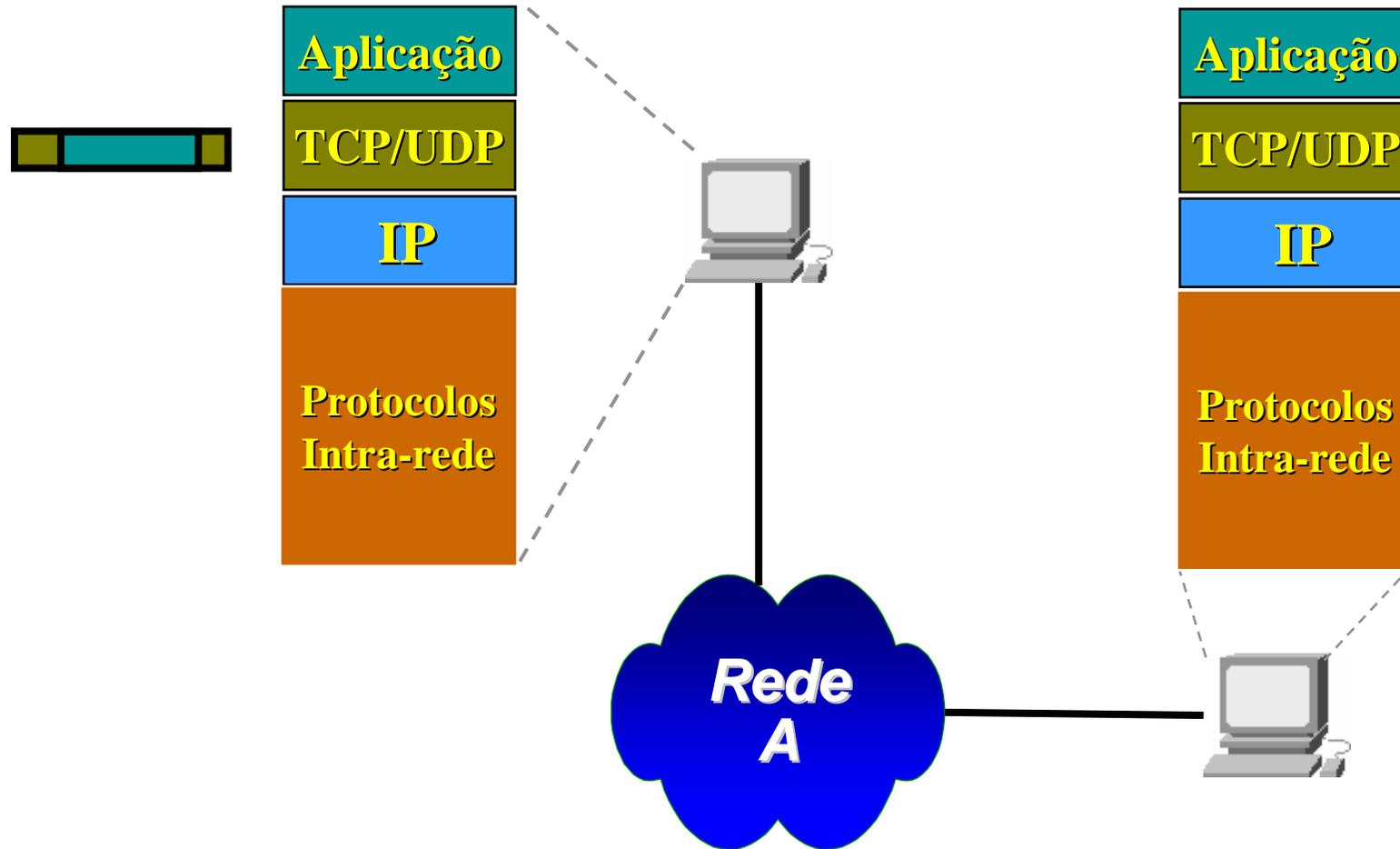
Entrega de Pacotes IP

Redes de Acesso em Banda Larga



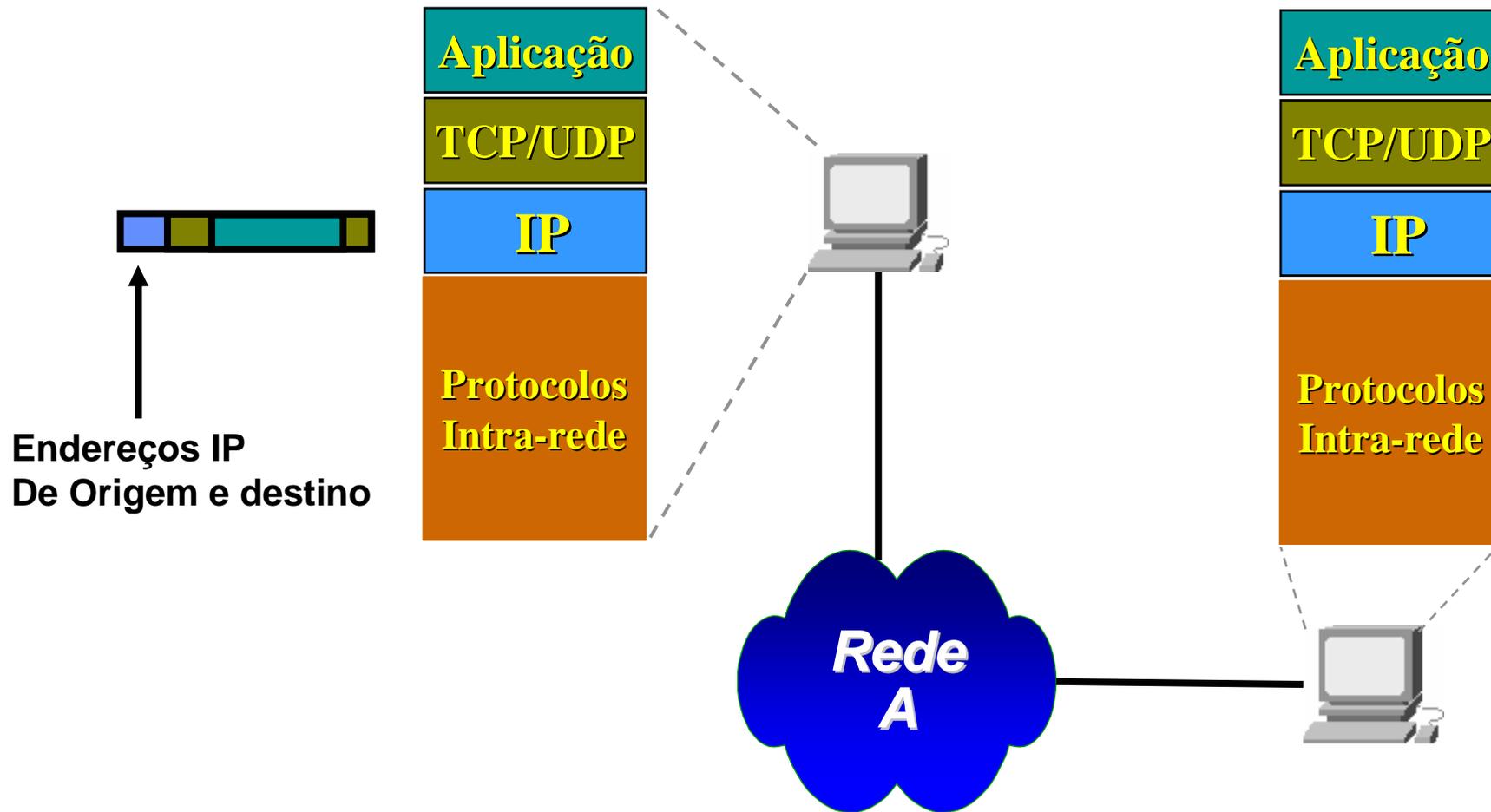
Entrega de Pacotes IP

Redes de Acesso em Banda Larga



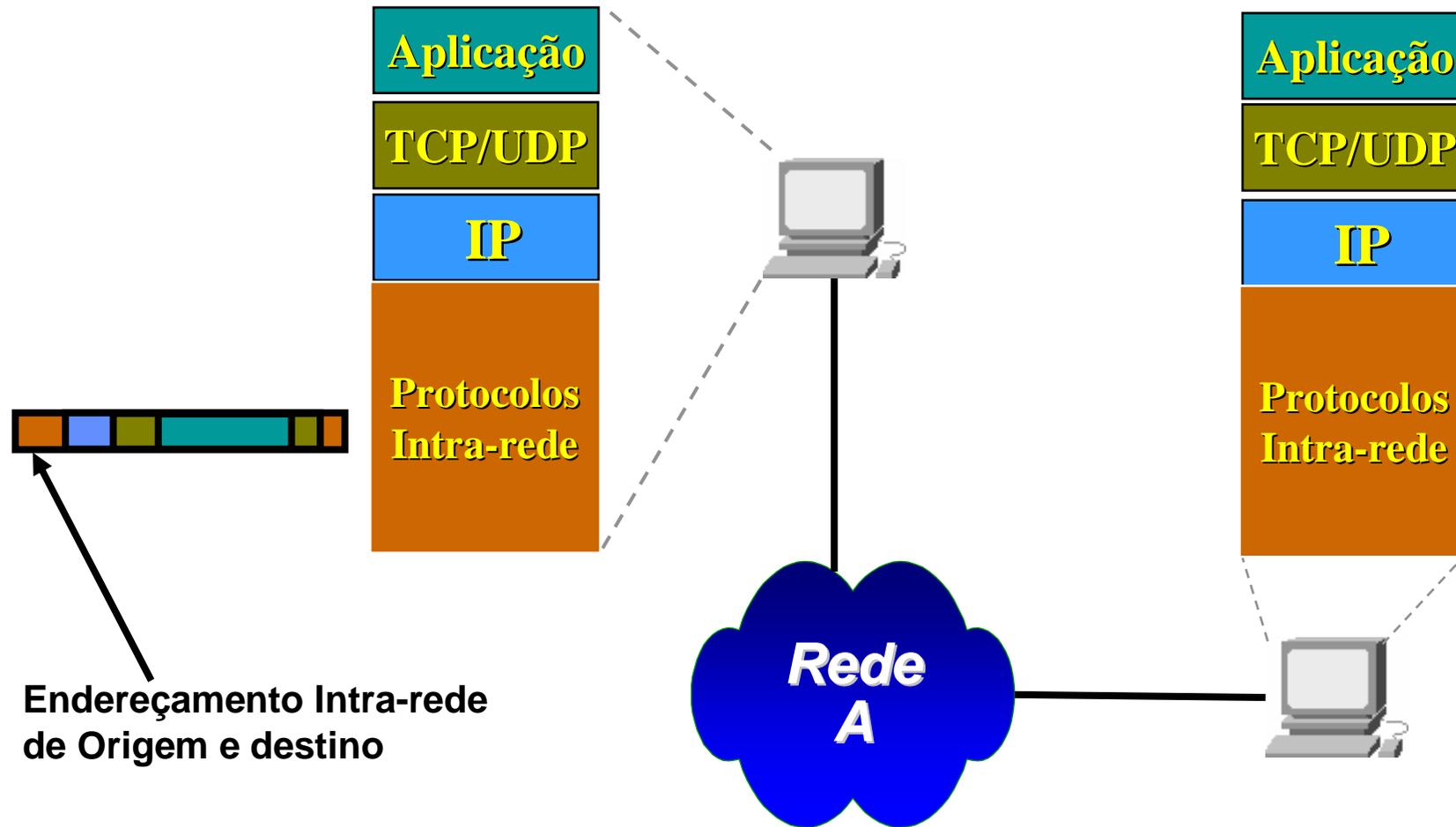
Entrega de Pacotes IP

Redes de Acesso em Banda Larga



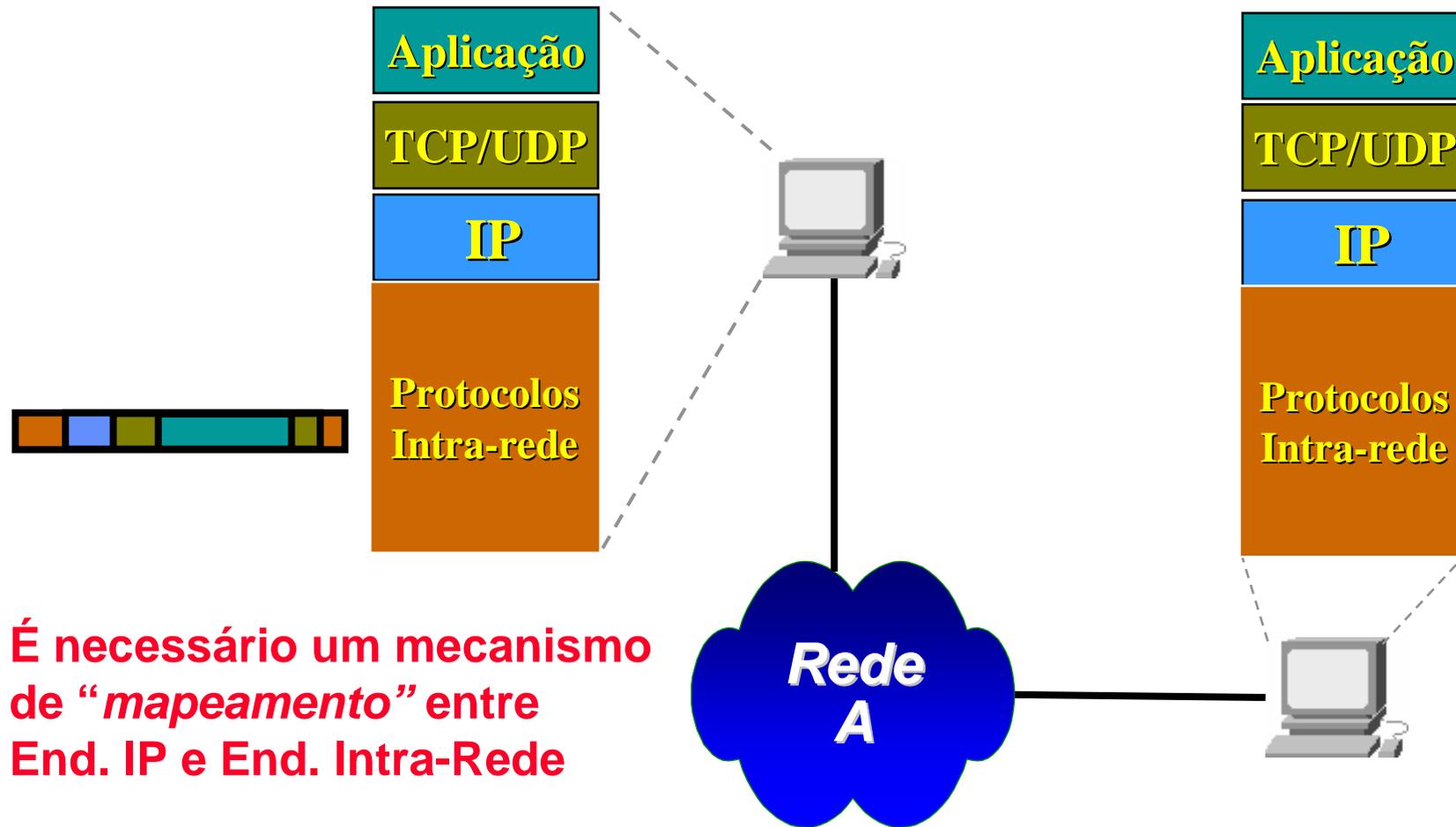
Entrega de Pacotes IP

Redes de Acesso em Banda Larga



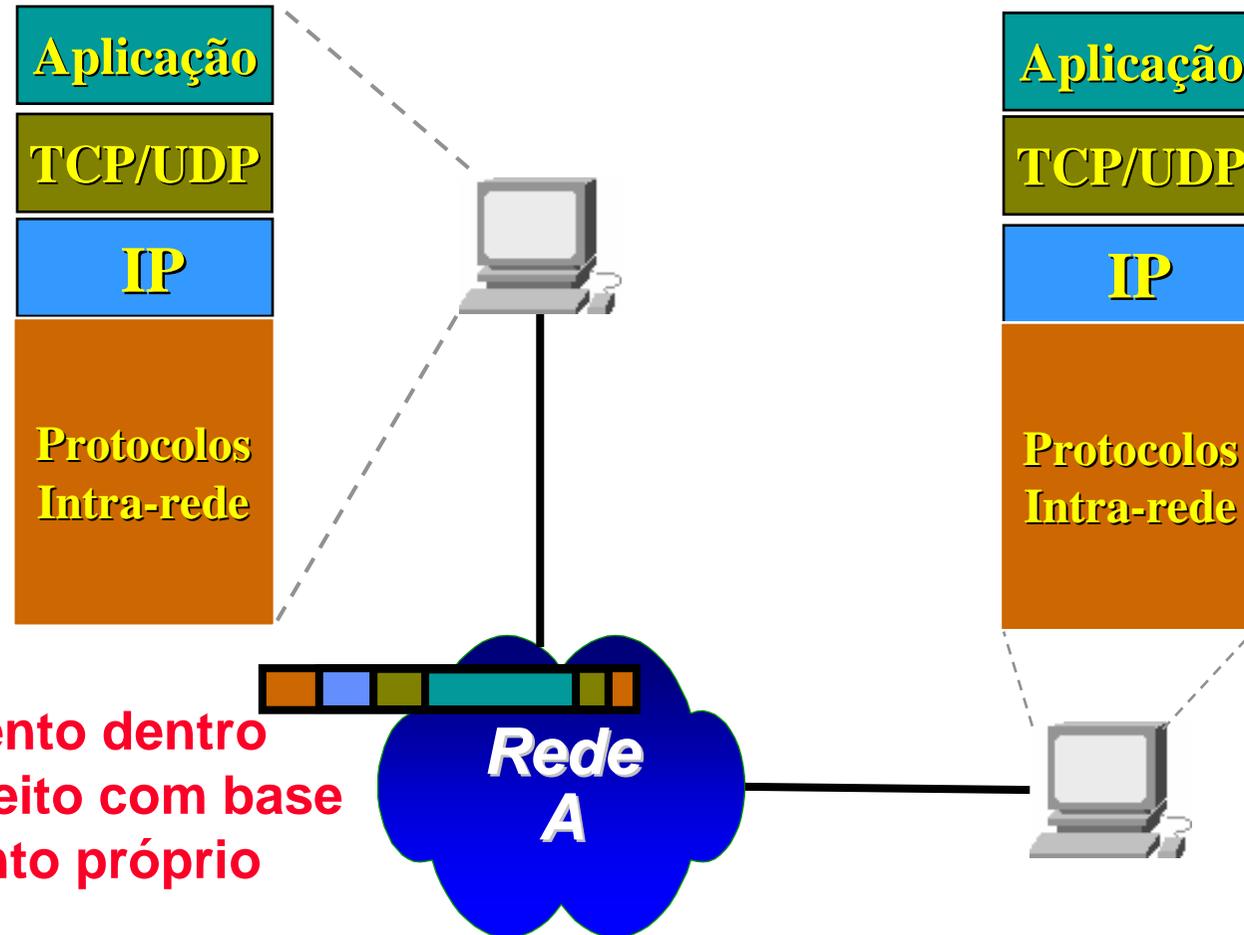
Entrega de Pacotes IP

Redes de Acesso em Banda Larga



Entrega de Pacotes IP

Redes de Acesso em Banda Larga



O Encaminhamento dentro de cada rede é feito com base no endereçamento próprio daquela rede.

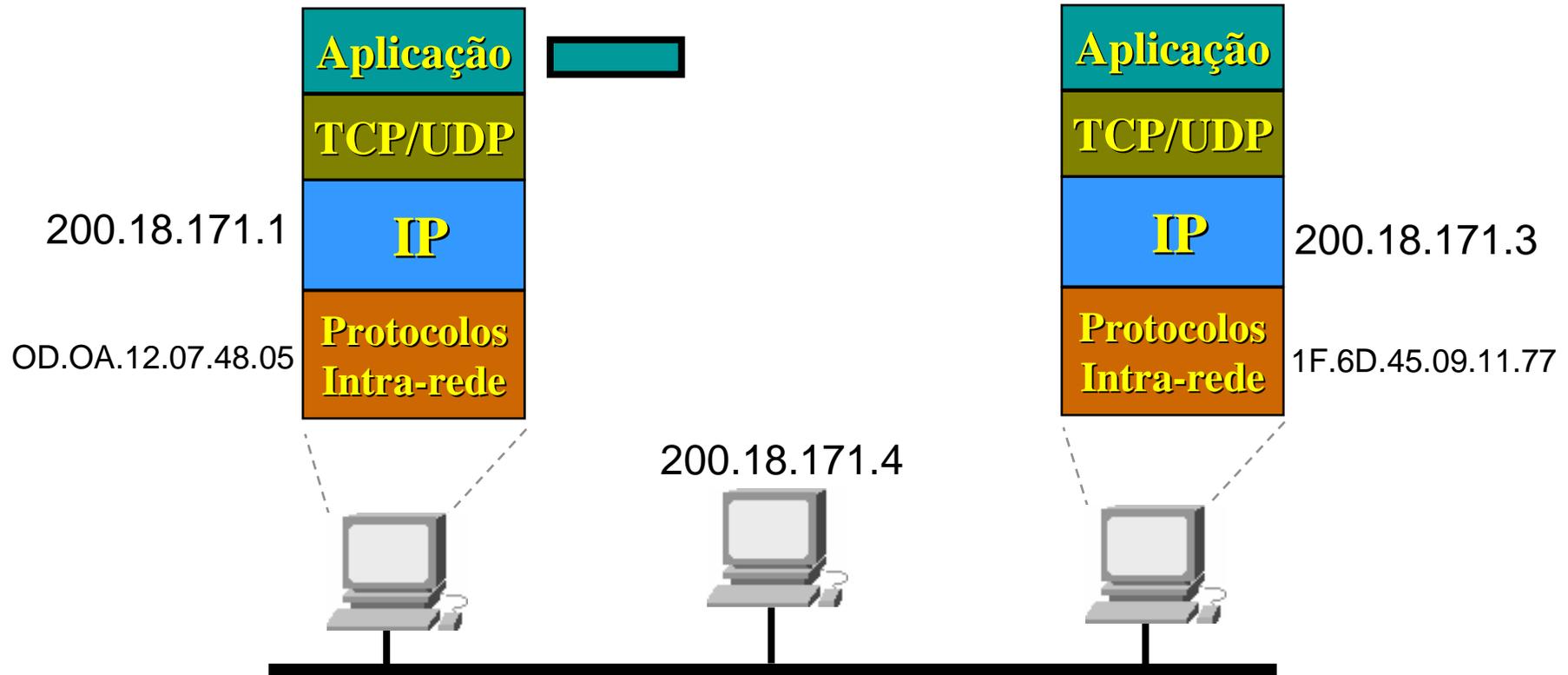
ARP (Address Resolution Protocol)

- **Realiza o mapeamento entre Endereço IP e Endereço Intra-Rede**
 - *Mapeamento de endereços IP em endereços MAC Ethernet, Token-Ring, FDDI, ATM, etc...*
 - *Efetuada por meio de uma tabela ARP em cada máquina que é construída dinamicamente*
- **É um protocolo que faz a interface entre a camada Inter-Rede e a camada Intra-Rede**



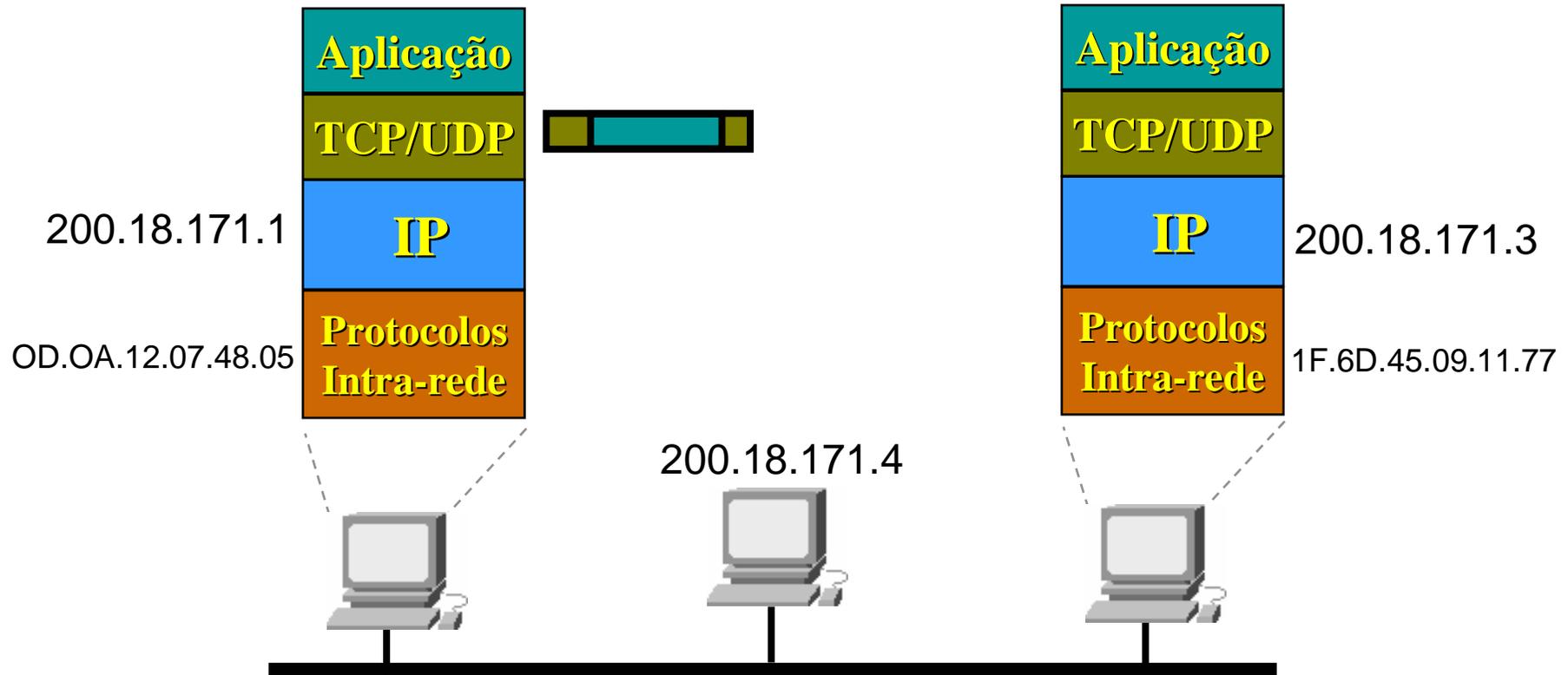
ARP (Address Resolution Protocol)

Redes de Acesso em Banda Larga



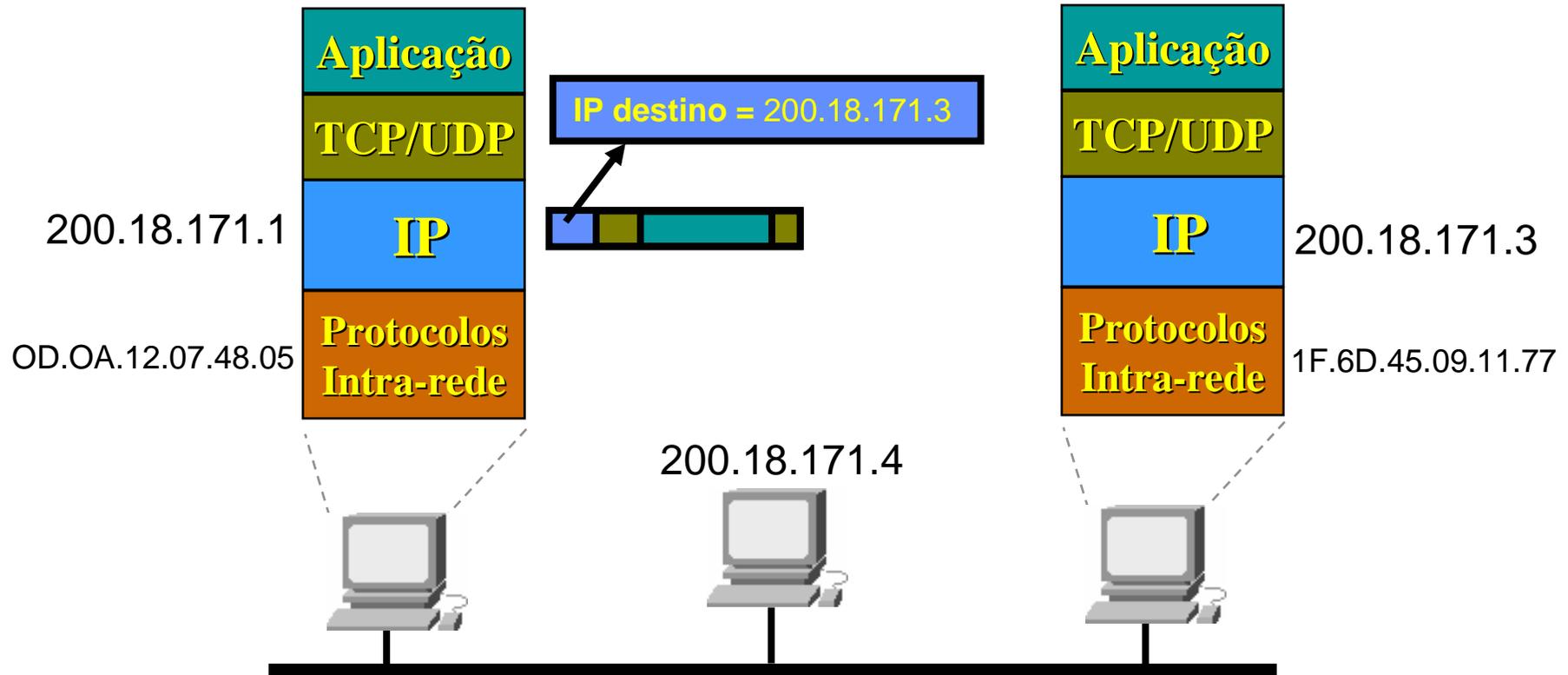
ARP (Address Resolution Protocol)

Redes de Acesso em Banda Larga



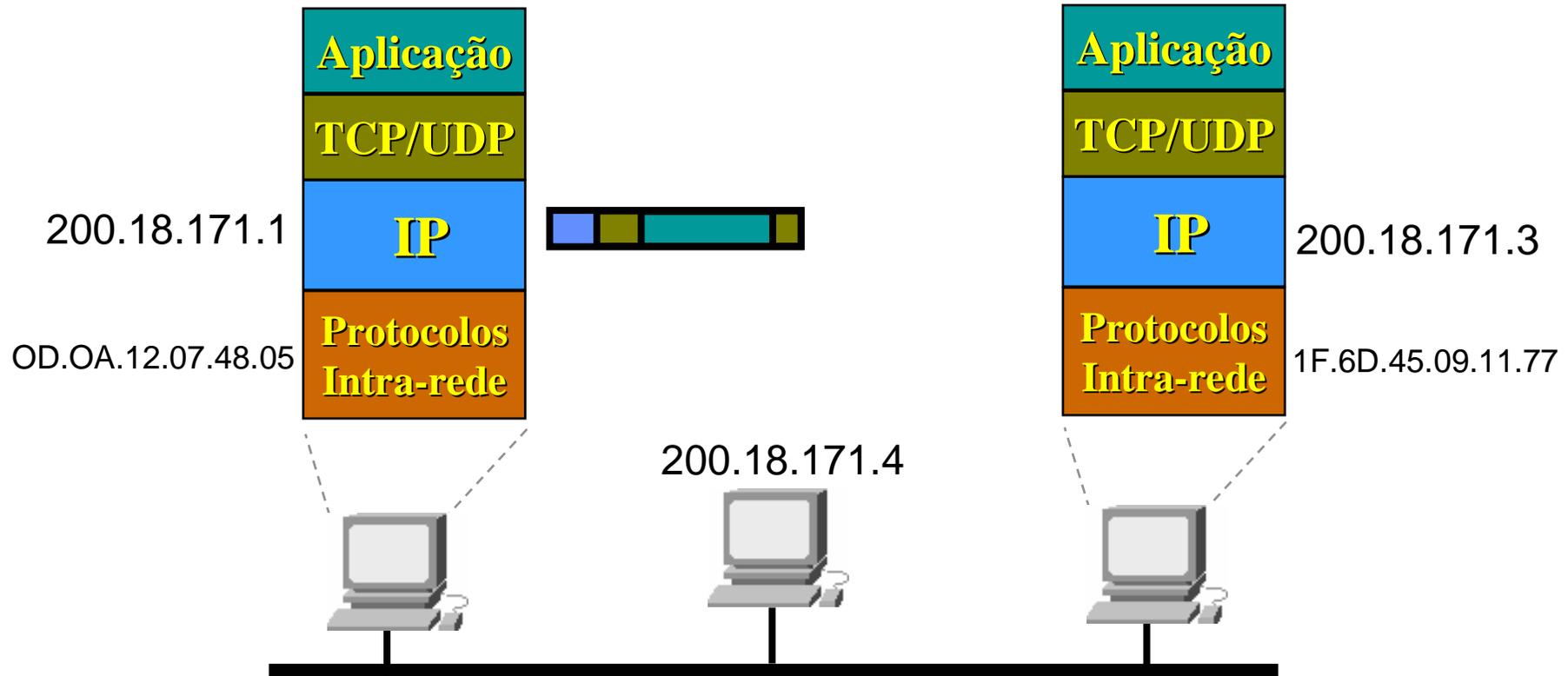
ARP (Address Resolution Protocol)

Redes de Acesso em Banda Larga



ARP (Address Resolution Protocol)

Redes de Acesso em Banda Larga



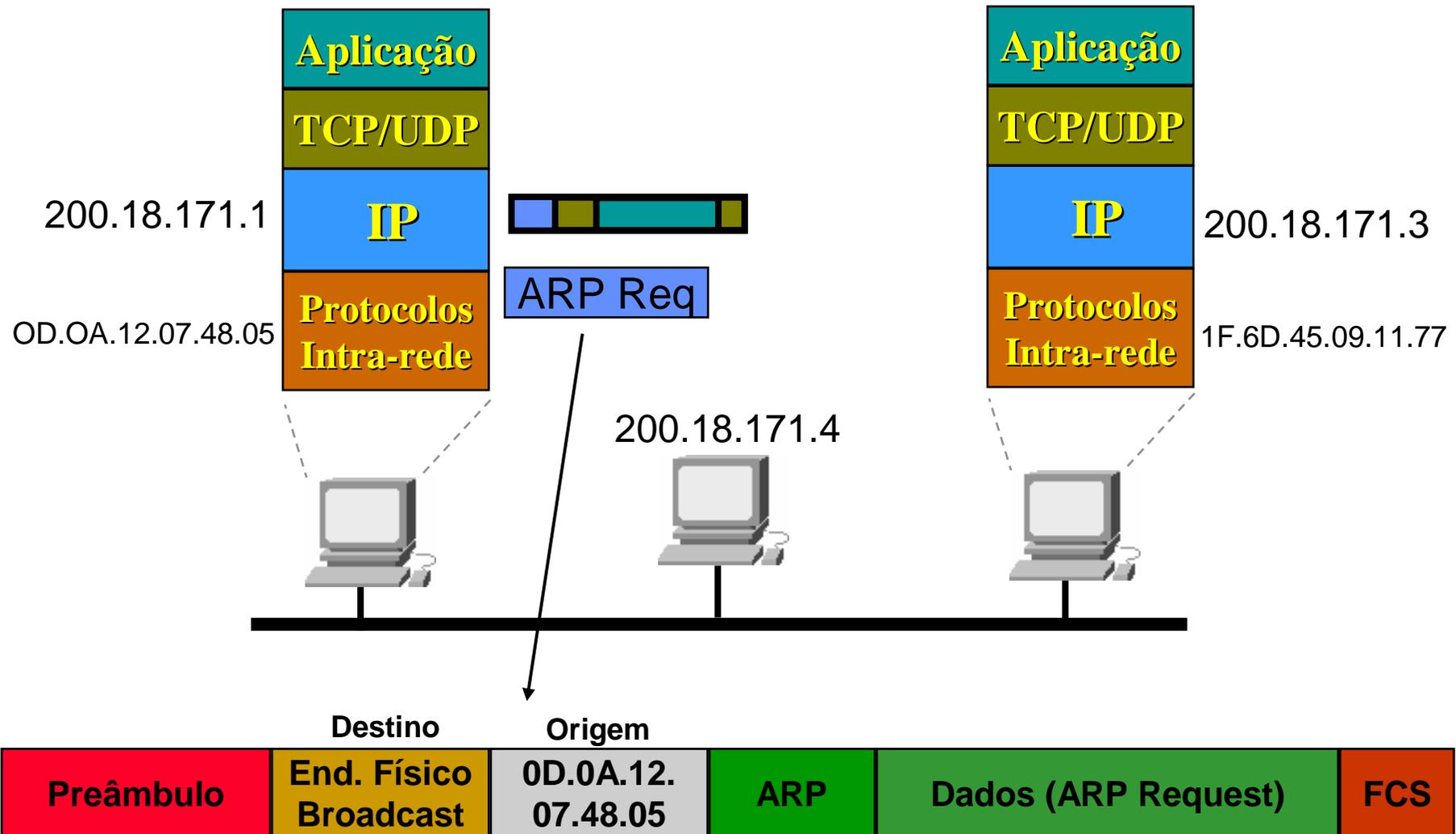
Destino está na mesma rede IP (200.18.171.0)

Como enviar para esta máquina ? Qual o MAC Destino ?

A mensagem fica esperando e o protocolo ARP é acionado.

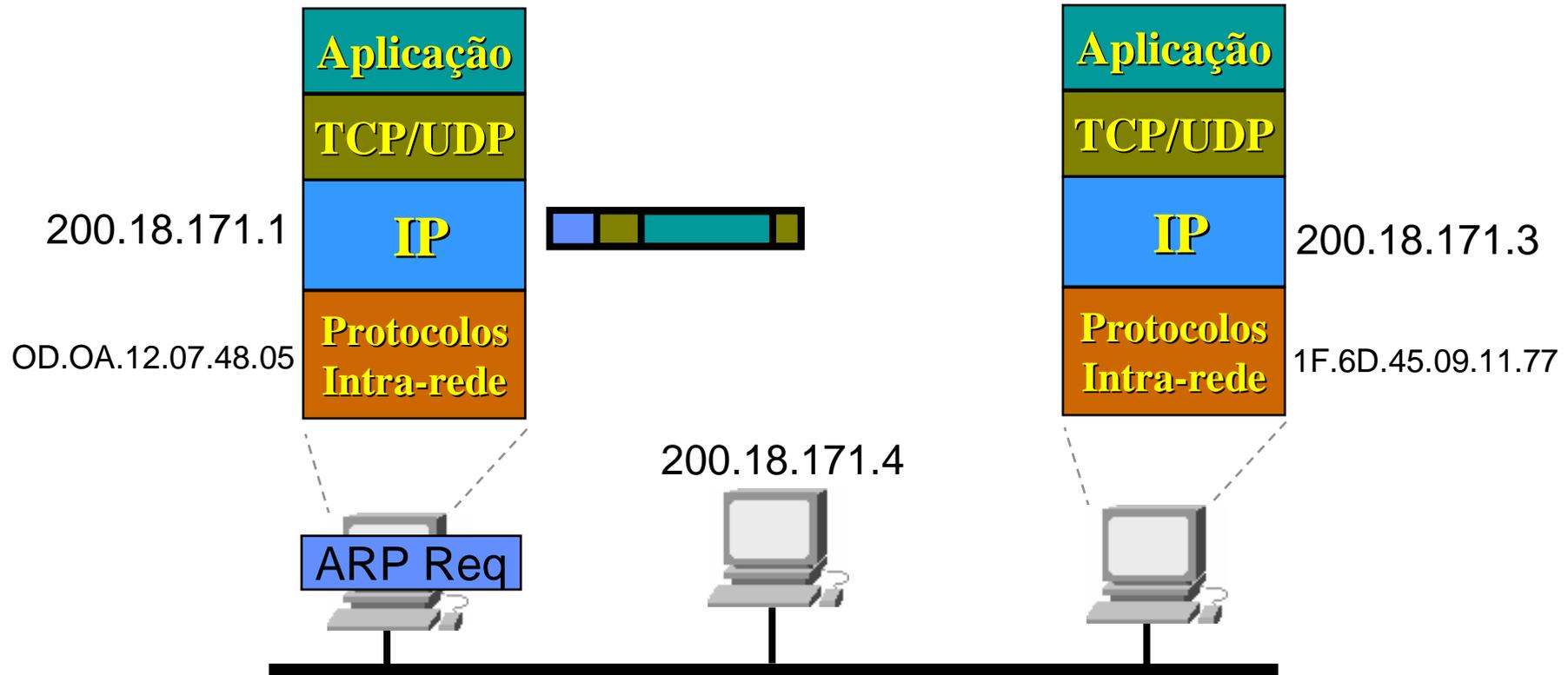
ARP (Address Resolution Protocol)

Redes de Acesso em Banda Larga



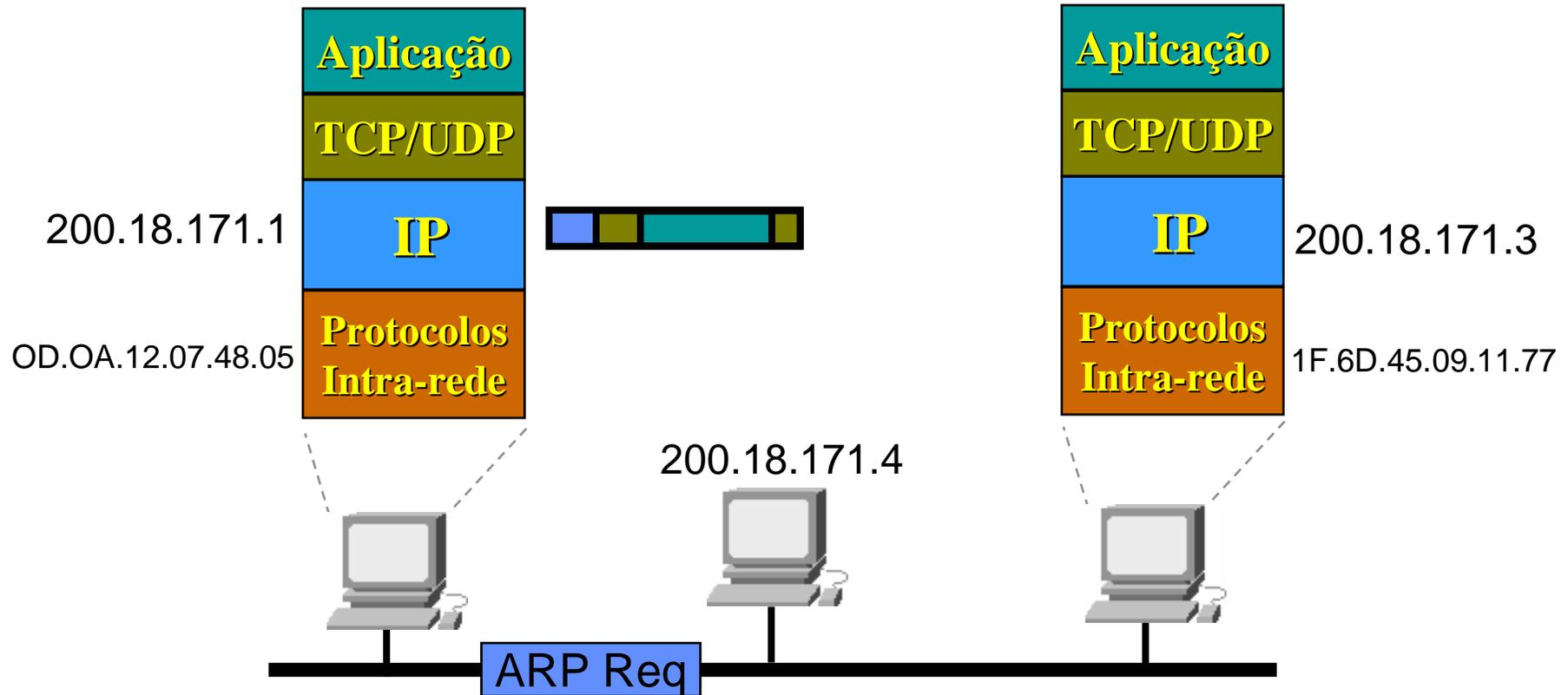
ARP (Address Resolution Protocol)

Redes de Acesso em Banda Larga



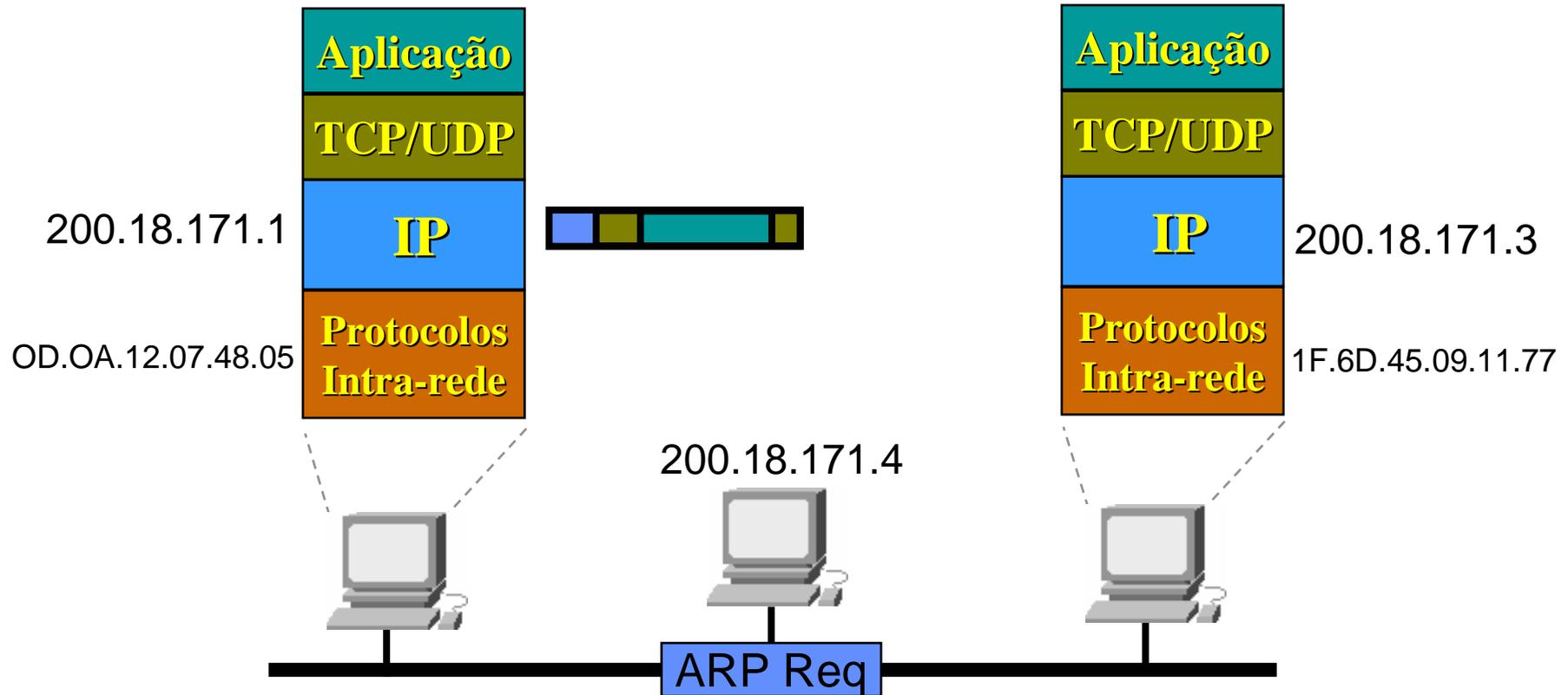
ARP (Address Resolution Protocol)

Redes de Acesso em Banda Larga



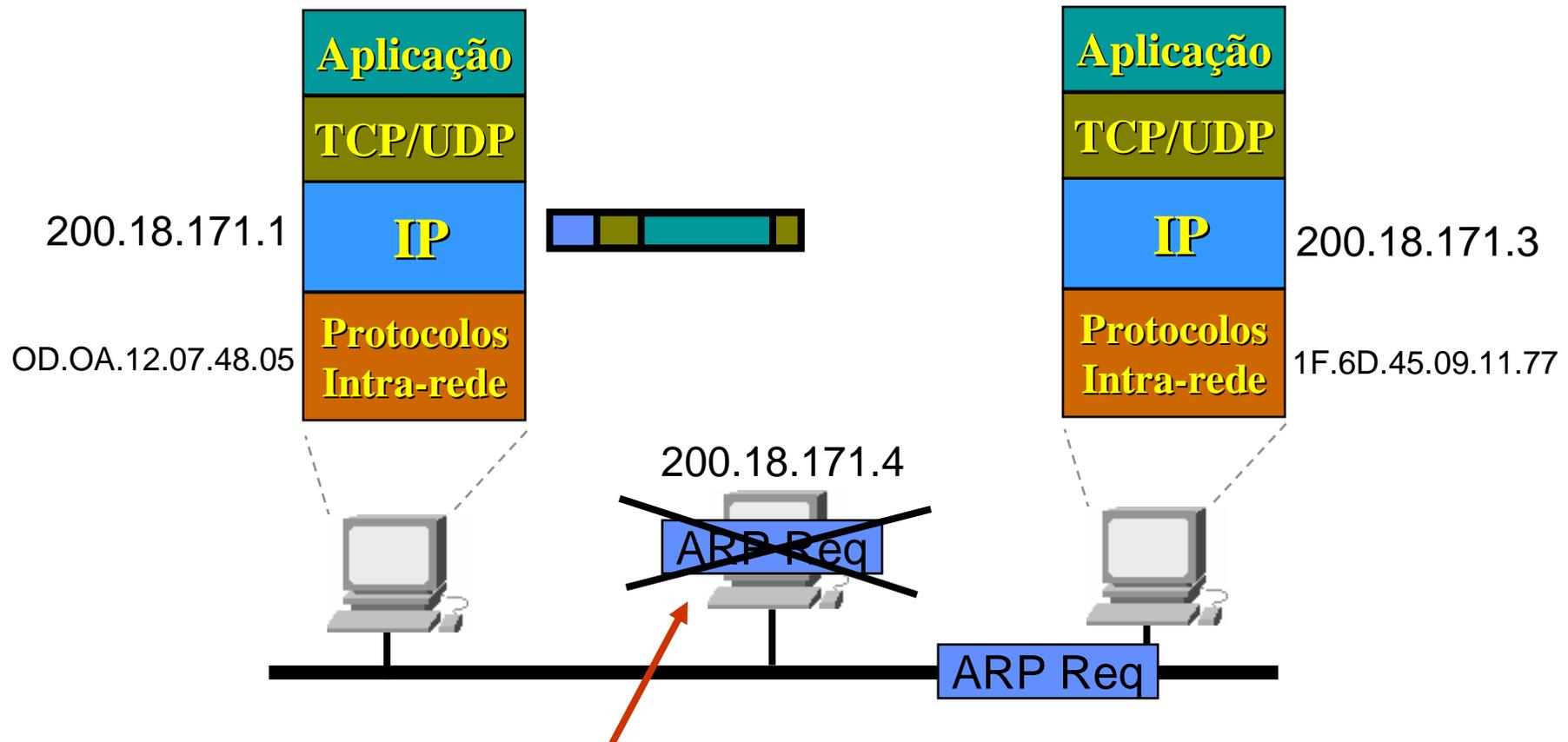
ARP (Address Resolution Protocol)

Redes de Acesso em Banda Larga



ARP (Address Resolution Protocol)

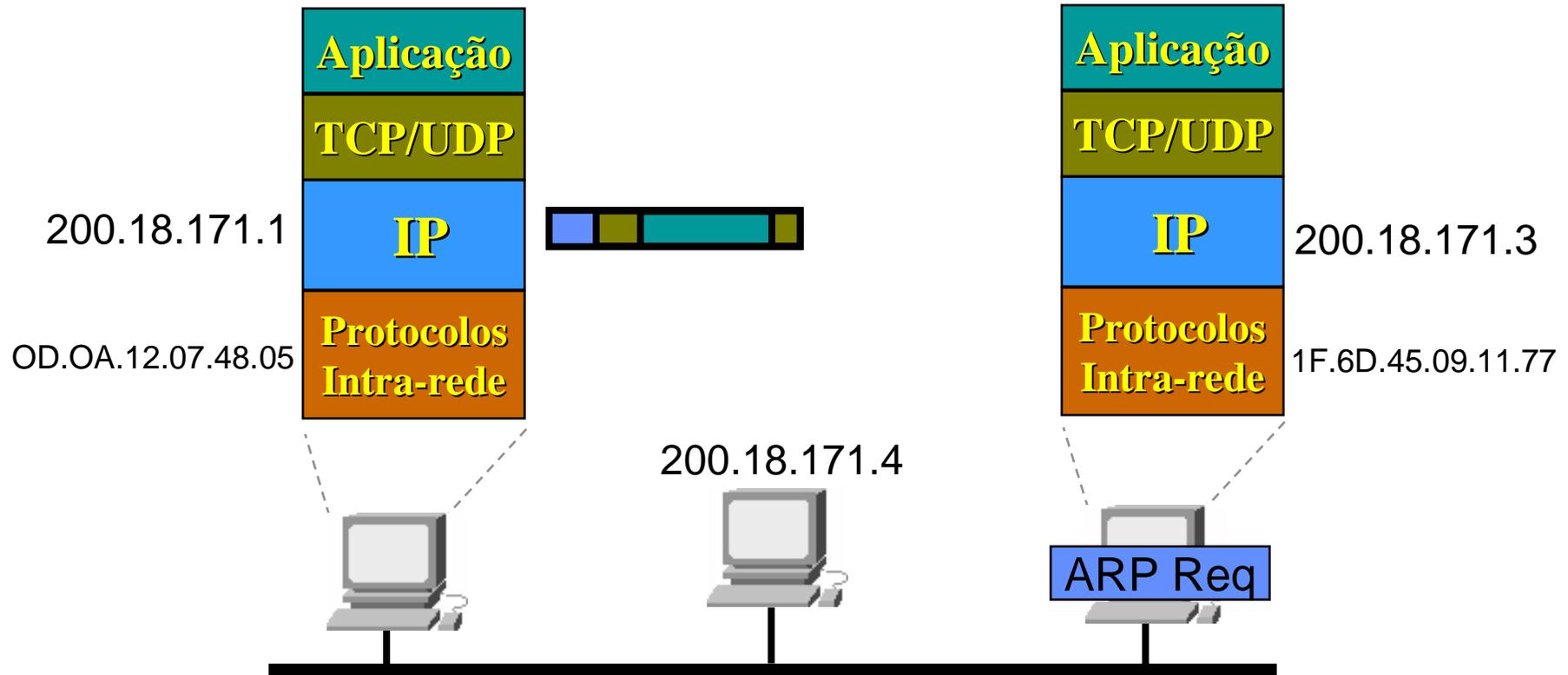
Redes de Acesso em Banda Larga



A camada de Enlace passa para O ARP, que descarta o pacote pois não sabe responder à pergunta

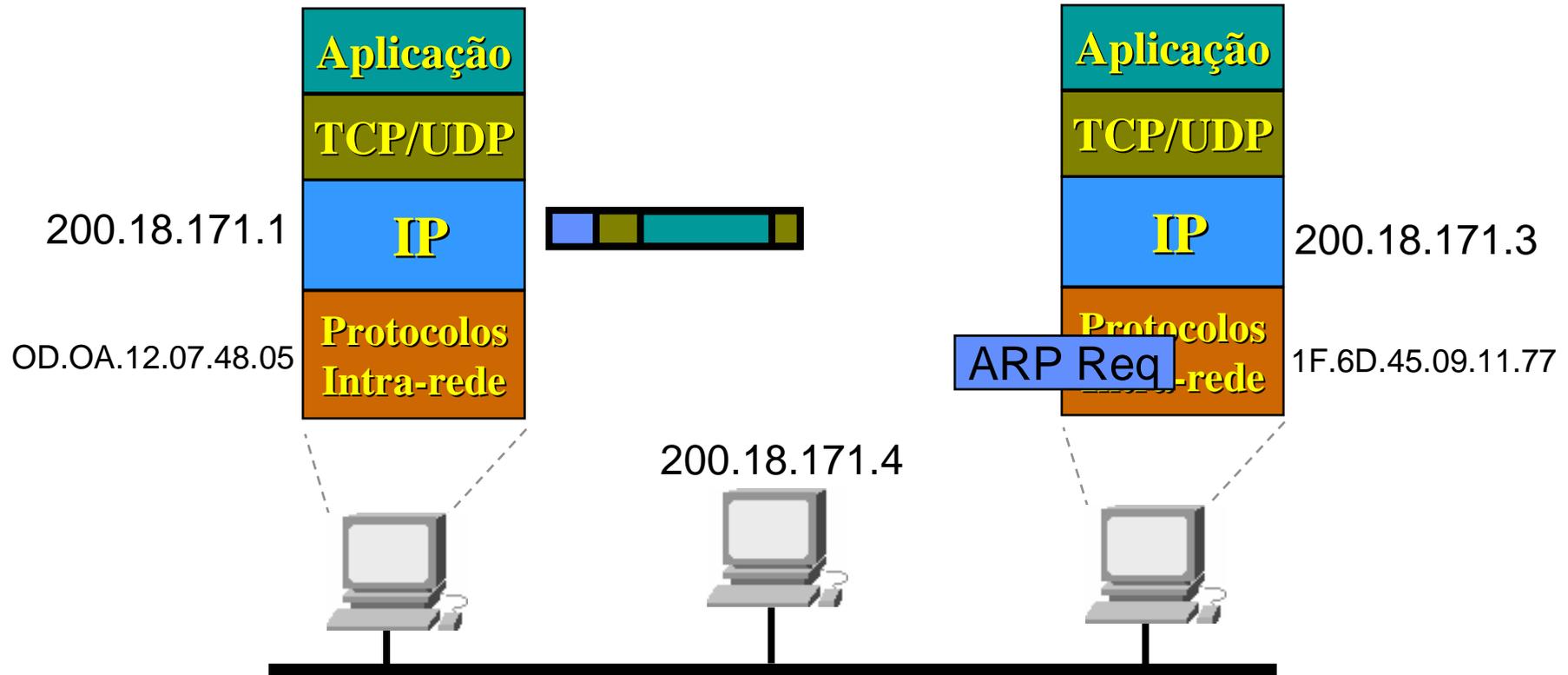
ARP (Address Resolution Protocol)

Redes de Acesso em Banda Larga



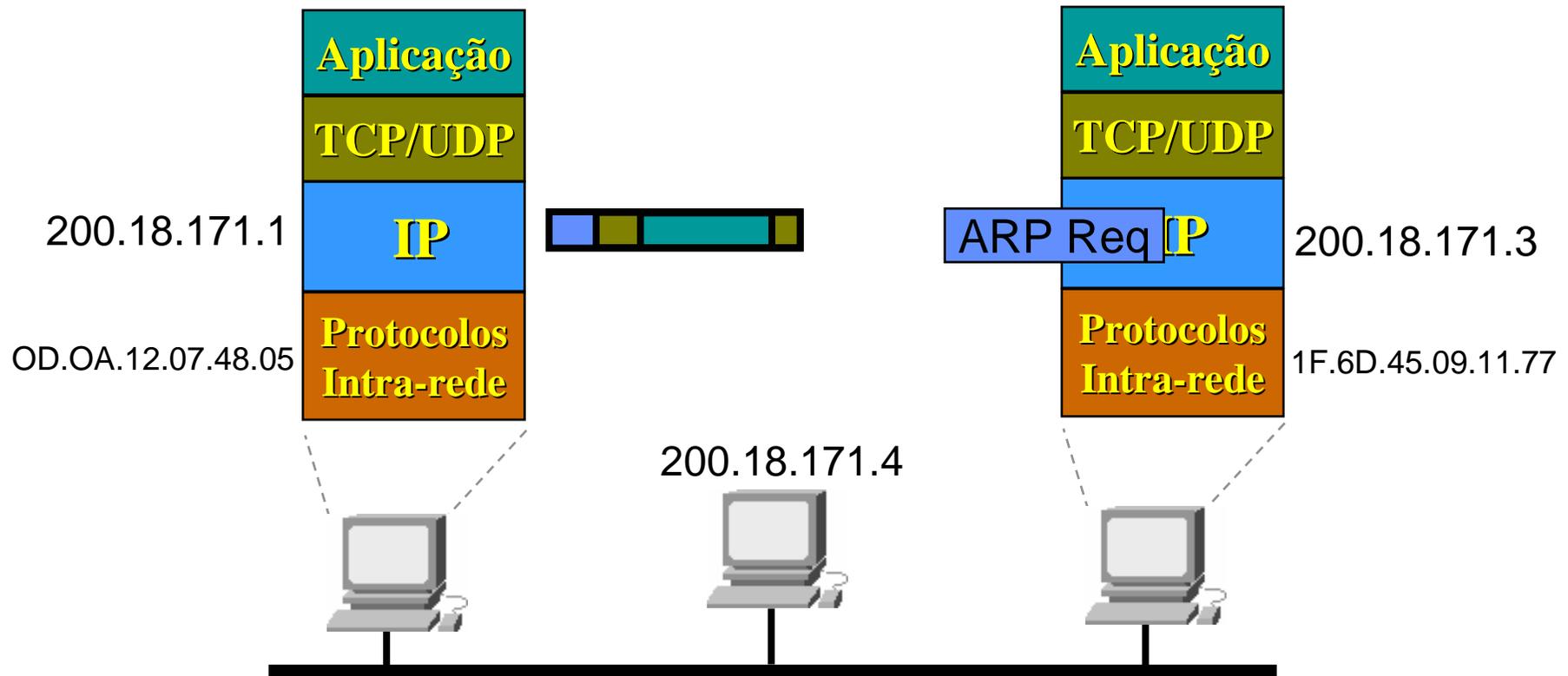
ARP (Address Resolution Protocol)

Redes de Acesso em Banda Larga



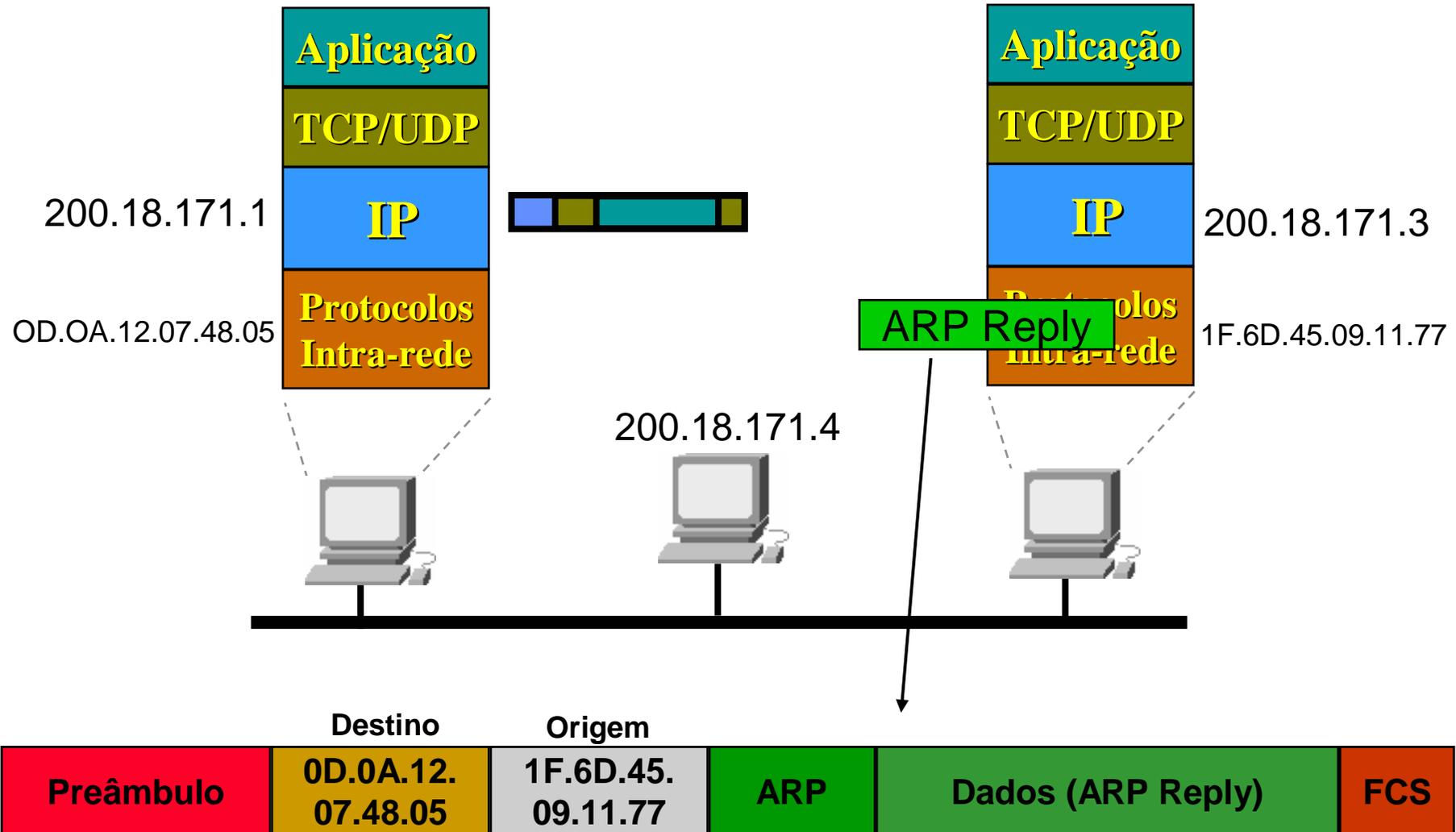
ARP (Address Resolution Protocol)

Redes de Acesso em Banda Larga



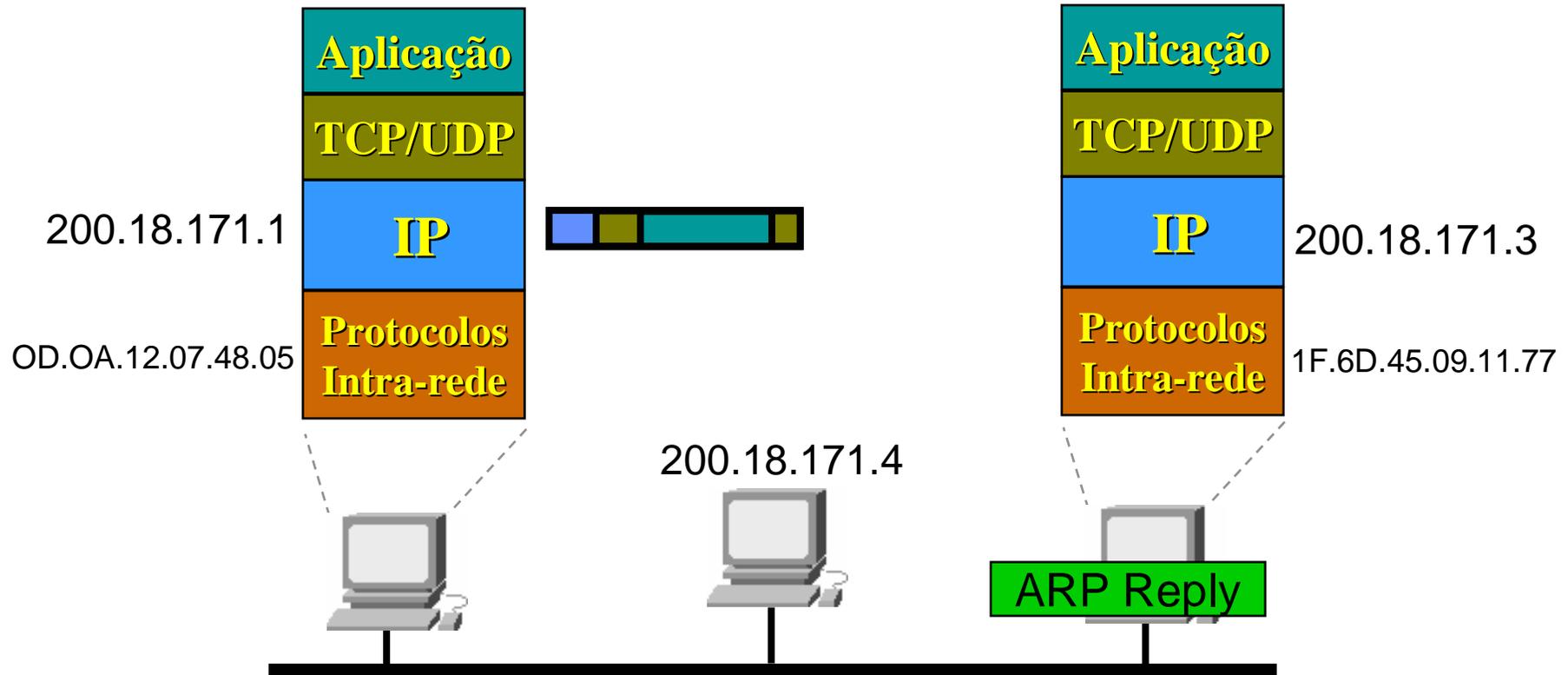
ARP (Address Resolution Protocol)

Redes de Acesso em Banda Larga



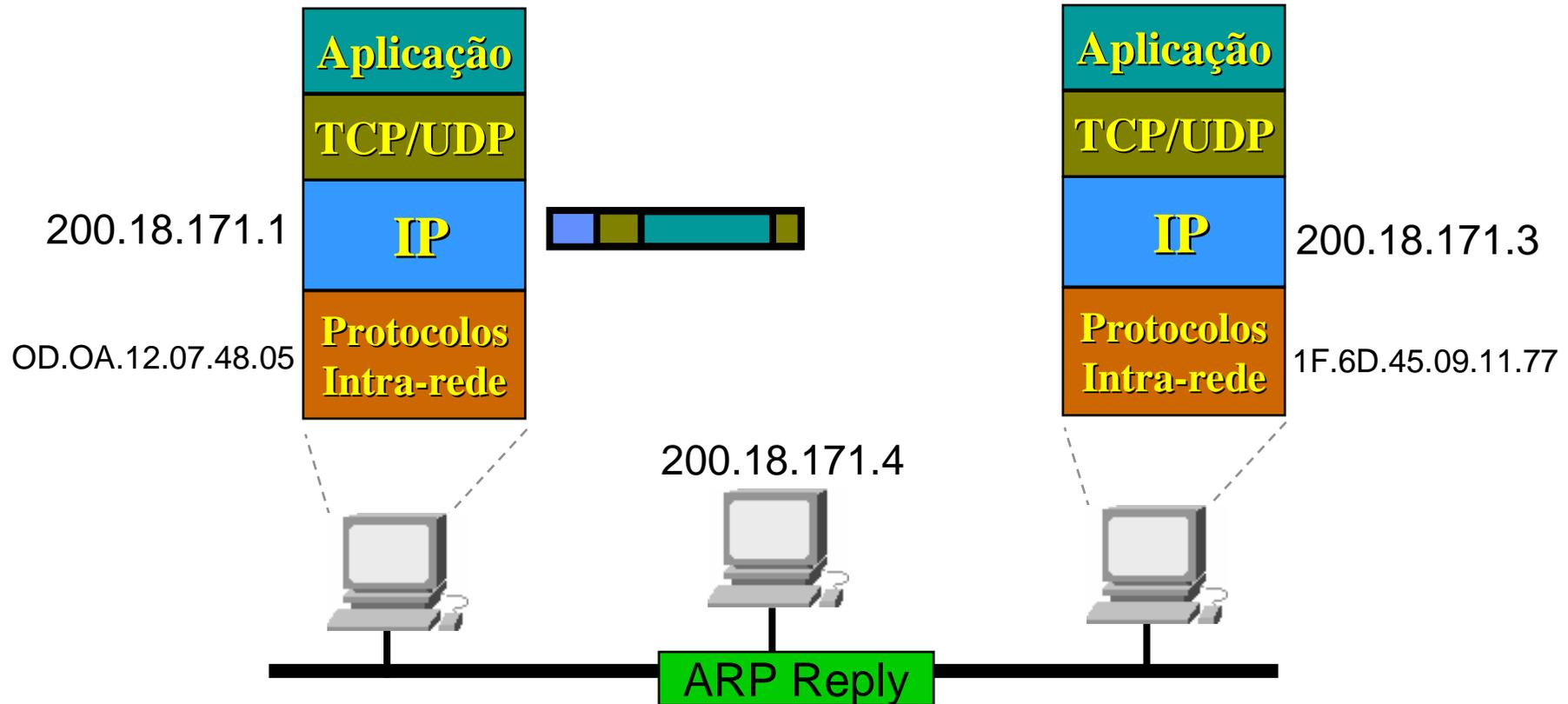
ARP (Address Resolution Protocol)

Redes de Acesso em Banda Larga



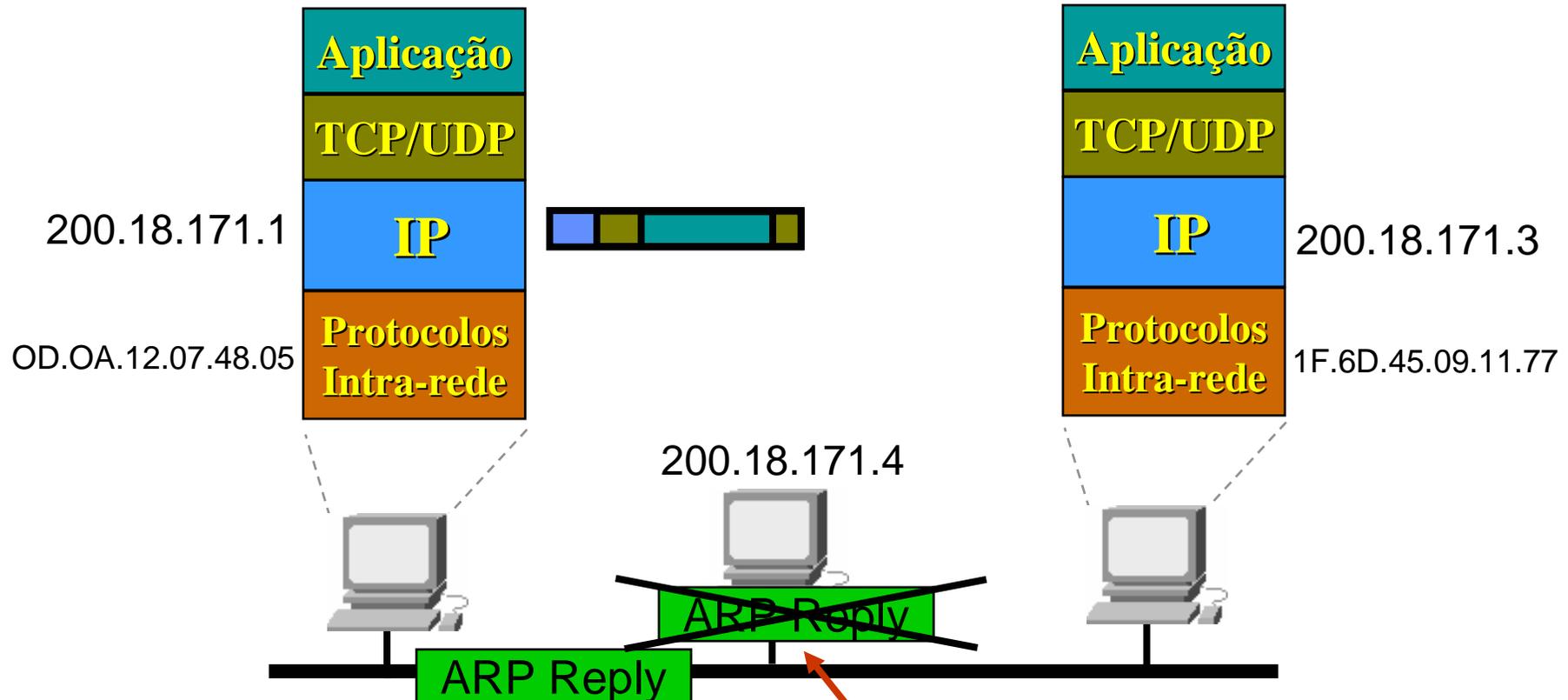
ARP (Address Resolution Protocol)

Redes de Acesso em Banda Larga



ARP (Address Resolution Protocol)

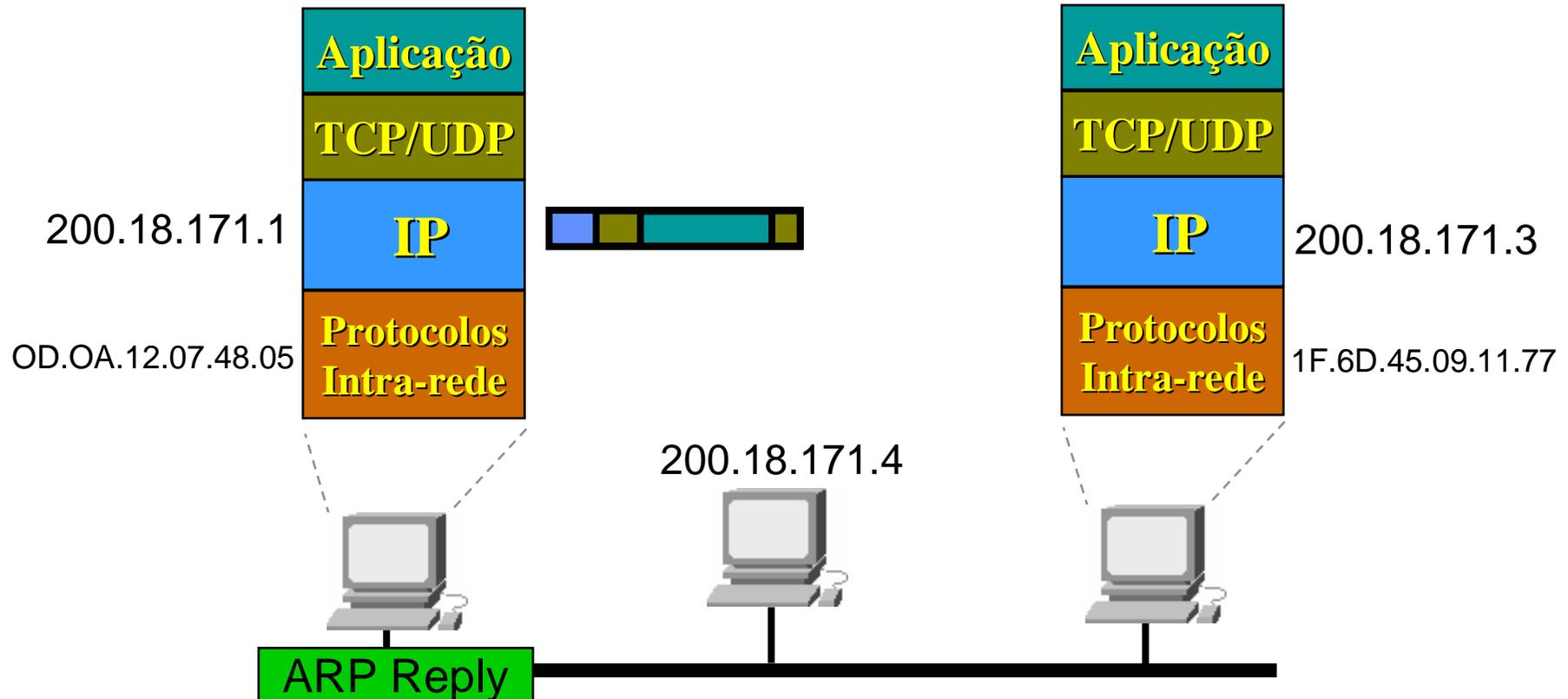
Redes de Acesso em Banda Larga



Esse quadro não chega a ser processado pelo ARP pois a camada MAC rejeita o quadro

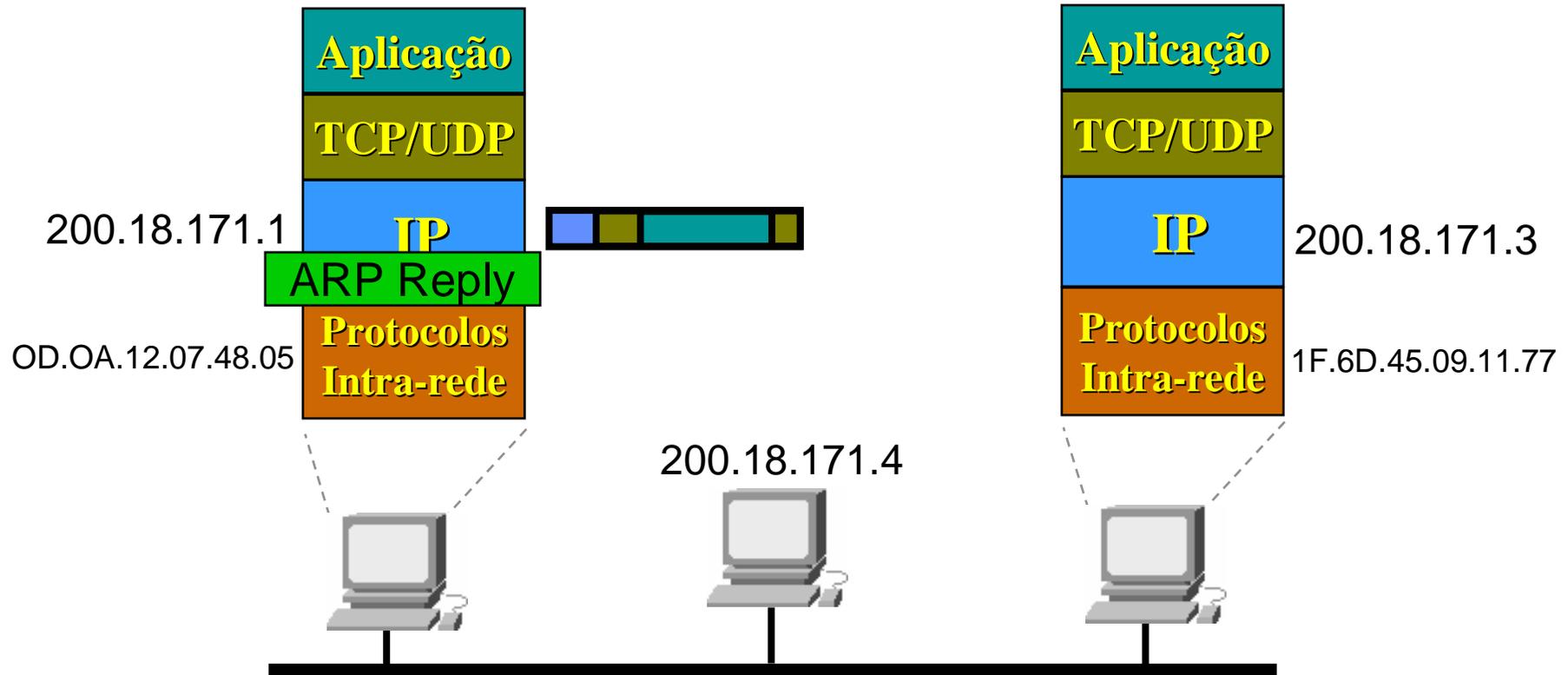
ARP (Address Resolution Protocol)

Redes de Acesso em Banda Larga



ARP (Address Resolution Protocol)

Redes de Acesso em Banda Larga



ARP (Address Resolution Protocol)

Redes de Acesso em Banda Larga

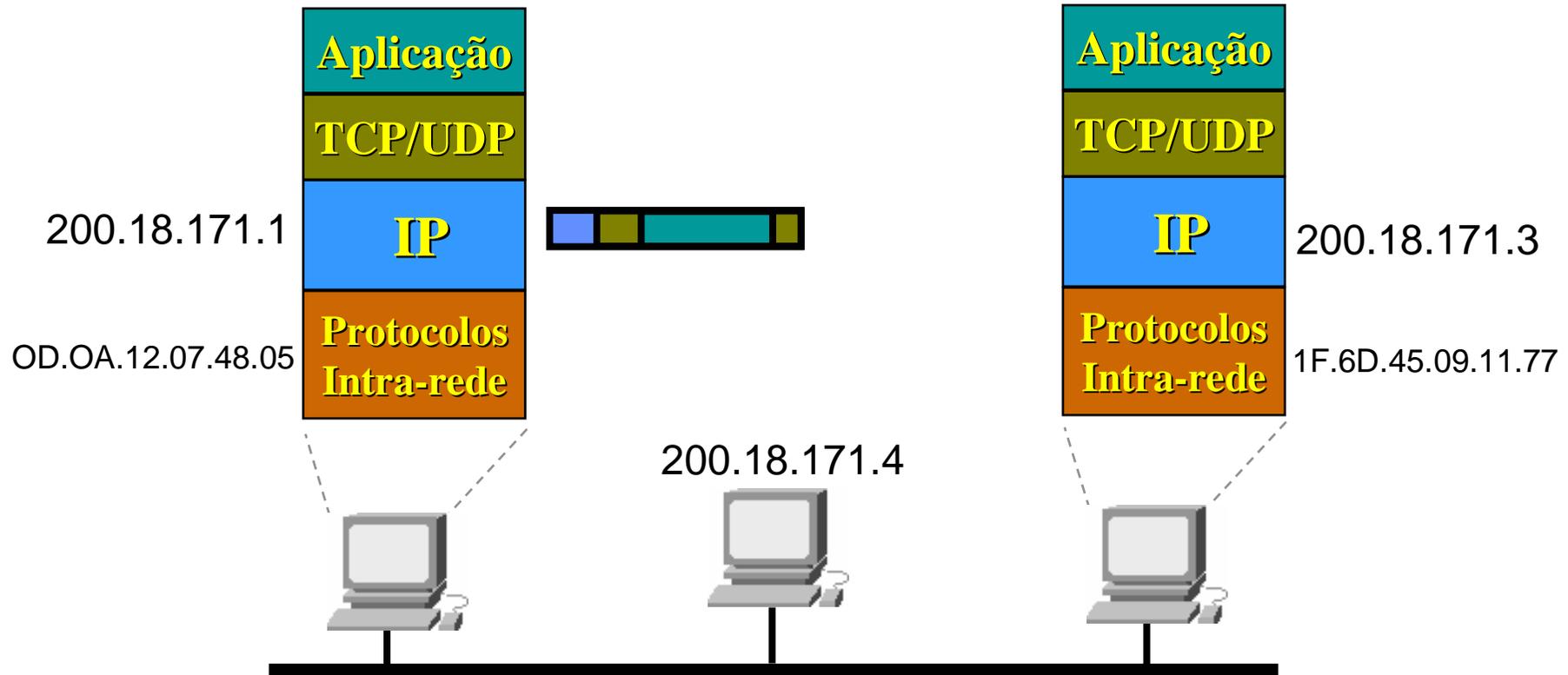
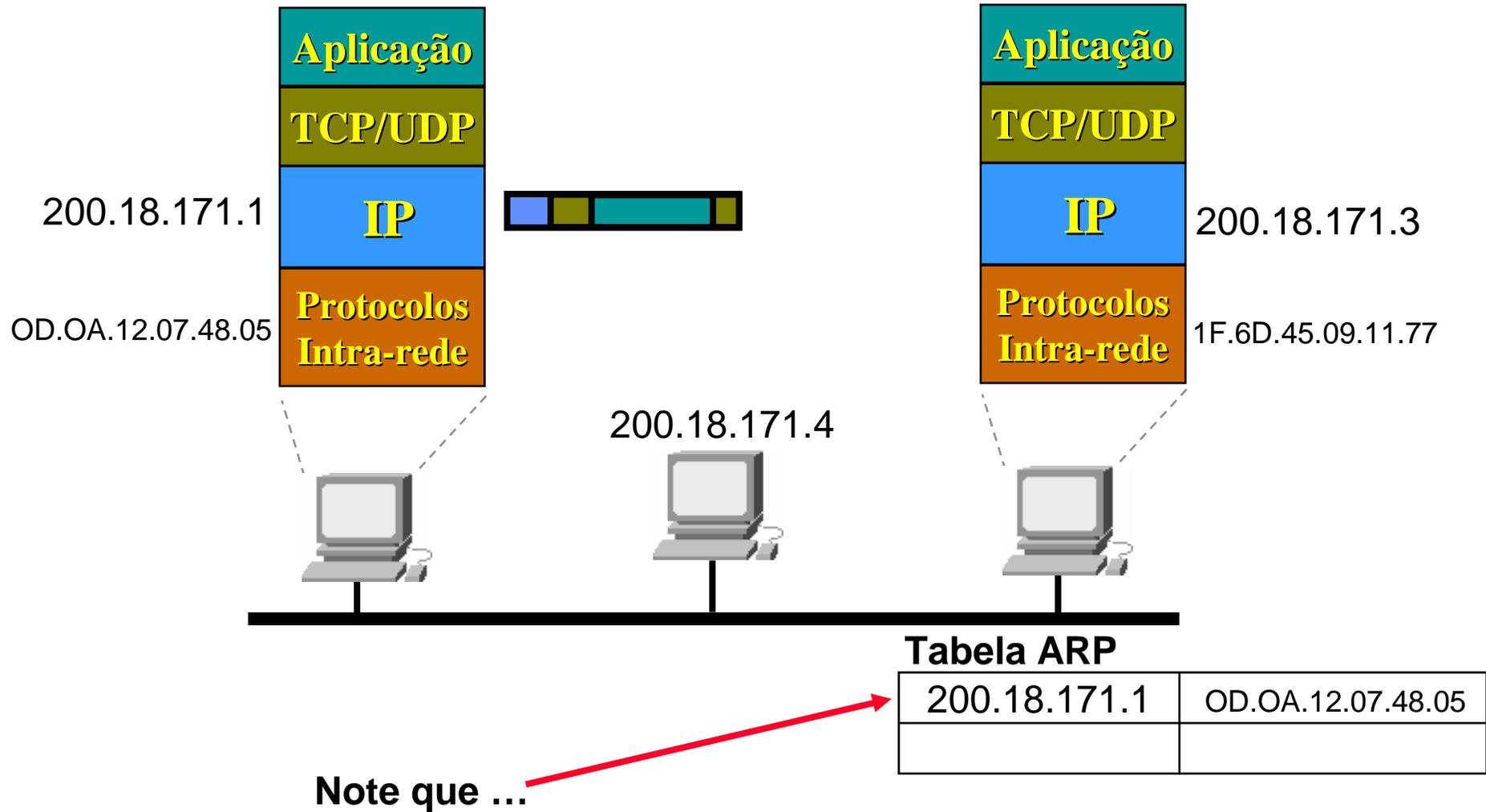


Tabela ARP

200.18.171.3	1F.6D. 45.09.11.77

ARP (Address Resolution Protocol)

Redes de Acesso em Banda Larga



ARP (Address Resolution Protocol)

Redes de Acesso em Banda Larga

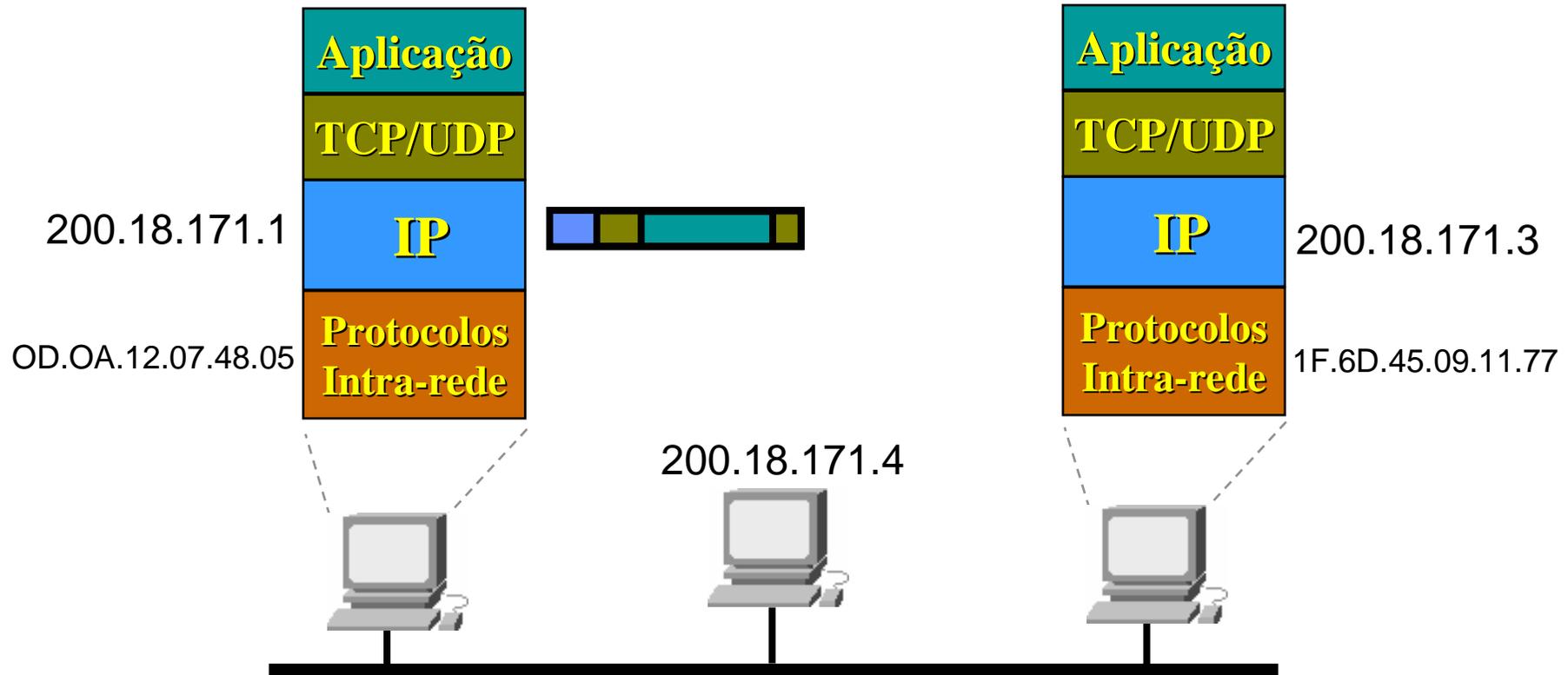


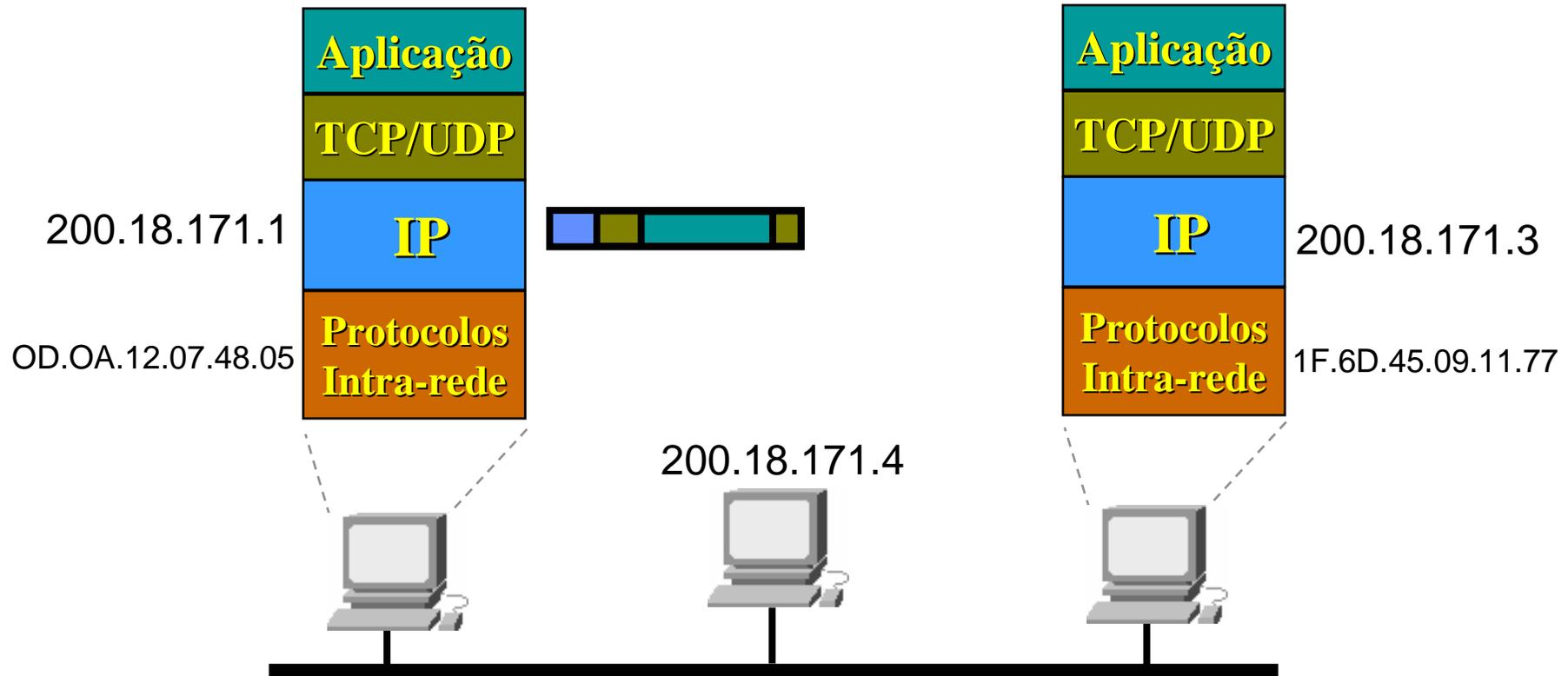
Tabela ARP

200.18.171.1	OD.OA.12.07.48.05

Note que ...

ARP (Address Resolution Protocol)

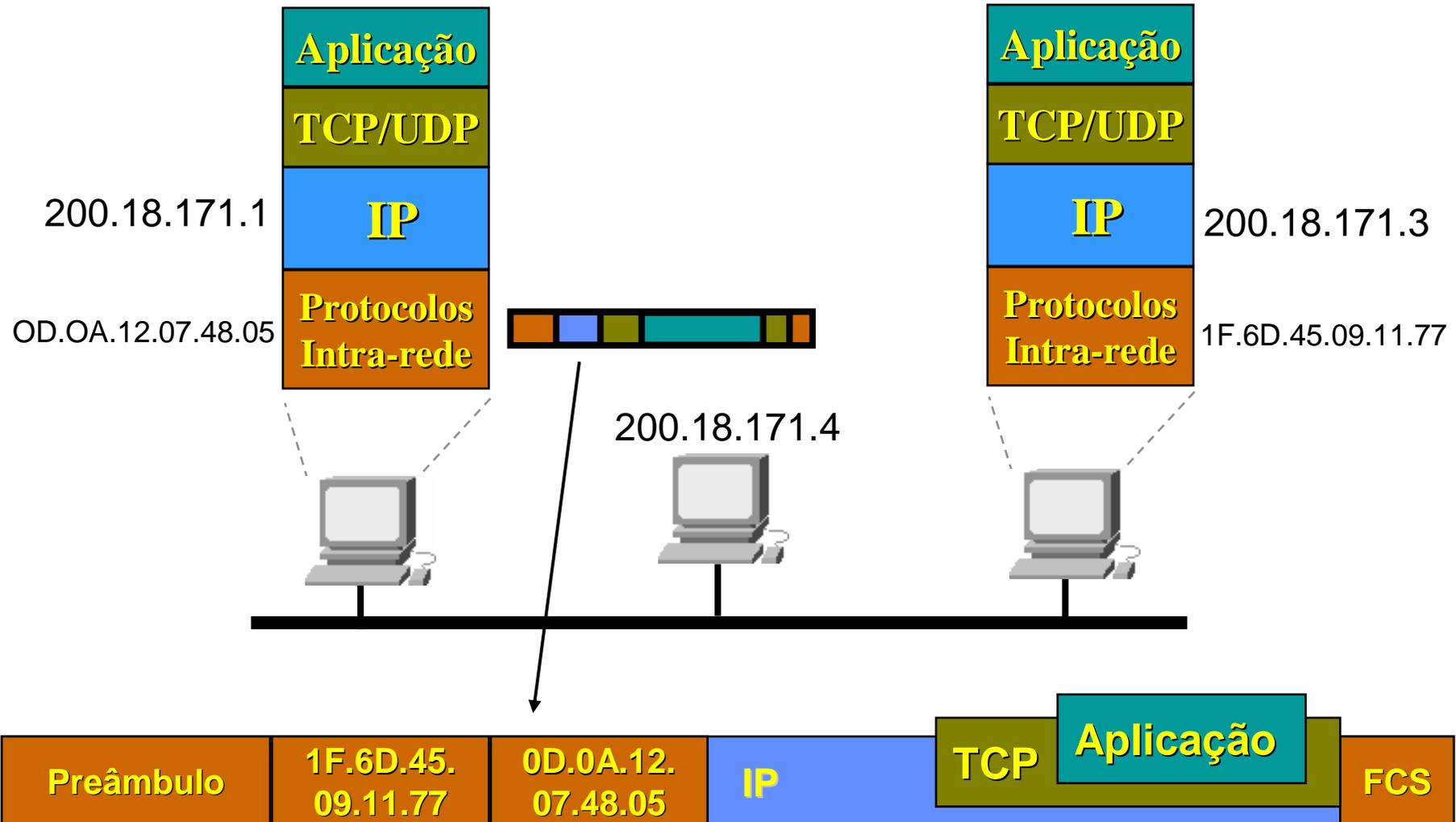
Redes de Acesso em Banda Larga



Finalmente aquele pacote IP pode ser transmitido carregando uma mensagem TCP que, por sua vez, carrega um comando da Aplicação

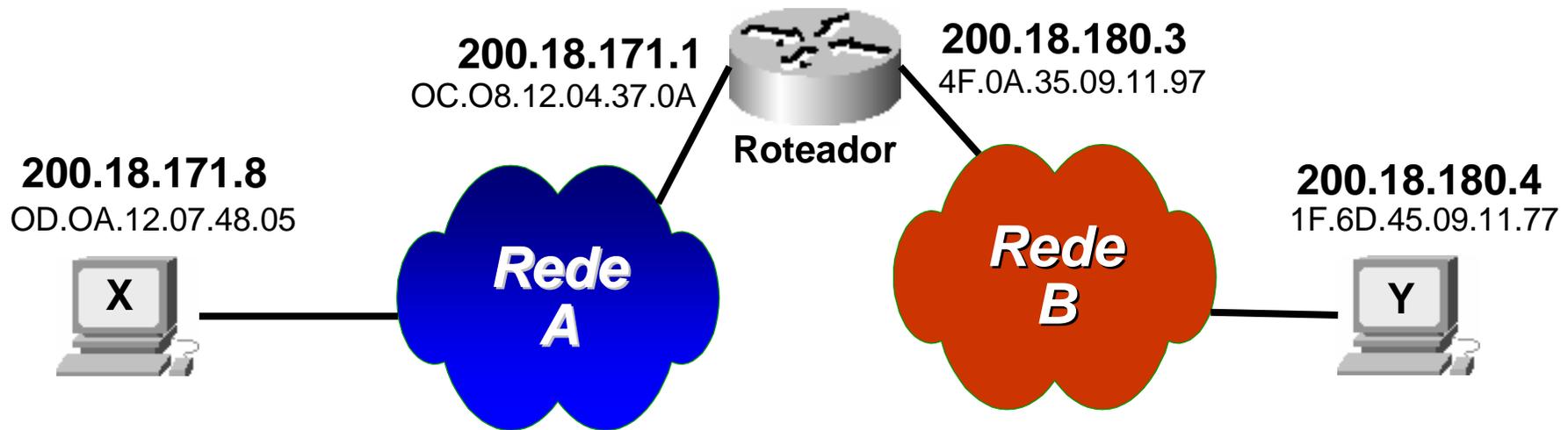
ARP (Address Resolution Protocol)

Redes de Acesso em Banda Larga



Roteamento

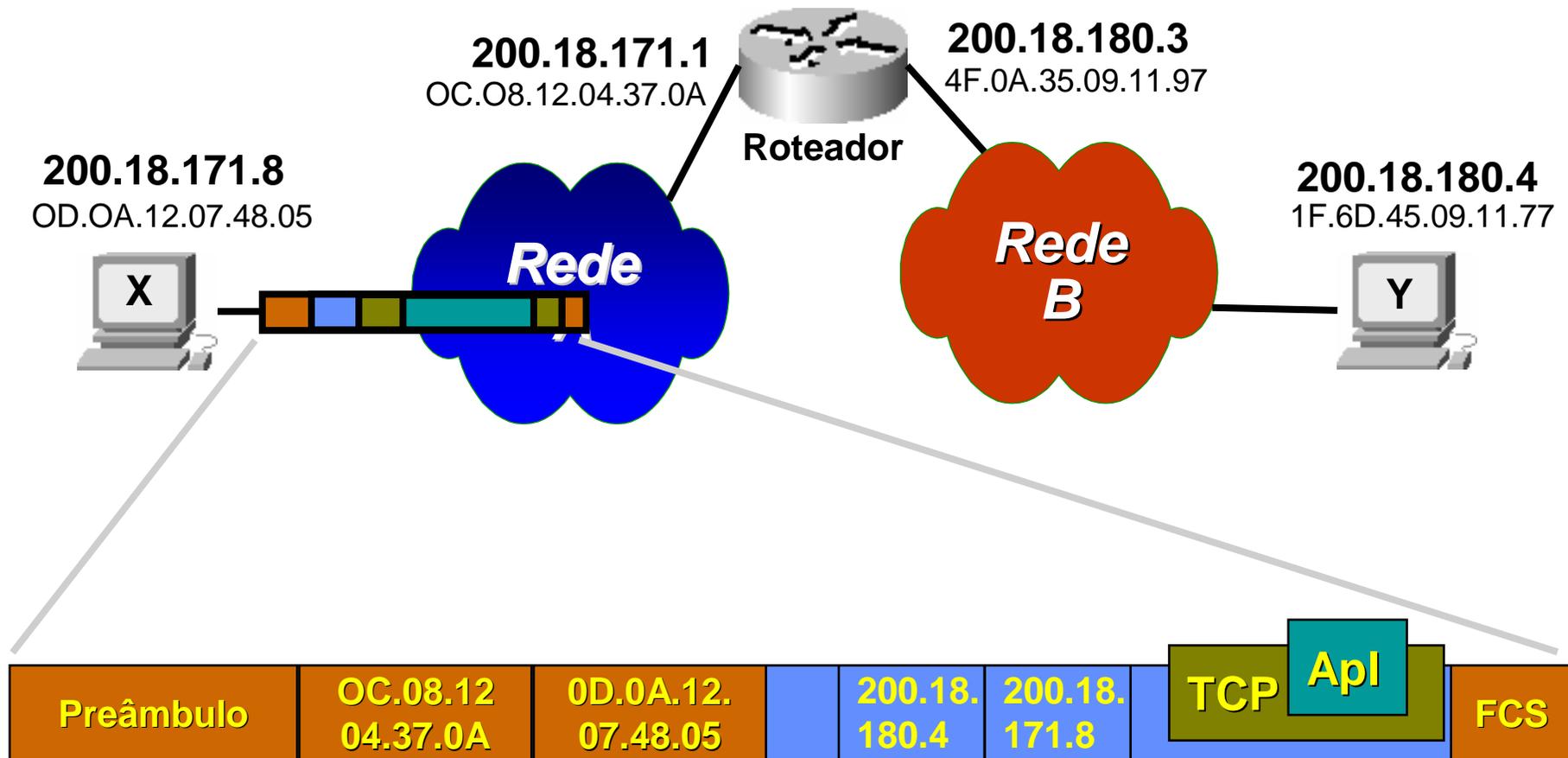
Redes de Acesso em Banda Larga



- **X** deseja enviar pacotes para **Y**
- O protocolo IP percebe que **Y** não pertence à mesma rede
- O host **X** consulta tabela de rotas
 - *Descobre rota: roteador 200.18.171.1*
- O IP do host **X** aciona ARP para resolver endereço do roteador
 - *Resultado:* OC.O8.12.04.37.0A

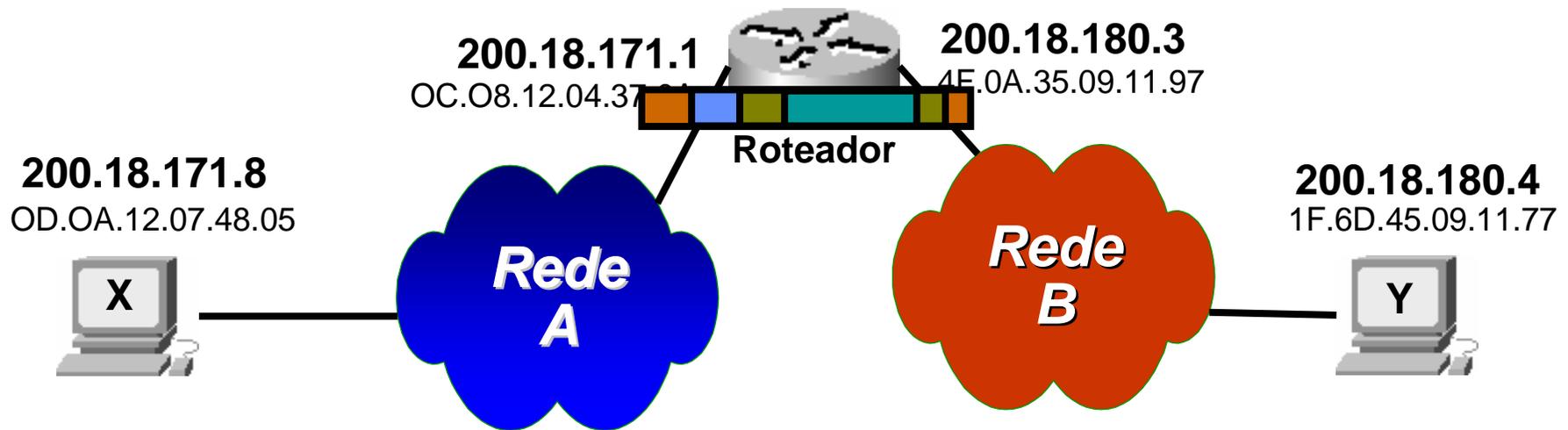
Roteamento

Redes de Acesso em Banda Larga



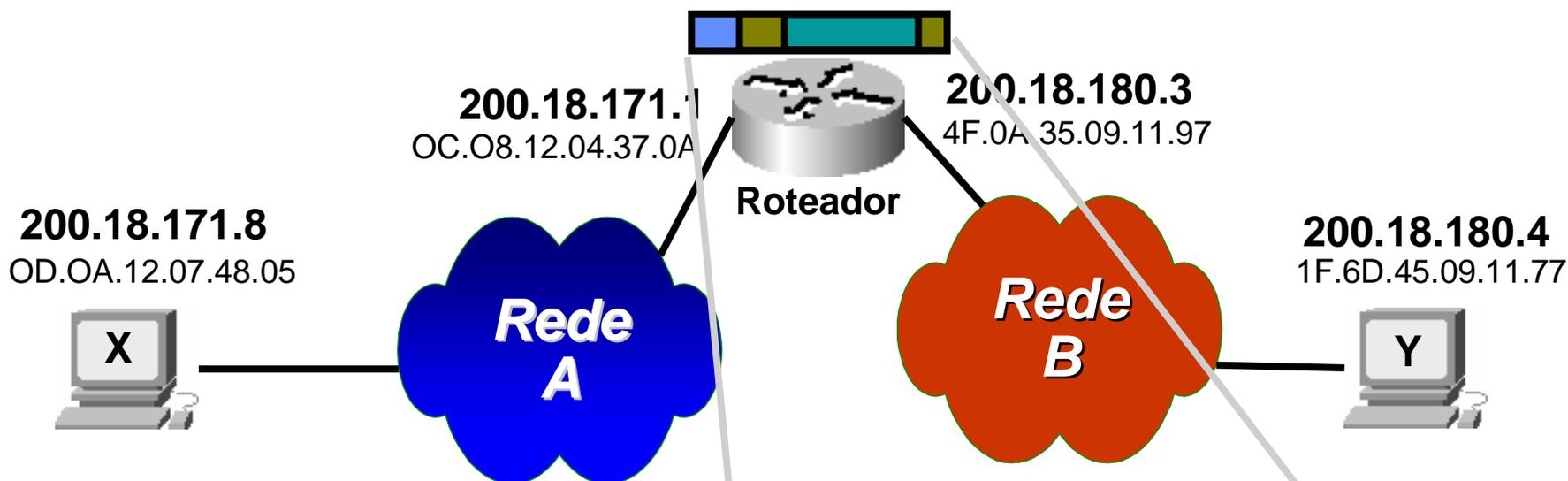
Roteamento

Redes de Acesso em Banda Larga



Roteamento

Redes de Acesso em Banda Larga



- O protocolo IP percebe que **DESTINO** pertence à mesma rede
- **aciona ARP para resolver endereço do DESTINO**
 - **Resultado:** 1F.6D.45.09.11.77



Roteamento

Redes de Acesso em Banda Larga

