

# A Evolução das Redes de Computadores



**Prof. Dr. José Augusto Suruagy  
Monteiro**

**Mestrado em Redes de  
Computadores - UNIFACS**

**[www.svn.com.br/suruagy](http://www.svn.com.br/suruagy)**

## Roteiro

- Introdução
- Evolução das Aplicações
- Novos Requisitos para as Aplicações
- A Evolução das Redes Locais
- A Evolução das Redes Metropolitanas
- A Evolução das Redes de Longa Distância
- A Evolução das Redes de Acesso
- A Evolução das Tecnologias de Transmissão
- A Evolução da Internet
- Questões a serem estudadas



## Introdução

- O que são redes de computadores: a Internet
- Classificação das Redes: LANs, MANs, WANs
- Modalidades de Comutação
- Modelo de referência
- Backbones e Redes de Acesso
- Redes Móveis



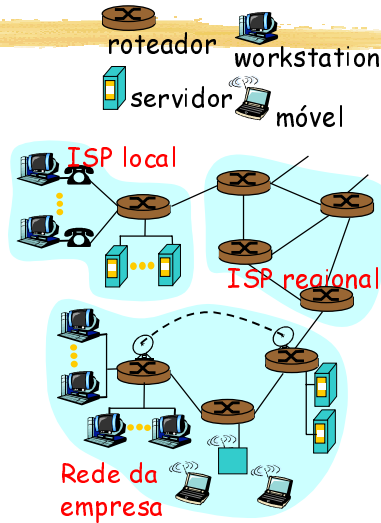
## Redes de Computadores

- Coleção *interconectada* de computadores *autônomos*.
- Motivações:
  - compartilhamento de recursos
  - alta confiabilidade
  - economia financeira
  - escalabilidade
  - meio de comunicação poderoso



# A Internet

- milhões de dispositivos de computação conectados: *hosts, sistemas finais*
  - workstations de pcs, servidores
  - telefones com PDA's, torradeiras
- rodando *aplicações de rede*
- *enlaces de comunicação*
  - fibra, cobre, rádio, satélite
- *roteadores*: encaminham pacotes (pedaços) de dados através da rede



# Classificação das redes

Interprocessor distance	Processors located in same	Example	
0,1 m	Circuit board	Data flow machine	
1 m	System	Multicomputer	
10 m	Room	Local area network	<b>(LAN)</b>
100 m	Building		
1 km	Campus		
10 km	City	Metropolitan area network	<b>(MAN)</b>
100 km	Country	Wide area network	<b>(WAN)</b>
1,000 km	Continent		
10,000 km	Planet		

Fig. 1-2. Classification of interconnected processors by scale.



## Denominações das Redes

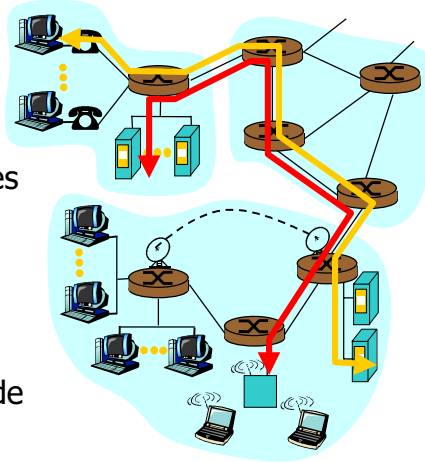
- Redes Locais ( *LAN - Local Area Network* )
- Redes Metropolitanas ( *MAN - Metropolitan Area Network* )
- Redes de Longa Distância ( *WAN - Wide Area Network* )



## Comutação de Circuitos

Recursos fim a fim são reservados para a chamada.

- Banda do enlace, capacidade dos comutadores
- recursos dedicados: sem compartilhamento
- desempenho tipo circuito (garantido)
- necessita estabelecimento de conexão



## Comutação de Pacotes

Cada fluxo de dados fim a fim é dividido em *pacotes*

- pacotes dos usuários A, B *compartilham* os recursos da rede
- cada pacote usa toda a banda do canal
- recursos são usados *quando necessário*,

Divisão da banda em "pedaços"

Alocação dedicada  
Reserva de recursos



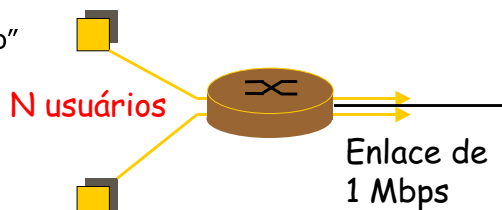
Disputa por recursos:

- a demanda total pelos recursos pode superar a quantidade disponível
- congestionamento: pacotes são enfileirados, esperam para usar o enlace
- armazena e retransmite: pacotes se deslocam uma etapa por vez
  - transmite num enlace
  - espera a vez no próximo

## Comutação de pacotes versus comutação de circuitos

A comutação de pacotes permite que mais usuários usem a rede!

- Enlace de 1 Mbit
- cada usuário:
  - 100Kbps quando "ativo"
  - ativo 10% do tempo
- comutação por circuitos:
  - 10 usuários
- comutação por pacotes:
  - com 35 usuários, probabilidade > 10 ativos menor que 0,004



# Pilha de protocolos Internet

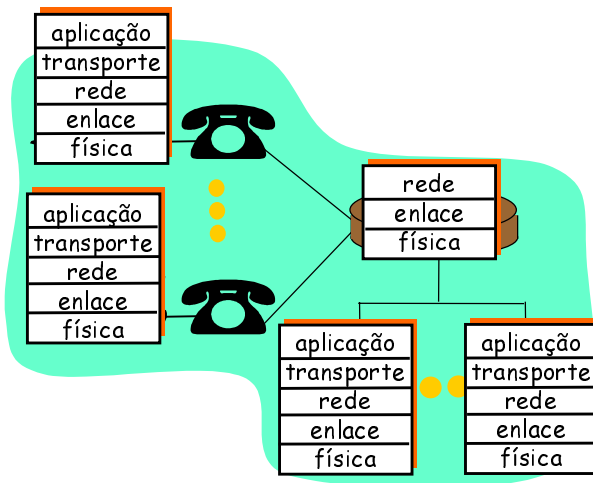
- **aplicação:** dá suporte a aplicações de rede
  - ftp, smtp, http
- **transporte:** transferência de dados host-a-host
  - tcp, udp
- **rede:** roteamento de datagramas da origem até o destino
  - ip, protocolos de roteamento
- **enlace:** transferência de dados entre elementos de rede vizinhos
  - ppp, ethernet
- **física:** bits "no fio"



# Camadas: comunicação lógica

Cada camada:

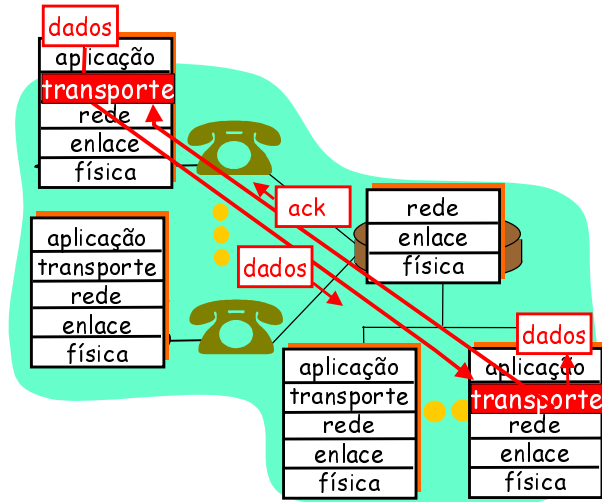
- distribuída
- as "entidades" implementam as funções das camadas em cada nó
- as entidades executam ações, trocam mensagens entre parceiras



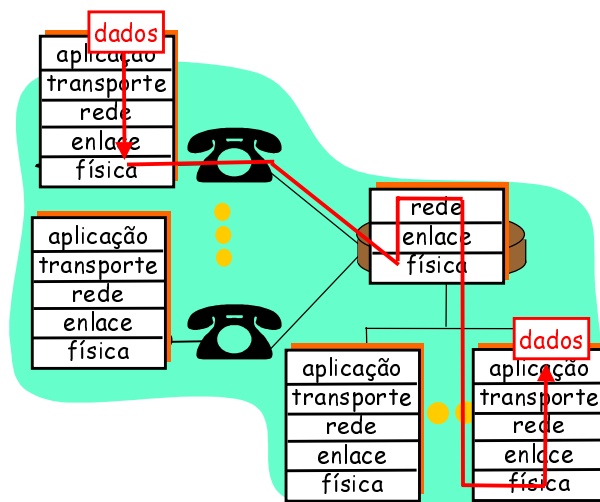
## Camadas: comunicação *lógica*

### Ex.: transporte

- recebe dados da aplicação
- adiciona endereço e verificação de erro para formar o "datagrama"
- envia o datagrama para a parceira
- espera que a parceira acuse o recebimento (ack)
- analogia: correio



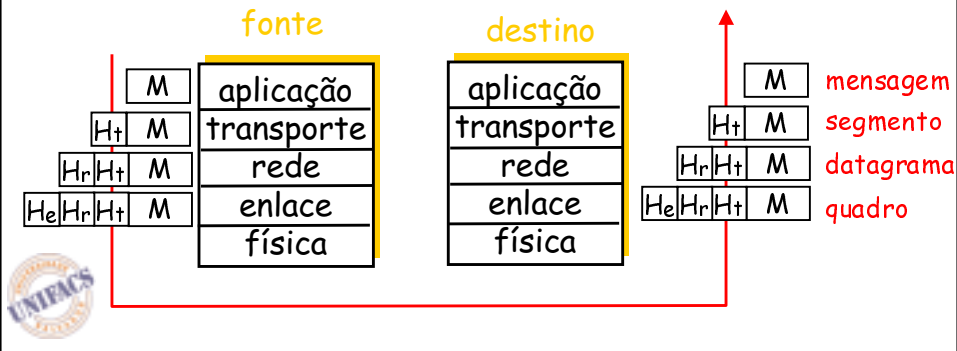
## Camadas: comunicação *física*



# Camadas de protocolos e dados

Cada camada recebe dados da camada superior

- adiciona informação no cabeçalho para criar uma nova unidade de dados
- passa a nova unidade de dados para a camada inferior



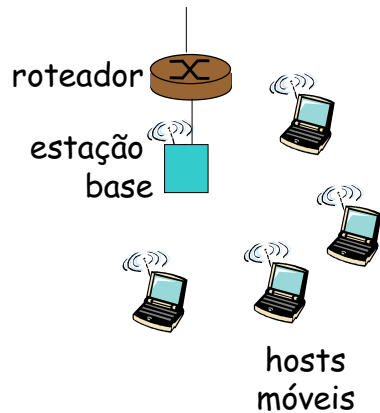
# Tipos de Serviços

- Serviços Orientados a Conexões
  - Transferência de arquivos
- Serviços Não-Orientados a Conexões
  - Datagramas



## Redes de acesso sem fio (*wireless*)

- rede de acesso compartilhado *sem fio* conecta o sistema final ao roteador
- **LANs sem fio:**
  - ondas de rádio substituem os fios
  - ex., Lucent Wavelan 10 Mbps
- **acesso sem fio com maior cobertura**
  - CDPD: acesso sem fio ao roteador do ISP através da rede celular



## Evolução das Aplicações

- Correio eletrônico
- Transferência de arquivos
- Login remoto
- Serviços de consulta
- Navegadores
- Voz
- Videoconferência
- Visualização remota
- Realidade Virtual
- Ferramentas de Colaboração



## O Projeto Internet 2



- <http://www.internet2.edu>
- Criado em 10/1996 por 34 Universidades, conta hoje com mais de 110.
- **Finalidade:** acelerar o próximo estágio de desenvolvimento da Internet na academia, através do desenvolvimento de uma nova família de aplicações avançadas.
- **Parceiros:** universidades, governo e indústria



## Aplicações da Internet2

- Quais são as aplicações características da Internet2?
- Elas melhoram qualitativa e quantitativamente a forma como conduzimos pesquisa e nos envolvemos com ensino e aprendizado
- Elas requerem redes avançadas



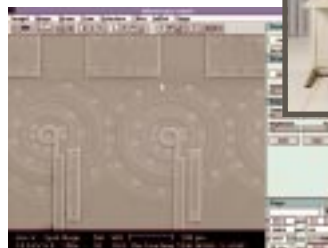
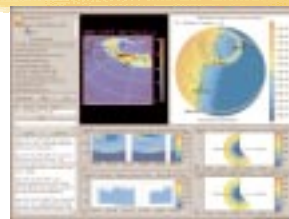
## Exemplos de Aplicações

- Colaboração de pesquisa e Instrução **interativas** baseadas em redes.
- Simulação e Modelagem baseada em sensores, em **tempo real**.
- Computação paralela (em múltiplos sites) e processamento de banco de dados em **larga escala**.
- **Teleimersão** - realidade virtual compartilhada



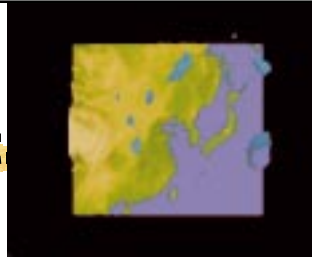
## Aplicações

- Colaboração e ensino interativos
- Acesso a instrumentos científicos remotos em tempo real



## Aplicações, cont

- Cálculo em processadores remotos e processamento de banco de dados de larga escalas
- Realidade Virtual compartilhada
- Qualquer combinação das aplicações acima.



## Novos Requisitos para as Aplicações

- Baixo retardo
- Valor máximo de variação do atraso
- Alta vazão
- Baixa perda de informação
- Qualidade de Serviço Diferenciada



## A Evolução das Redes Locais

- Ethernet, Token Ring, Token Bus
- FDDI
- ATM
- Fast Ethernet
- Gigabit Ethernet
- 10 Gigabit Ethernet



## Padrões IEEE 802

- 802.1 - Introdução e Primitivas da interface
- 802.2 - LLC (*Logical Link Control*)
- 802.3 - CSMA/CD
- 802.4 - Barra com passagem de permissão
- 802.5 - Anel com passagem de permissão
- 802.6 - DQDB
- ...



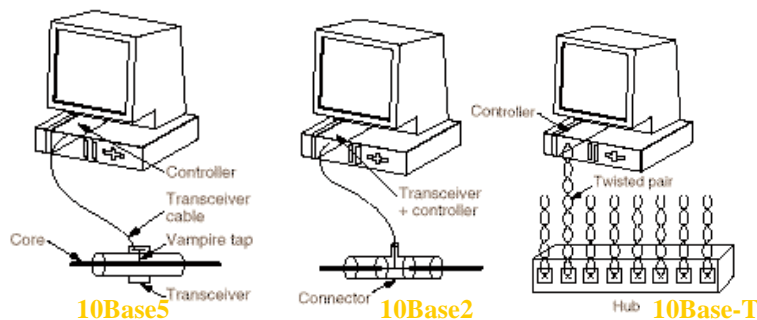
# Padrão IEEE 802.3 e Ethernet

- Rede local CSMA/CD 1-persistente
- Baseado em sistema CSMA/CD de 2,94 Mbps construído pela Xerox PARC (1976)
- Xerox, DEC e Intel estabeleceram um padrão para o Ethernet a 10Mbps.
- Este padrão serviu de base para o padrão 802.3
- A diferença é que o 802.3 define uma família de sistemas variando de 1 a 10 Mbps utilizando diversos meios de transmissão

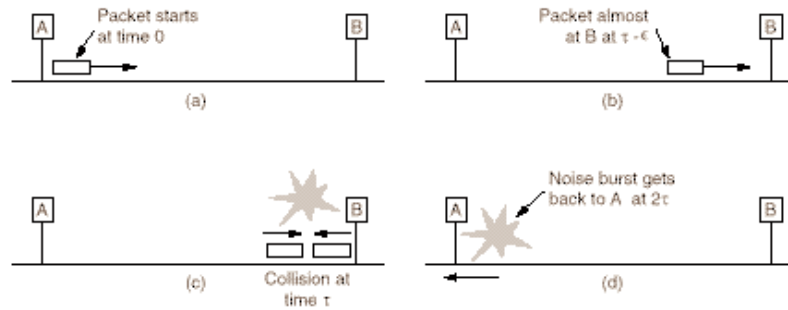


## Cabeamento do 802.3

Name	Cable	Max. segment	Nodes/seg.	Advantages
10Base5	Thick coax	500 m	100	Good for backbones
10Base2	Thin coax	200 m	30	Cheapest system
10Base-T	Twisted pair	100 m	1024	Easy maintenance
10Base-F	Fiber optics	2000 m	1024	Best between buildings

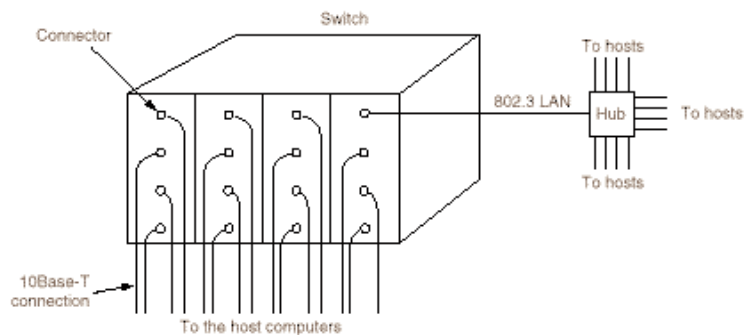


# Detecção de Colisões



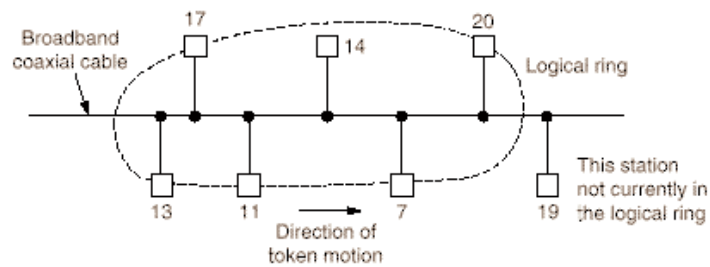
# LANs 802.3 Comutadas

- Objetivo: Aumento da taxa total de transmissão



## IEEE 802.4: Barra com Passagem de Permissão

- As estações na barra formam um **anel lógico**, onde cada uma conhece a identidade da estação que precede e sucede



## IEEE 802.5: Anel com Passagem de permissão

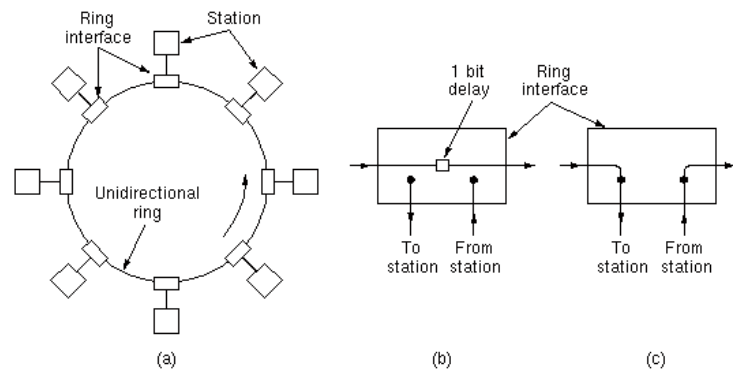


Fig. 4-28. (a) A ring network. (b) Listen mode. (c) Transmit mode.





## Comparação entre 802.3, 802.4 e 802.5

Característica	802.3	802.4	802.5
Determinação do acesso	Disputa	Permissão	Permissão
Restrição do comp. pacote	Maior que 2 vezes o atraso de propagação	Nenhuma	Nenhuma
Inclusão/exclusão de estações	<i>On the fly</i>	Simple	Cuidadosa
Transmissão	Cabo passivo	TV/modem	Digital
Prioridade	Não implementa	Implementa	Implementa
Canais múltiplos	Não suporta	Suporta	Não suporta
Bom desempenho	Carga baixa	Carga alta	Carga alta
Vantagem principal	Simplicidade	Acesso ctl	Simplicidade/ Acesso ctl
Desvantagem principal	Desempenho	Complexo	Monitoração centralizada



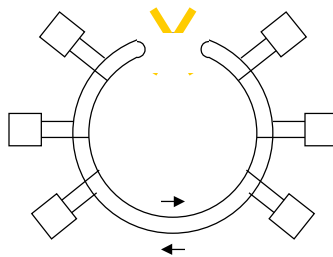
## FDDI

- Fiber Distributed Data Interface
- Anel com passagem de permissão a 100 Mbps
- Diferença do 802.5:
  - uma estação pode inserir uma nova permissão assim que tiver terminado de transmitir os seus quadros
- Usa fibra multimodo
- Distâncias de até 200 km com até 1000 estações conectadas

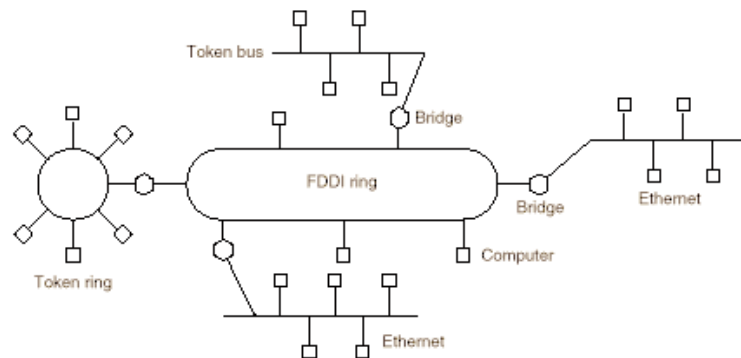


# FDDI

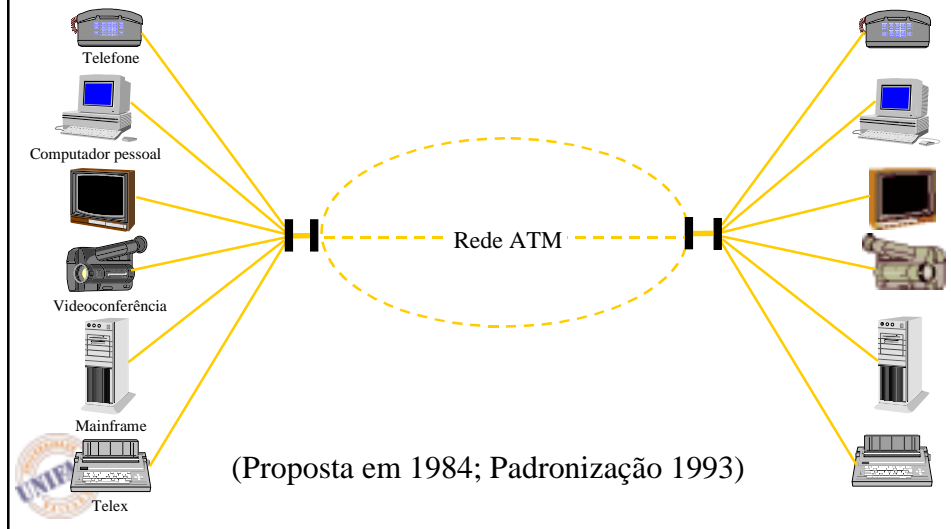
- 2 anéis concêntricos: se houver uma falha os dois anéis podem ser unidos para formar um anel com, aproximadamente, o dobro do comprimento.



# Anel FDDI como *backbone*



## Redes de comunicações com a RDSI-FL (*BISDN*)

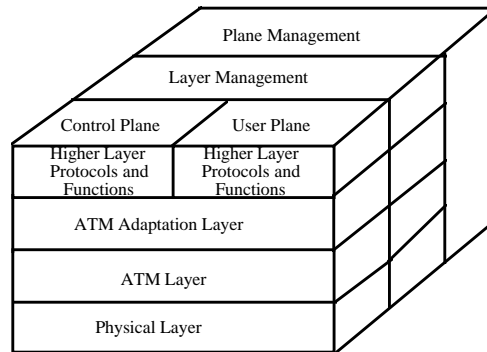


## Características Principais da RDSI-FL

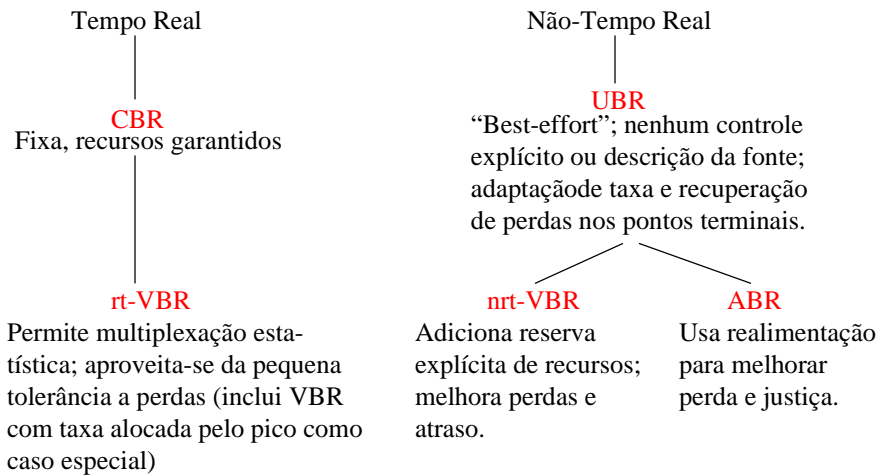
- Utiliza o Modo de Transferência Assíncrono (ATM - *Asynchronous Transfer Mode*)
- Comutação de células
  - PDU de 53 bytes sendo 5 de cabeçalho
- Camada de Adaptação adapta o serviço desejado ao ATM
- Qualidade negociada de serviço (QoS)
- Categorias de Serviço (CBR, VBR, ABR, UBR)



# Modelo de Referência dos Protocolos da RDSI-FL



# Categorias de serviço



## Parâmetros de Tráfego

- PCR - *Peak Cell Rate*
- maxCTD - *Maximum Cell Transfer Delay*
- CDVT - *Cell Delay Variation Tolerance*
- SCR - *Sustainable Cell Rate*
- MBS - *Maximum Burst Size*
- MCR - *Minimum Cell Rate*
- CLR - *Cell Loss Rate*



## Qualidade do Serviço (QoS)

- QoS (*Quality of Service*) é definida na E.800 como sendo o efeito coletivo do desempenho do serviço e que determina o grau de satisfação do usuário deste serviço.
- A I.350 trata de aspectos da qualidade do serviço cujos parâmetros possam ser identificados e que possam ser diretamente observados e medidos no ponto no qual o serviço é acessado pelo usuário.
- Exemplos:
  - Taxa de Perda de células (*CLR - Cell Loss Rate*)
  - Atraso de transferência de célula
  - Variação do atraso da célula (*CDV - Cell Delay Variation*)



## Controles de Tráfego e de Congest.

- Controle de Admissão de Chamadas (CAC)
- Controle de Parâmetros de Uso (UPC)
- Descarte Seletivo de Células
- Moldagem de Tráfego (*Traffic Shaping*)
- *Explicit Forward Congestion Indication*
- Gerenciamento de Recursos usando Caminhos Virtuais
- Descarte de Quadros
- Controle Genérico de Fluxo
- Controle de Fluxo do ABR



## Fast Ethernet

- Aprovado em Junho de 1995 como IEEE 802.3u
- 100 Mbps com o uso de hubs
- Cabeamento:
  - 100Base-T4 (4 pares de UTP categoria 3)
  - 100Base-TX (2 pares de UTP categoria 5, Full duplex)
  - 100Base-FX (2 pares de fibra multimodo)
- Hubs:
  - hub compartilhado
  - hub comutado



# Gigabit Ethernet

Gigabit  
Ethernet  
1000  
MBPS

- Padronizado em Julho 1998 como IEEE 802.3z
- Utiliza o mesmo protocolo CSMA/CD, mesmo formato e mesmo tamanho do quadro
- Operação half ou full-duplex
- Novo slot de 512 bytes (diâmetro de colisão de 200m).
- *Packet bursting* transmissão em conjunto de pacotes pequenos.
- Gigabit Ethernet Alliance:
  - <http://www.gigabit-ethernet.org>



INFORMATION WEEK  
ONLINE

## NEWSFLASH



Friday, June 4, 1999

### ■ Gig Ethernet Surpassing ATM As Backbone

- Gigabit Ethernet has displaced ATM as the preferred campus backbone infrastructure following years of delays in key standards and component technology.
- Customers will buy more than 334,000 [Gigabit Ethernet](#) switch ports in the second quarter, compared with about 200,000 [ATM LAN](#) ports, according to projections released this week by the Dell'Oro Group. It will be the first time that quarterly shipments of Gigabit Ethernet outstrip those of ATM.



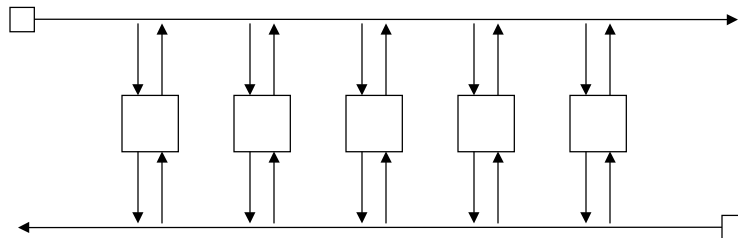
# A Evolução das Redes Metropolitanas

- FDDI
- DQDB
- ATM



## DQDB

- Distributed Queue Dual Bus (IEEE 802.6)





## **DQDB**

- Cada ponto terminal gera continuamente um fluxo de células de 53 bytes
- Cada célula contém 44 bytes de carga útil
- Distâncias de até 160 km
- Velocidade de 45 Mbps



## **A Evolução das Redes de Longa Distância**

- X.25
- Frame-Relay
- ATM
- Redes Ópticas

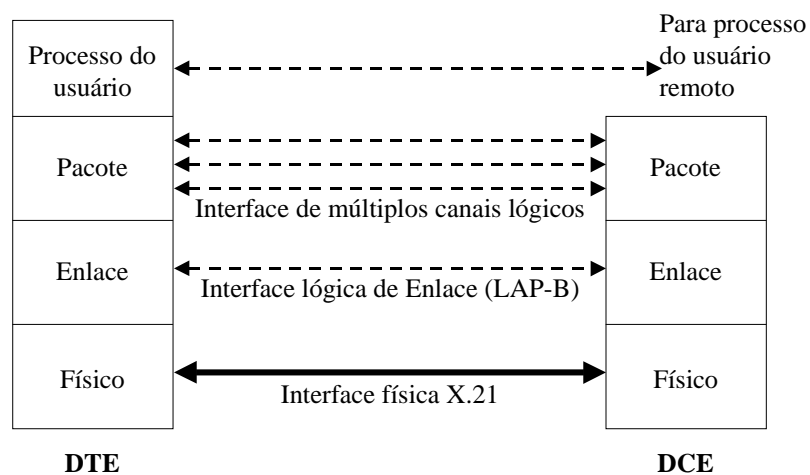


## X.25

- Padrão de acesso a uma rede comutada por pacotes.
- Primeira aprovação: 1976, pelo então CCITT.
- Interface entre um Equipamento Terminal de Dados (DTE) e um Equipamento de Terminação de Circuitos de Dados (DCE).
- Níveis:
  - Físico
  - Enlace
  - Pacote



## Interface X.25



## X.25: Nível Físico

- Nível físico do X.21
- Opcionalmente pode ser usado o X.21 bis que é semelhante ao RS-232-C
- Especifica um conector de 15 pinos.
- Compensa a menor quantidade de circuitos com mais lógica nas interfaces DTE e DCE
- Transmissão síncrona, **balanceada** ou não-balanceada



## X.25: Nível de Enlace

- LAP-B (*Link Access Procedure, Balanced mode*)
- Subconjunto do modo balanceado assíncrono do HDLC.



## X.25: Nível de Pacote

- Orientado a conexão
- Circuitos Virtuais:
  - Permanentes: PVC (*Permanent Virtual Circuit*)
  - Comutados: SVC (*Switched Virtual Circuit*)



## Frame Relay

- Surgiu no final dos anos 80 como resposta às seguintes tendências:
  - Crescimento de aplicações de alta velocidade e vazão (gráficos ao invés de texto)
  - Proliferação de dispositivos terminais inteligentes e redes locais
  - Crescimento na disponibilidade de linhas de transmissão digitais de alta velocidade e praticamente livre de erros.
- Foi concebido como parte da RDSI-FE (*ISDN*)

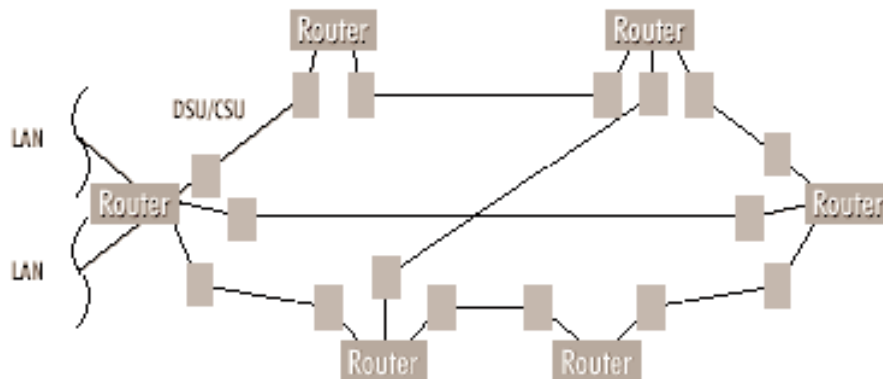


## Frame Relay

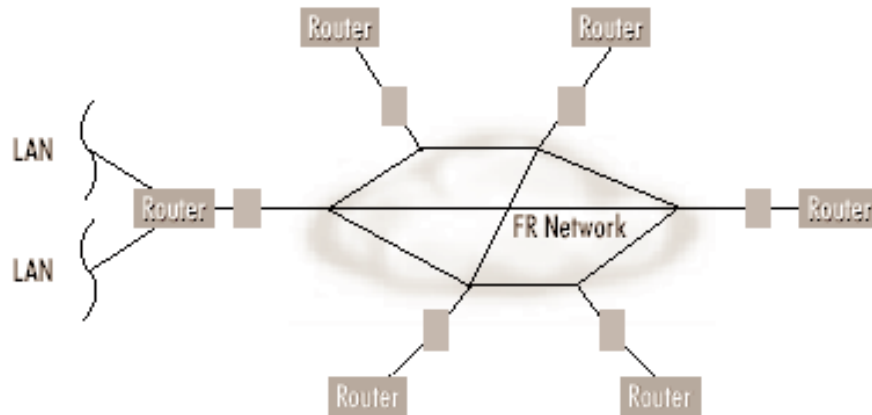
- Protocolo simples para uma rede rápida e de qualidade
  - Não efetua controle fluxo e reconhecimentos
- Orientado a conexão
- 2 Níveis: físico e enlace
- Utiliza PVCs ou SVCs
- FastNet (Embratel) e Bahia Frame Relay



## Interconexão de LANs: Solução Tradicional



## Interconexão de LANs: Solução com *Frame Relay*



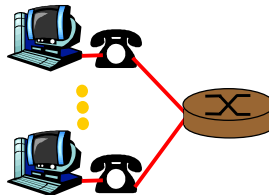
## A Evolução das Redes de Acesso

- par metálico - analógico
- par metálico - digital
- RDSI
- TV a cabo
- xDSL
- Wireless

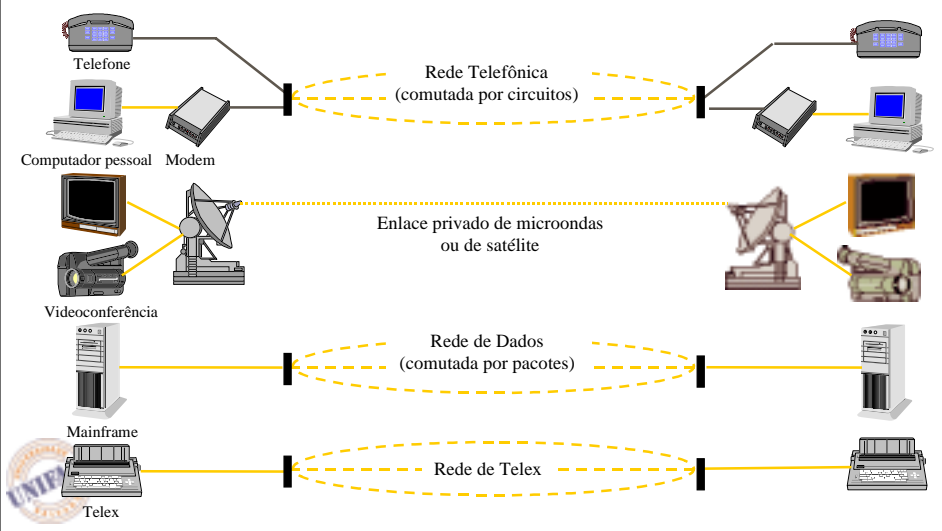


## Acesso residencial: acesso ponto a ponto

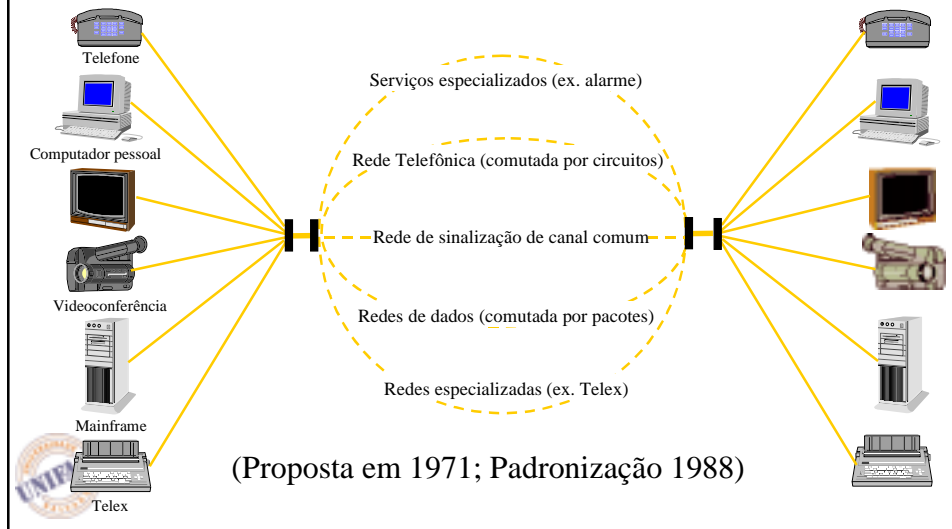
- **Discado (Dialup) via modem**
  - acesso direto ao roteador de até 56Kbps
- **RDSI/ISDN:** rede digital de serviços integrados: conexão digital de 128Kbps ao roteador
- **ADSL: asymmetric digital subscriber line**
  - até 1 Mbps casa-ao-roteador
  - até 8 Mbps roteador-para-casa
- instalação de ADSL: **Fast Internet (Telemar)**



## Redes de comunicações antes da RDSI



# Redes de comunicações com a RDSI-FE (NISDN)



## RDSI-FE

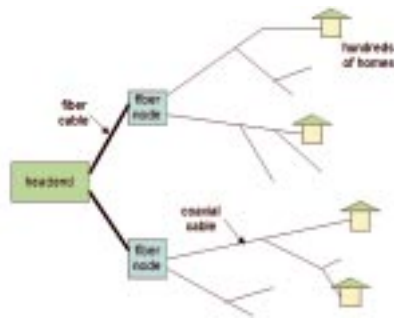
- Interfaces padronizadas
  - BRI (acesso básico):  $2B + D$
  - PRI (acesso primário):
    - $23B + D$  (EUA e Japão)
    - $30B + D$  (Europa e resto do mundo)





## Acesso residencial: cable modems

- **HFC: hybrid fiber coax**
  - assimétrico: até 10Mbps subida (upstream), 1 Mbps descida (downstream)
- **rede** de cabos e fibra conectam as residências ao roteador do ISP
  - acesso compartilhado ao roteador pelas residências
  - questões: congestionamento, dimensionamento
- **implantação**: disponível através de empresas de TV a cabo, ex.: AJATO (TVA)



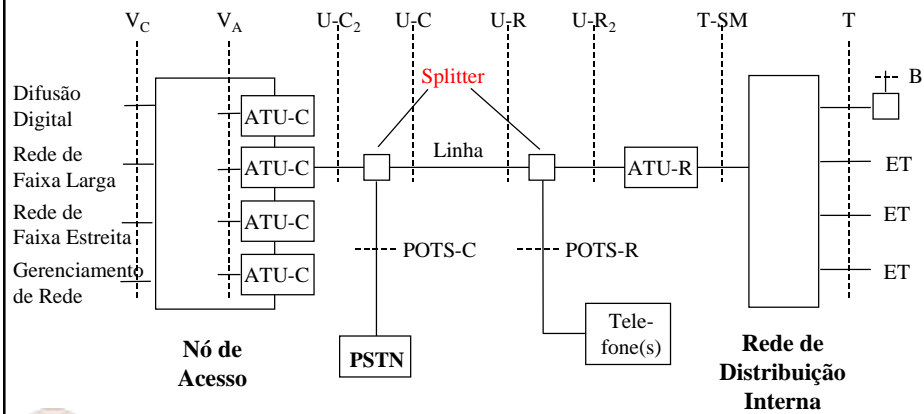
## ADSL

- *Asymmetric Digital Subscriber Line*
- A idéia é aproveitar o par trançado das linhas de assinante para transmitir a taxas mais elevadas.

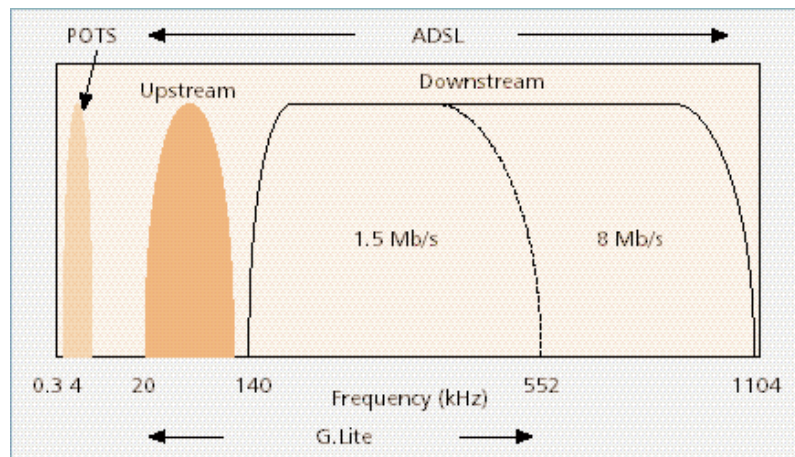
Distance (m)	Downstream	Upstream
5500	1.554 Mb/s T1	From 16 kb/s
5000	2.048 Mb/s E1	
4000	6.312 Mb/s T2	
3000	8.448 Mb/s E2	To 640 kb/s
T1, T2 — U.S. standard data rates E1, E2 — European standard data rates		



# Modelo de Referência do Sistema



# Espectro de Freqüências para ADSL e G.Lite



## A Evolução das Tecnologias de Transmissão

- transmissão digital: plesiochróna
- SONET/SDH
- WDM
- DWDM



## Multiplexação por Divisão de Tempo (TDM)

- PCM = *Pulse Code Modulation*
  - Transmite a **codificação binária** (7 ou 8 bits) do nível do sinal analógico no instante da amostragem.
  - Pelo **teorema de Nyquist**, para se reconstituir fielmente um sinal analógico com largura de banda de 4 kHz são necessárias 8.000 amostras por segundo. Ou, uma amostra a cada **125 µseg**.
- DS1 (ou T1):
  - quadro com 24 amostras/canais de voz.
  - Tamanho do quadro:  $24 \times 8 + 1 = 193$  bits
  - Taxa de transmissão:  $193 \times 8.000 = 1,544$  Mbps
- E1 (ITU-T):
  - $(32 \text{ canais}) \times (8 \text{ bits/canal}) \times 8000 (\text{amostras/seg}) = 2,048$  Mbps

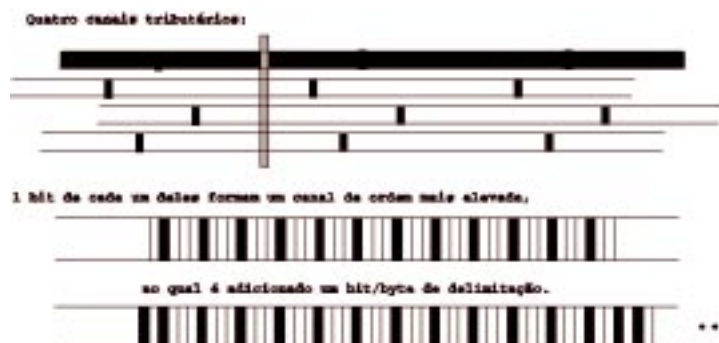


# Multiplexação Plesiócrons

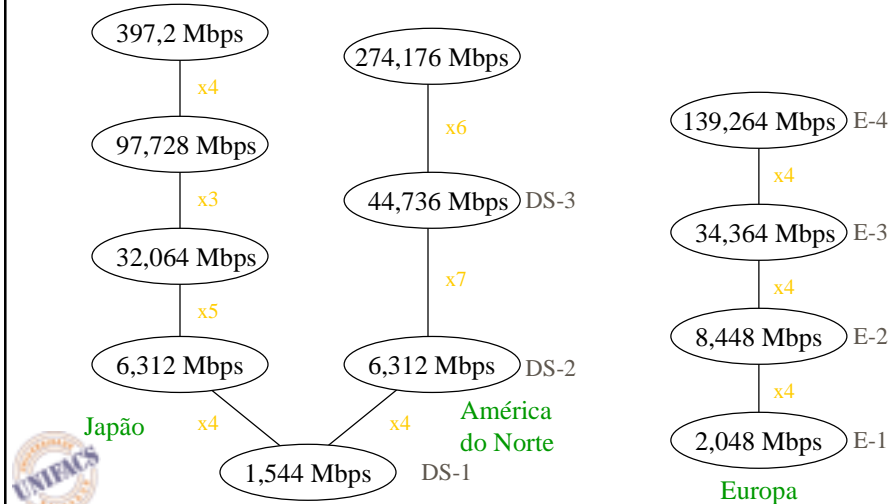
- Agrupamento de canais formando canais de ordem mais elevada.
- Os bits de cada um dos tributários são intercalados no canal de ordem mais elevada.
- Os relógios de cada tributário são ligeiramente diferentes.
- Plesio vem do grego *plesios*, que significa "próximo".
- São introduzidos bits de enchimento, caso o bit de dados de um canal de relógio mais lento não esteja disponível.
- Limitação na extração e adição de canais.



# Multiplexação Plesiócrons



## Hierarquias Digitais Plesiócronicas (PDH)

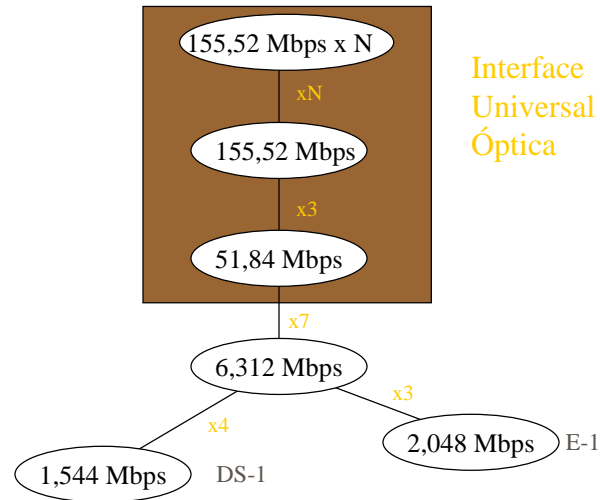


## Hierarquia Digital Síncrona (SDH)

- SDH = *Synchronous Digital Hierarchy*
- SONET = *Synchronous Optical NETWORK*
- Motivações
  - Aproveitar a rede totalmente sincronizada;
  - Unificar os padrões europeu e americano;
  - Ser usado tanto em fibras ópticas quanto em rádio;
  - Colocar inteligência nos multiplexadores de modo a resolver os problemas de operação e de gerenciamento;
  - Tornar gerenciáveis as redes constituídas por equipamentos de diversos fabricantes; e
  - Ser compatível com os canais PDH existentes.



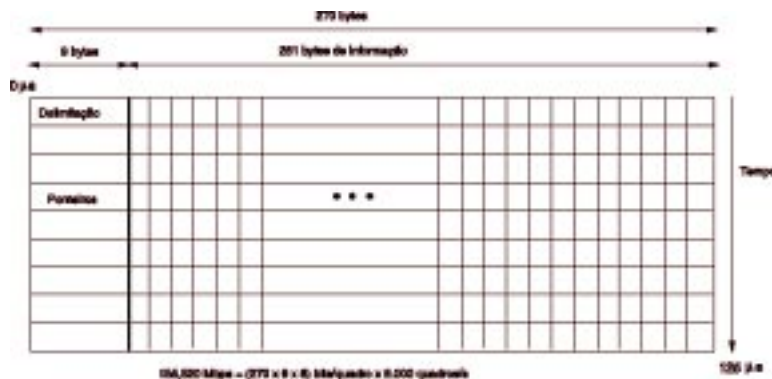
# Hierarquia digital síncrona

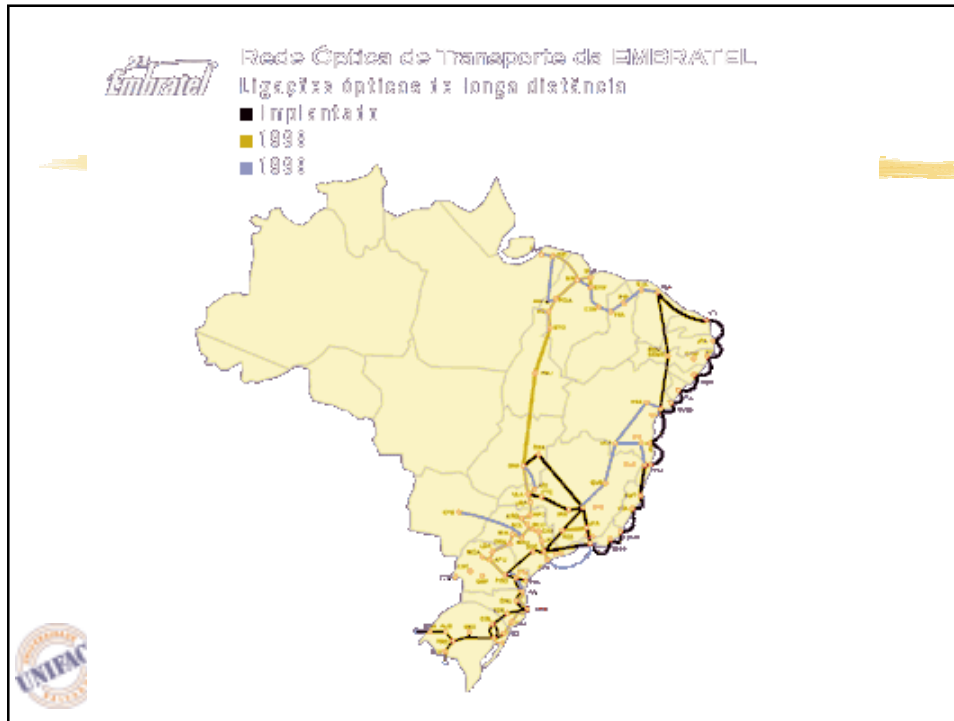


Interface  
Universal  
Óptica

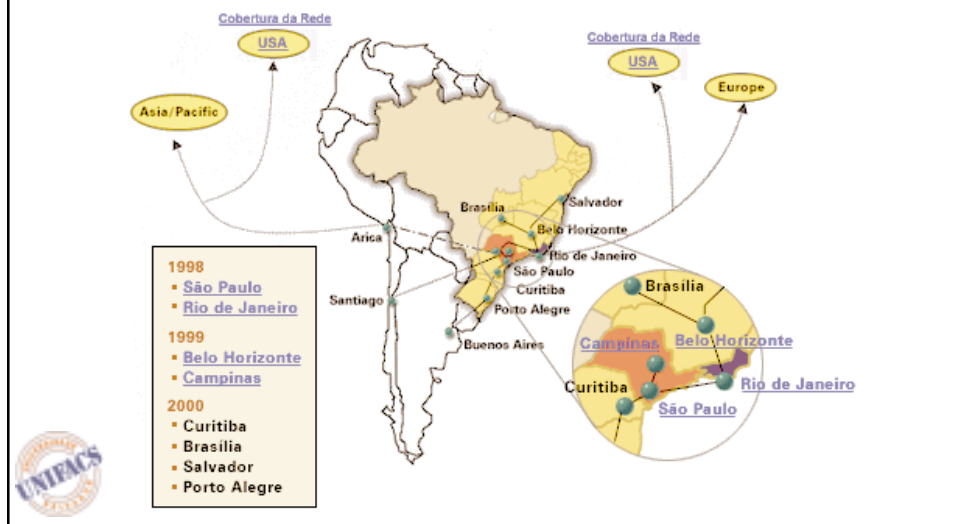


# Estrutura do STM-1

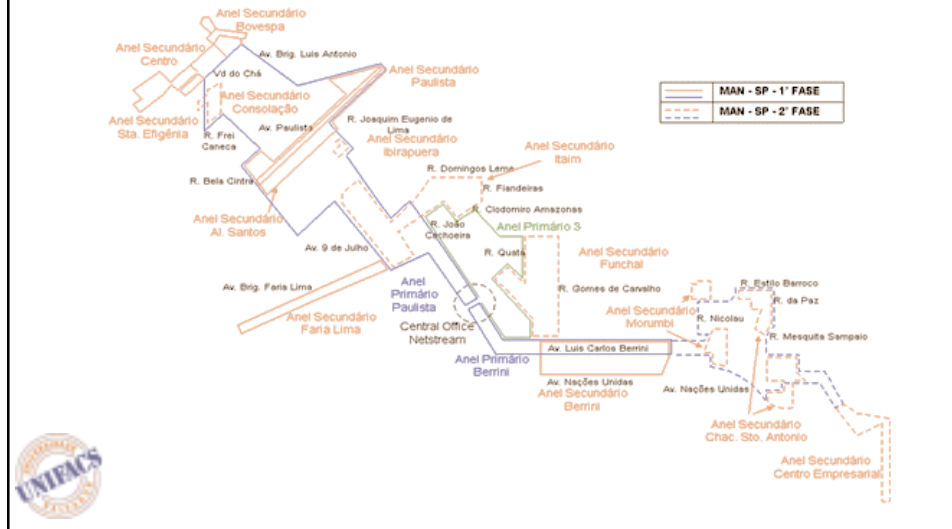




## Netstream - cobertura da rede



# Netstream - cobertura em SP



# Outras Redes Físicas

- Engeredes (SP, RJ, GO, DF, MG, ES)
- MetroRed (MG, SP e RJ)
- Sistema Elétrico
- Petrobrás
- ...





## A Evolução da Internet

- ARPANET
- Rede de Redes
- Reserva de Recursos: RSVP
- Serviços Integrados
- Serviços Diferenciados
- Internet Interplanetária ([www.wcom.com/cerfsup](http://www.wcom.com/cerfsup))

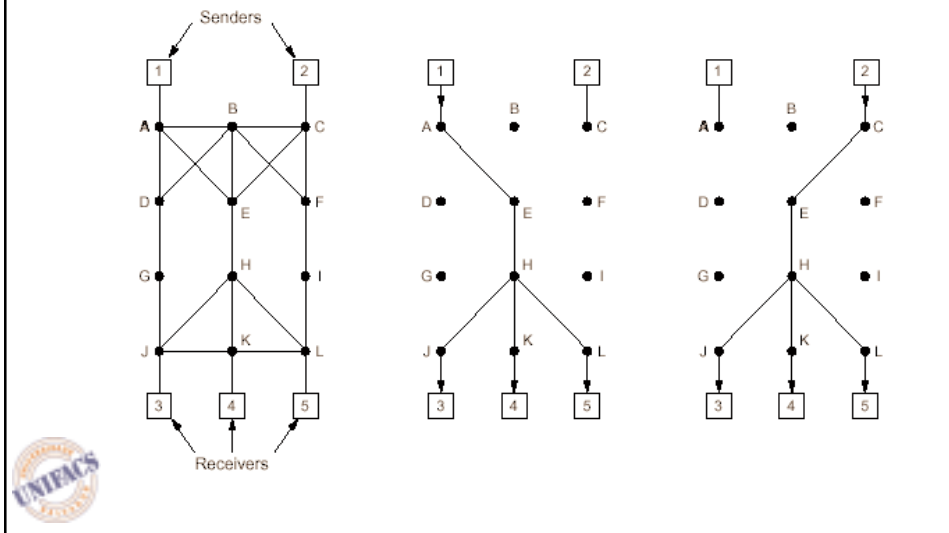


## RSVP

- *Resource reSerVation Protocol*
- Forma mais simples:
  - Cada grupo recebe um endereço de grupo.
  - O algoritmo de roteamento constrói uma árvore cobrindo todos os membros do grupo.
  - Periodicamente são enviadas informações extra pedindo aos roteadores que participam da árvore que mantenham certas estruturas de dados nas suas memórias.



## RSVP: Exemplos de Árvores

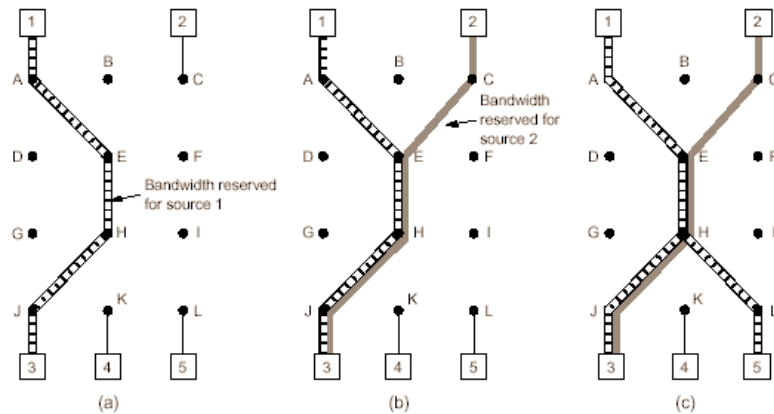


## RSVP: Reserva de Recursos

- Para obter uma melhor recepção e eliminar congestionamento, qualquer receptor de um grupo pode enviar uma mensagem de reserva através da árvore até o transmissor.
- A cada etapa o roteador observa a solicitação e reserva a largura de banda solicitada. Se a banda disponível não for suficiente envia uma mensagem de falha.



## RSVP: Exemplo de Reserva



## RSVP

- Ao fazer uma reserva o receptor pode especificar (opcionalmente) uma ou mais fontes das quais deseja receber.
- Especifica também se as escolhas são fixas ou se ele vai querer mudar de fonte posteriormente.
- Dois receptores compartilham um mesmo caminho se ambos concordam em não alterar a fonte posteriormente.



## Serviços Diferenciados (DS)

- Pretende fornecer discriminação escalonável de serviço na Internet sem a necessidade de manter estados por fluxo e efetuar sinalização em cada etapa.
- Utiliza bits do octeto TOS no IPv4, ou no octeto de Classe de Tráfego no IPv6 para determinar o comportamento em cada etapa (PHB - *Per-Hop Behavior*)
- Este octeto é denominado de campo DS



## Serviços Diferenciados (DS)

- O condicionador do tráfego é utilizado nas fronteiras da rede para marcar os pacotes de acordo com cada requisito de serviço
- As decisões de como marcar os pacotes são tomadas olhando-se o campo DS e/ou outros campos, e pelos acordos de condicionamento do tráfego (TCA) entre nós DS.





## Questões a serem estudadas

- Infra-estrutura de acesso
- Infra-estrutura de transmissão
- Protocolos simples
- Garantia de Qualidade do Serviço
- Mobilidade
- Segurança
- Gerência

