

# CSMA/CD

---

***Carrier Sense Multiple Access  
with Collision Detection***

---

***Padrão Ethernet ou CSMA/CD Bus  
(IEEE 802.3)***

Carlos Eduardo T. Vieira  
Fabiano Marcos Ruaro

# I - Introdução

---

- CSMA-CD: “*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*”;
- É um mecanismo de controle de acesso randômico ao meio (MAC) utilizado pelo padrão *Ethernet* (padrão internacional IEEE 802.3), para implementação de redes locais (*LANs*) com topologia em barramento (*Bus*);
- O padrão IEEE 802.3 mantém uma relação direta com a especificação *Ethernet II*, desenvolvida pelas empresas XEROX, DEC e INTEL em 1985.

# Informações Gerais

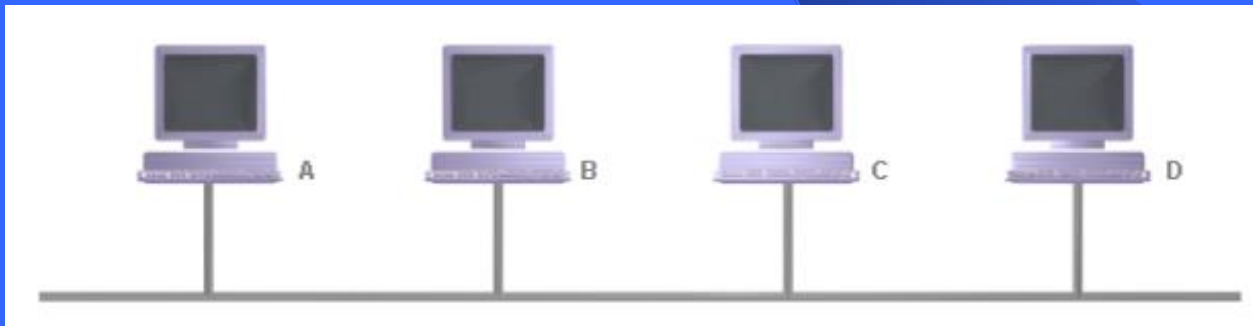
---

- Desde 1994 mais de 50 milhões de terminais de *Ethernet* foram instalados em todo o mundo;
- As placas que implementam esse padrão são as mais baratas do mercado;
- As redes são de fácil implantação e expansão, possibilitando que qualquer usuário monte uma LAN;
- *Ethernet* continuará sendo um padrão de grande utilização no futuro (aumento das taxas nominais de transmissão - *Fast Ethernet* e *Gigabit Ethernet*).

# Modelo Físico

---

- Todas as estações conectadas no padrão de rede local *Ethernet* operam de forma independente das demais;
- Todas as estações são conectadas ao mesmo meio de transmissão que deve ser compartilhado;
- Os sinais são transmitidos serialmente e de forma assíncrona (não existe uma linha de *clock* comum).



# Manutenção

---

- A manutenção em redes *Ethernet* tornou-se muito mais fácil com o início da utilização dos *Hubs*;
- Torna-se muito mais simples isolar o problema e não é mais necessário deslocar-se ao longo toda a rede em busca do equipamento ou cabeamento defeituoso.

# II - Controle de Acesso ao Meio

---

- Define os procedimentos para uma estação ganhar o direito de utilizar o meio para transmitir informações;
- *Carrier Sense*: antes de transmitir, uma estação deve monitorar o meio para verificar sua ocupação;
- *Multiple Access*: todas as estações tem as mesmas chances de acessar o meio de transmissão;
- *Collision Detection*: se duas estações começam a transmitir simultaneamente, elas detectam o fato e param a transmissão, iniciando um processo de retransmissão.

# Seqüência de Operações

---

1. Quando uma estação quer transmitir, ela primeiro escuta o meio;
2. Se o meio estiver ocupado, a estação espera até que o mesmo fique desocupado;
3. Se o meio estiver livre, a estação transmite imediatamente;
4. Se duas ou mais estações sentirem ao mesmo tempo que o meio está livre, e transmitirem, haverá uma colisão dos sinais, ocasionando perdas de informação;



# Seqüência de Operações (II)

---

5. As estações, ao sentirem a colisão (a informação que está trafegando no meio não é a mesma que elas transmitem), encerram imediatamente a transmissão;
6. Detectada a colisão, a estação inicia a transmissão de um sinal de 32 bits denominado “*jam signal*” com a intenção de avisar a todas as estações de que houve uma colisão e que está sendo iniciado o algoritmo de retransmissão;



# Seqüência de Operações (III)

---

7. A primeira transmissão após a colisão é realizada através da retransmissão ordenada, a estação alocada no primeiro intervalo tem o direito de transmitir, sem a probabilidade de colisão; se não transmitir, o direito passa para a estação alocada no segundo intervalo e assim sucessivamente até que ocorra uma transmissão. Após esta transmissão o CSMA/CD é retomado;
8. Cada estação espera um tempo randômico, e tenta novamente acessar o meio. Esse tempo será muito provavelmente diferente para cada estação, reduzindo a possibilidade de que a colisão ocorra novamente;

# Seqüência de Operações (IV)

---

9. Se a espera aleatória das estações conduzir a tempos muito próximos, então uma nova colisão ocorrerá. Nesse caso, o procedimento de espera aleatória se repete, mas dessa vez o limite superior da espera é dobrado, num método conhecido como espera exponencial truncada, aumentando a possibilidade de gerar tempos muito diferentes. Se após um certo número de tentativas de retransmissão as colisões persistirem, a transmissão é abortada.

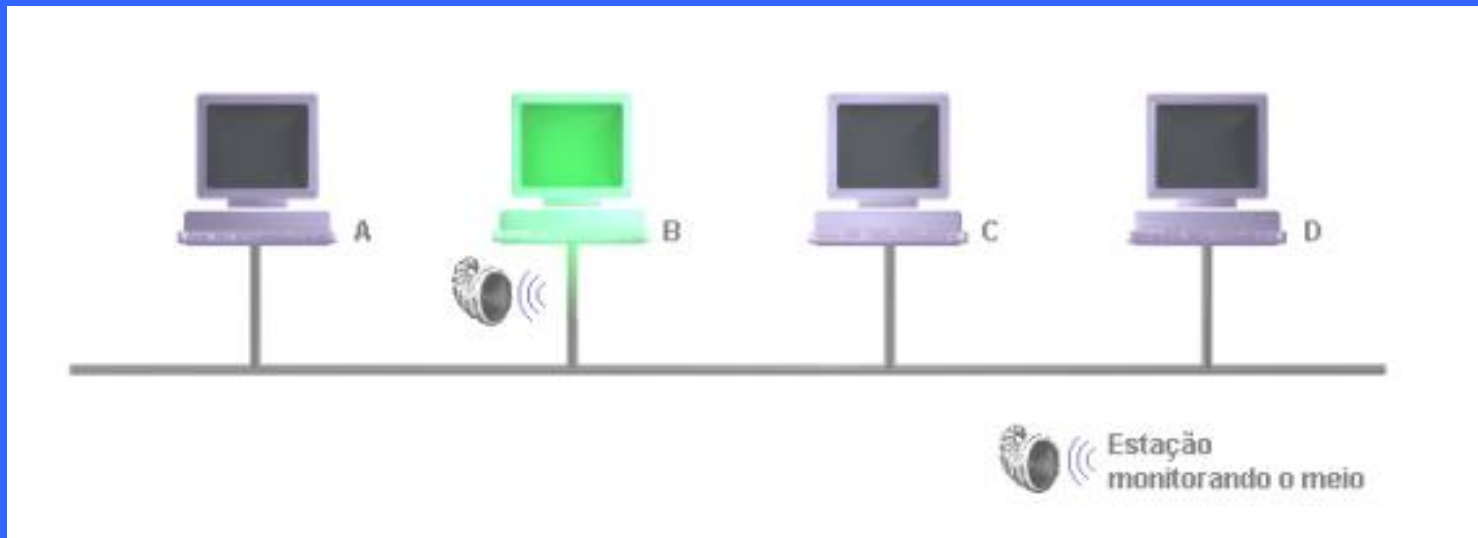
# Conceitos Envolvidos

---

- Tempo randômico: intervalo de tempo escolhido aleatoriamente entre zero e um limite superior;
- Espera exponencial truncada: o limite de espera é dobrado a cada colisão consecutiva (para aumentar a possibilidade de gerar tempos diferentes). O tempo de espera não aumenta indefinidamente, quando se torna muito grande é truncado num valor máximo;
- Retransmissão Ordenada: detectada a colisão uma estação só poderá transmitir em um intervalo de tempo a ela pré-alocado.

# Exemplo do Mecanismo (I)

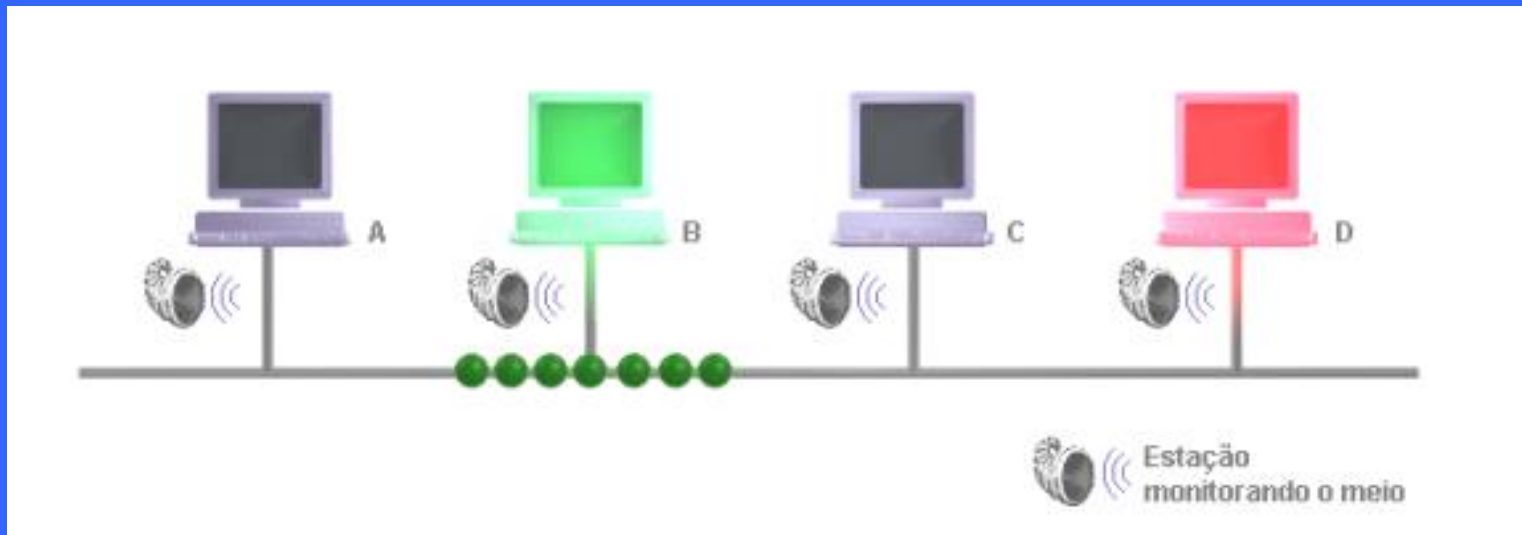
1. Estação B deseja transmitir e monitora o meio para verificar a sua ocupação;



2. A estação B não detecta sinal de ocupação no meio e portanto inicia a transmissão;

# Exemplo do Mecanismo (II)

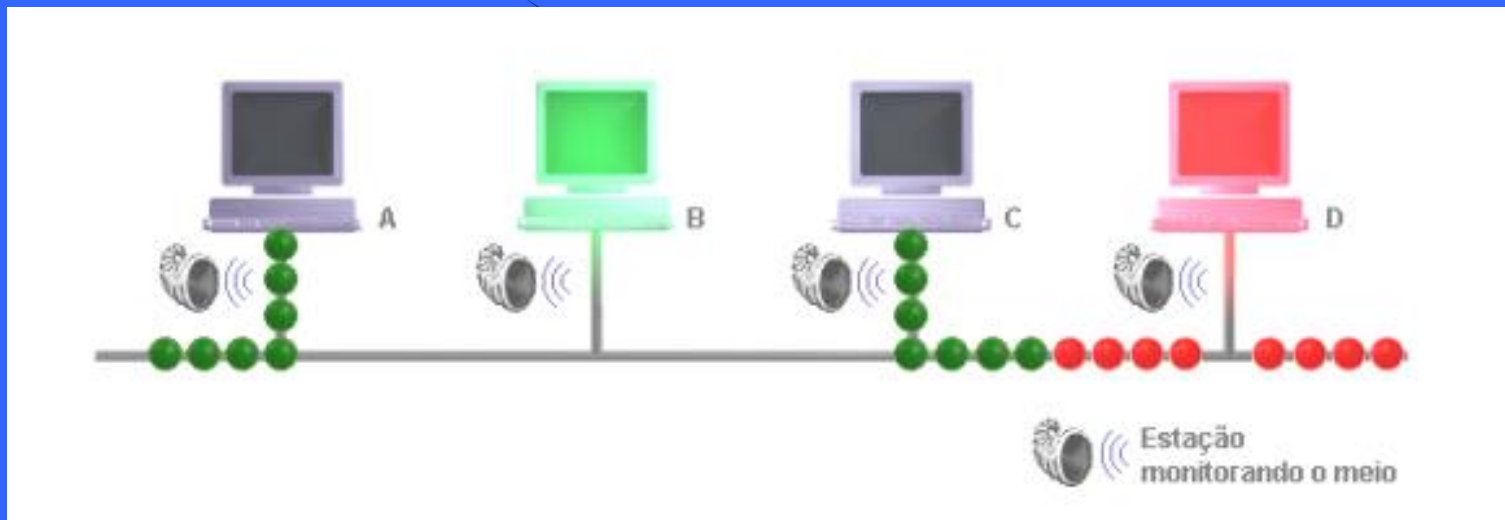
3. Estação B transmite os dados ao longo do meio de transmissão;



4. Enquanto isso a estação D também monitora o meio porque deseja iniciar uma transmissão;

# Exemplo do Mecanismo (III)

5. A estação D ainda não detecta o sinal enviado pela B, e portanto não considera o meio ocupado;

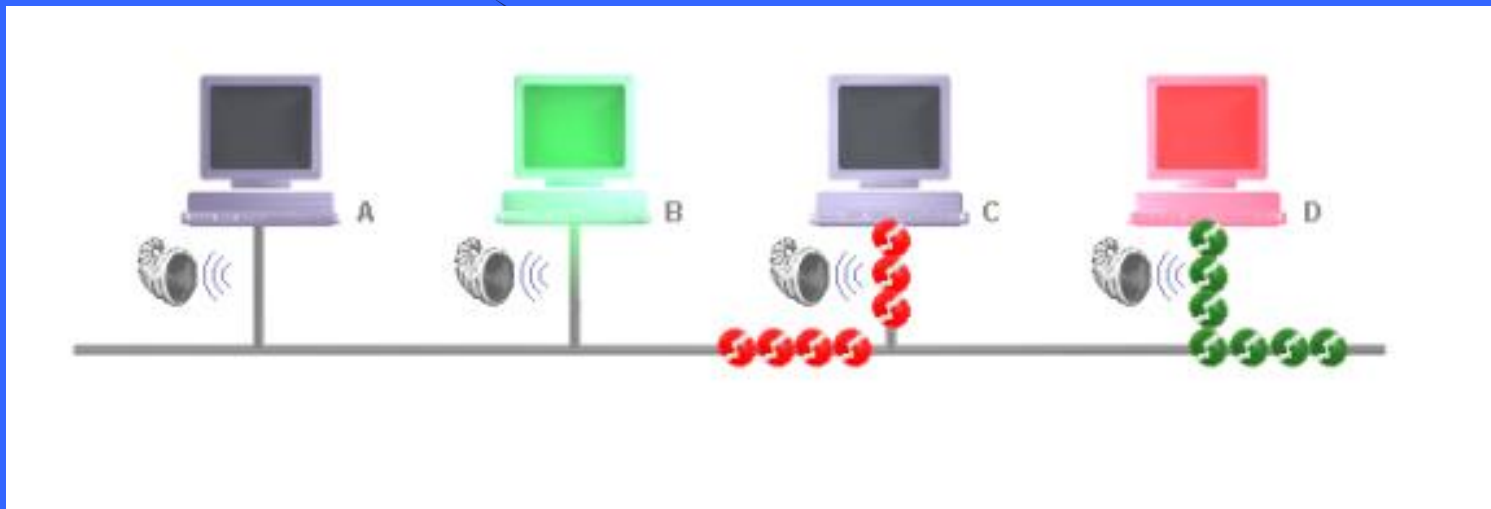


6. Os dados enviados por B chegam a A e C, mas não a estação D, que inicia uma transmissão;



# Exemplo do Mecanismo (IV)

7. Ocorre a colisão entre os dados enviados por B e D, as estações detectam a colisão;

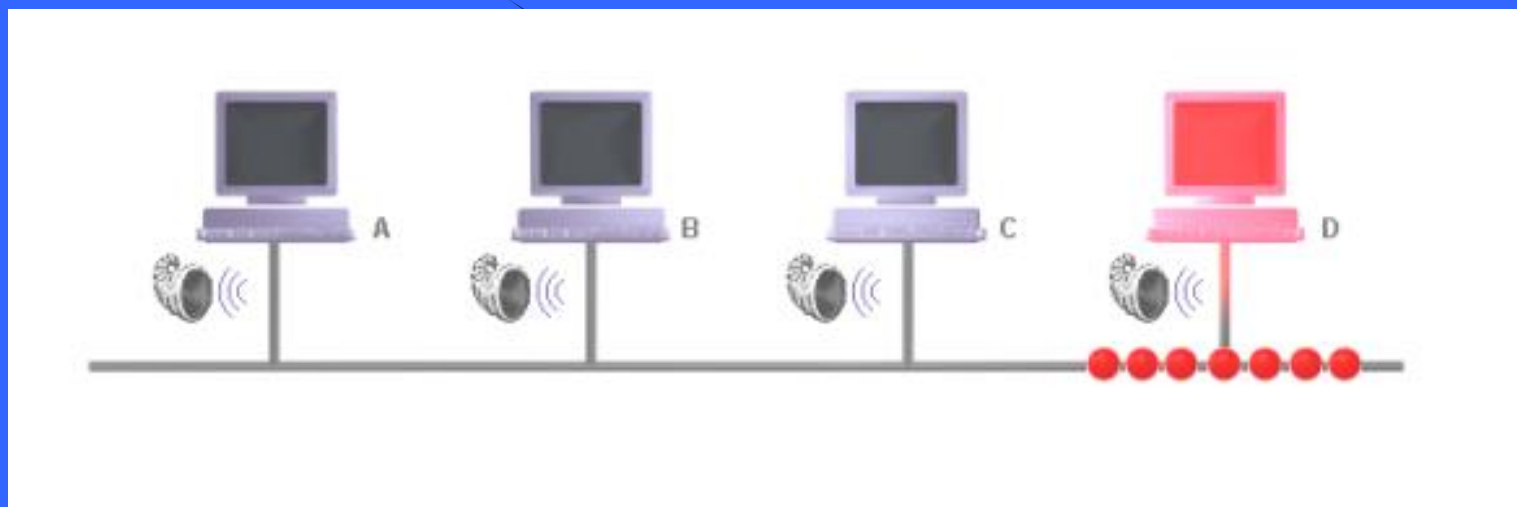


8. Após a detecção as estações encerram a transmissão e iniciam o algoritmo de retransmissão;



# Exemplo do Mecanismo (V)

9. A estação D alocada no primeiro intervalo tem o direito de transmitir, sem a probabilidade de colisão;



10. Após a realização da primeira transmissão depois da colisão, o CSMA/CD é retomado.

# Análise da Colisão

---

- A colisão é um evento que ocorre em uma rede *Ethernet* quando dois nós “falam” simultaneamente no barramento do sistema;
- Até certos limites, colisões não devem ser encaradas de forma negativa. Elas são normais em redes *Ethernet* e geralmente não ocasionam perdas de dados. Seu tratamento é previsto pelo algoritmo do CSMA/CD;
- Existem algumas limitações no processo de detecção de uma colisão. Estão principalmente relacionadas com as distâncias e com o meio físico utilizado.

# Limitações na Detecção

---

## Velocidade de Propagação

---

- Dependendo do meio de transmissão utilizado na camada física, consegue-se atingir maiores ou menores velocidades de propagação de um bit ao longo da rede;
- Dessa forma, tem-se um maior ou menor tempo para um sinal se propagar de um extremo a outro na rede.

# Limitações na Detecção

---

## Atenuação no Meio

---

- A atenuação é outro fator limitante para o distanciamento entre as estações;
- O sinal proveniente de uma estação distante pode colidir com o de outra estação e o sinal ser tão atenuado que impossibilite a percepção da falha pelos nós;
- Solução: *Hubs* inteligentes e repetidores.

# Condição Necessária para Detecção

---

- Para que uma colisão possa ser detectada por uma estação, esta deve ainda estar transmitindo o *frame* (quadro) de dados no momento em que percebe a anomalia do sinal;
- Isso impõe um tamanho mínimo do *data frame* (M) como função da distância entre nós da rede, taxa de transferência (C) e meio de transmissão utilizado.
  - Banda Base:  $M \geq 2 C \cdot t_p$
  - Banda Larga:  $M \geq 4 C \cdot t_p$

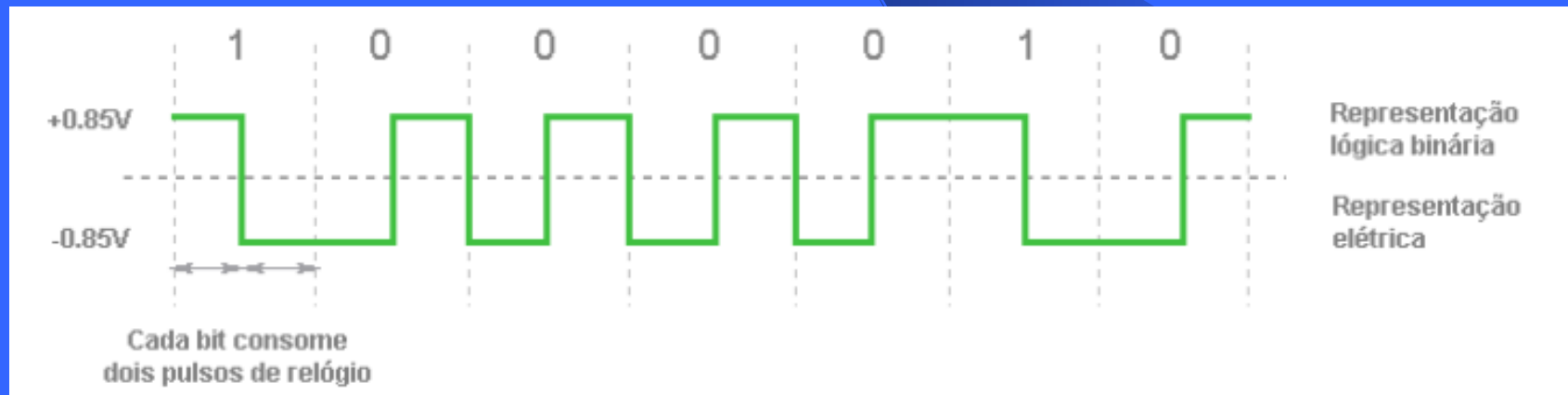
# Tempo de Propagação - $t_p$

---

- Banda Base:  $t_p$  é o tempo que um bit leva para se propagar entre os dois nós mais distantes da rede (pior caso);
- Banda Larga:  $t_p$  é o tempo que um bit leva para se propagar desde a estação mais distante do *headend* até atingir o *headend*.

# III - Especificações Elétricas

- No padrão IEEE 802.3 o sinal é transmitido eletricamente através do meio utilizando o mecanismo de codificação *Manchester*. Cada bit lógico “1” é representado como uma transição do nível elétrico alto (+0,85V) para o nível elétrico baixo (-0,85V). O bit lógico “0” é representado pela transição inversa.





# Codificação *Manchester*

---

- Vantagem: torna desnecessária a transmissão de um sinal de referência de relógio (*clock*). Como cada bit é sempre definido como a transição entre dois níveis, a própria transição serve como referência para amostrar o bit;
- Desvantagem: como cada bit necessita de dois pulsos de relógio para ser representado, a codificação utiliza o dobro da banda que a codificação direta utilizaria.

# IV – Especificações Físicas

---

- Define o tipo de cabeamento utilizado como meio físico de transmissão;
- O padrão IEEE 802.3 definiu uma nomenclatura para cada tipo de cabo utilizado como meio físico de transmissão. A nomenclatura segue o padrão abaixo:

< taxa de transmissão > < técnica de sinalização > < tamanho máximo do segmento x 100 >

- Exemplo: <10BASE5> significa taxa de transmissão 10Mbit/s, técnica de sinalização banda básica e comprimento máximo do cabo de 500m.

# Conceitos Envolvidos

---

- Taxa de Transmissão: Especificada em Mbit/s;
- Técnica de Sinalização:
  - Banda Básica (BASE): sinal transmitido sem modulação. Uma única estação pode acessar o meio de transmissão cada vez;
  - Banda Larga (BROAD): Sinal é modulado. Um mesmo meio pode transmitir vários sinais simultaneamente;
- Tamanho máximo do segmento: Comprimento máximo do cabo sem a necessidade de usar um repetidor.

# Conceitos Envolvidos

---

- **MAU:** unidade de conexão com o meio. Dispositivo responsável por transmitir, receber e detectar a presença de sinais no meio;
- **MDI:** *Medium Dependent Interface*. Dispositivo que efetua a conexão entre o MAU e o meio físico;
- **AUI:** Interface de conexão entre a placa adaptadora e o MAU. O AUI é utilizado quando o MAU está situado externamente à placa adaptadora. Nesse caso o AUI corresponde aos conectores e ao cabo que interconecta a placa adaptadora ao MAU.

# Especificação 10BASE5

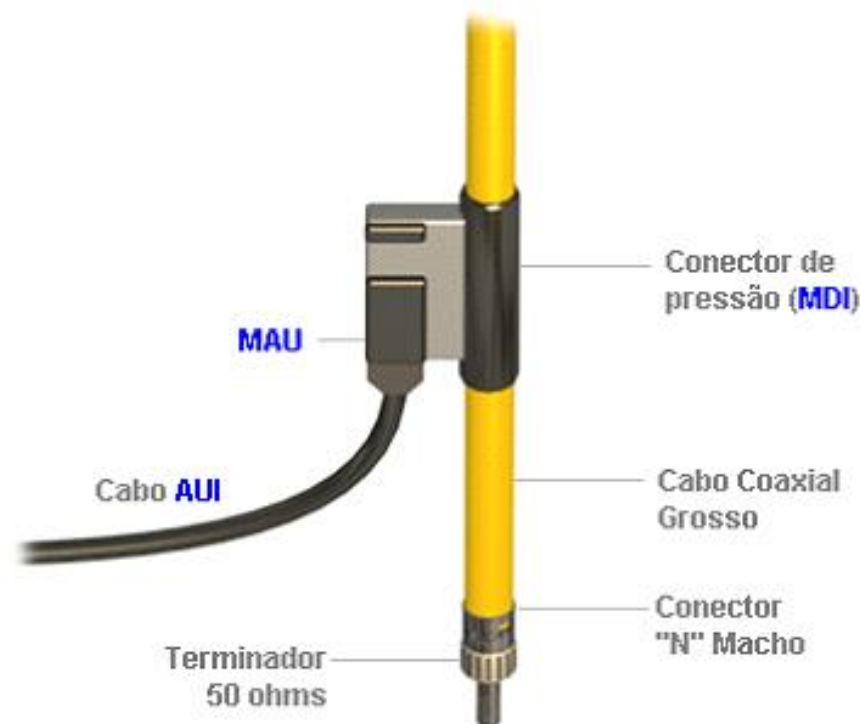
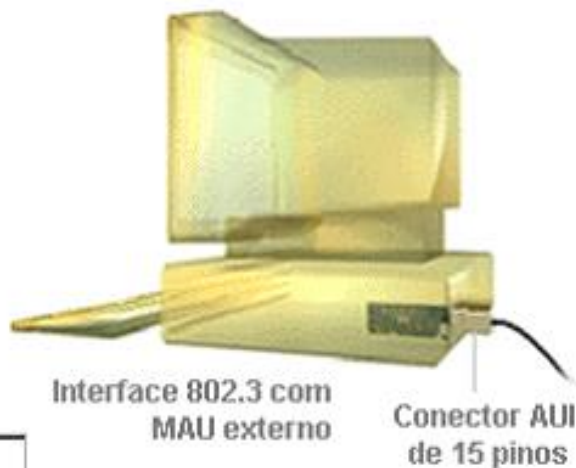
## Conexão de uma estação a uma rede IEEE 802.3 10BASE5

### Descrição:

Cabo coaxial grosso (thick coaxial cable).  
Diâmetro de aproximadamente 1,2 cm.  
Impedância 50 ohms  $\pm$  2 ohms.

### Distância Máxima:

500 metros.  
(a atenuação máxima nesta distância deve ser 9 dB).



10BASE5

# Especificação 10BASE2

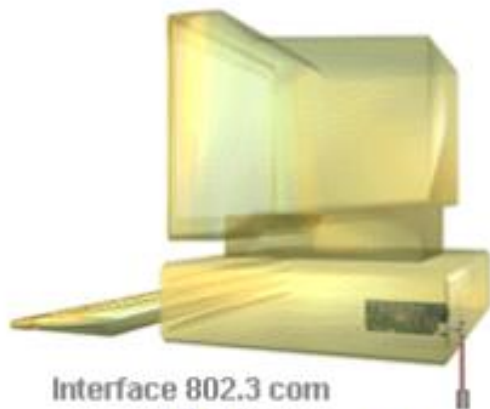
## Conexão de uma estação a uma rede IEEE 802.3 10BASE2

### Descrição:

Cabo coaxial fino (thin-Ethernet ou Cheapernet).  
Diâmetro de aproximadamente 0,5 cm.  
Impedância 50 ohms +/- 2 ohms.

### Distância Máxima:

200 metros.  
(atenuação máxima deve ser 8,5 dB em 185 metros).



Interface 802.3 com  
MAU interno

MDI BNC Fêmea



Cabo Coaxial Fino

10BASE2



# Especificação 10BASE-T

## Ligação de uma estação a IEEE 802.3 10BASE-T

### Descrição:

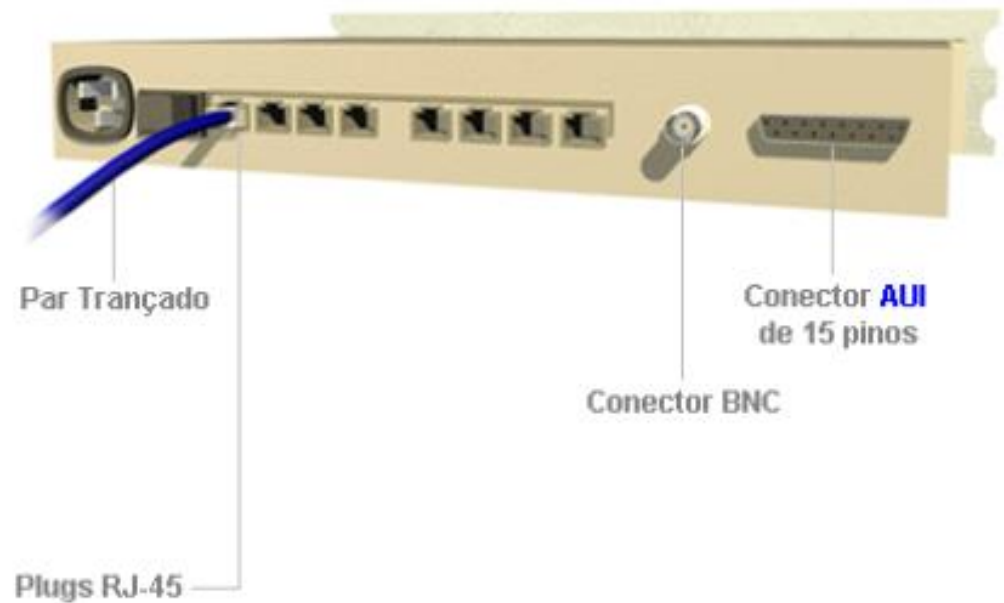
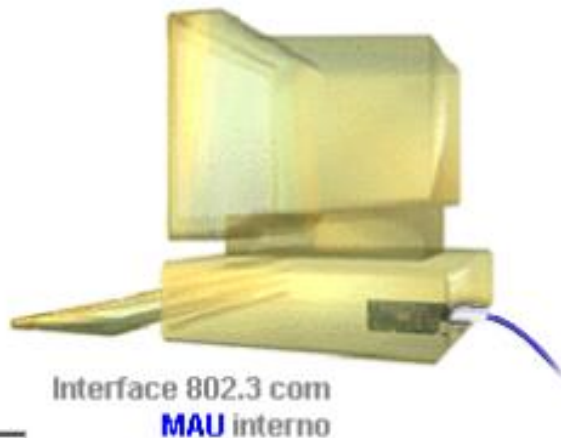
Cabo de par trançado (twisted-pair).

Especificação mínima: UTP (Par Trançado sem Blindagem - Unshielded Twisted Pairs), categoria 3.

### Distância Máxima:

100 metros, a princípio.

A distância pode ser maior ou menor dependendo da qualidade do par trançado.



10BASE-T



# Especificação 10BASE-FP

## Ligação de uma estação à estrela passiva 10BASE-FP

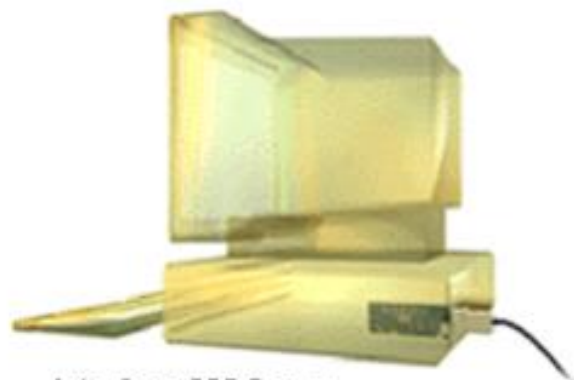
### Descrição:

Cabo de fibra óptica utilizado para conexão de redes do tipo estrela passiva.

Fibra de 62,5/125  $\mu\text{m}$ .

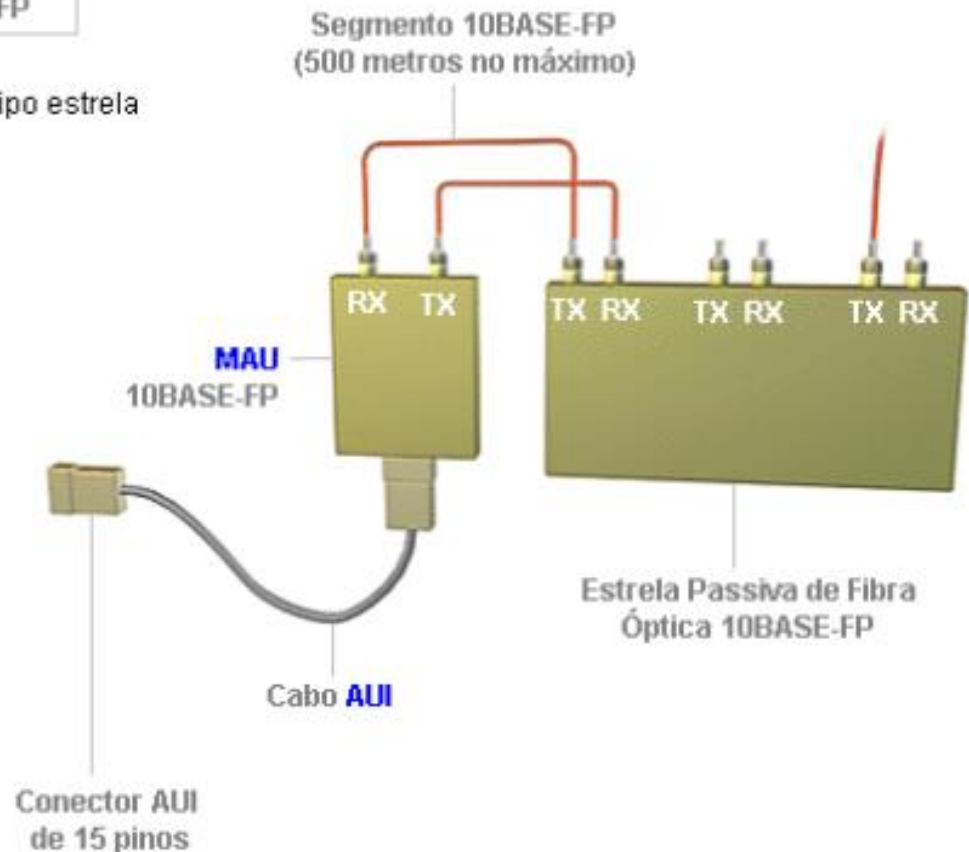
### Distância Máxima:

500 metros.



Interface 802.3 com  
MAU externo

10BASE-FP



# Especificação 10BASE-FL

Ligação de uma estação a um repetidor segundo a especificação 10BASE-FL

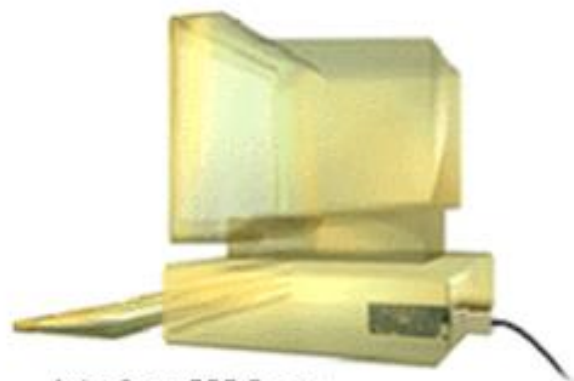
## Descrição:

Cabo de fibra óptica utilizado para interligar uma estação a um repetidor, duas estações ou dois repetidores entre si.

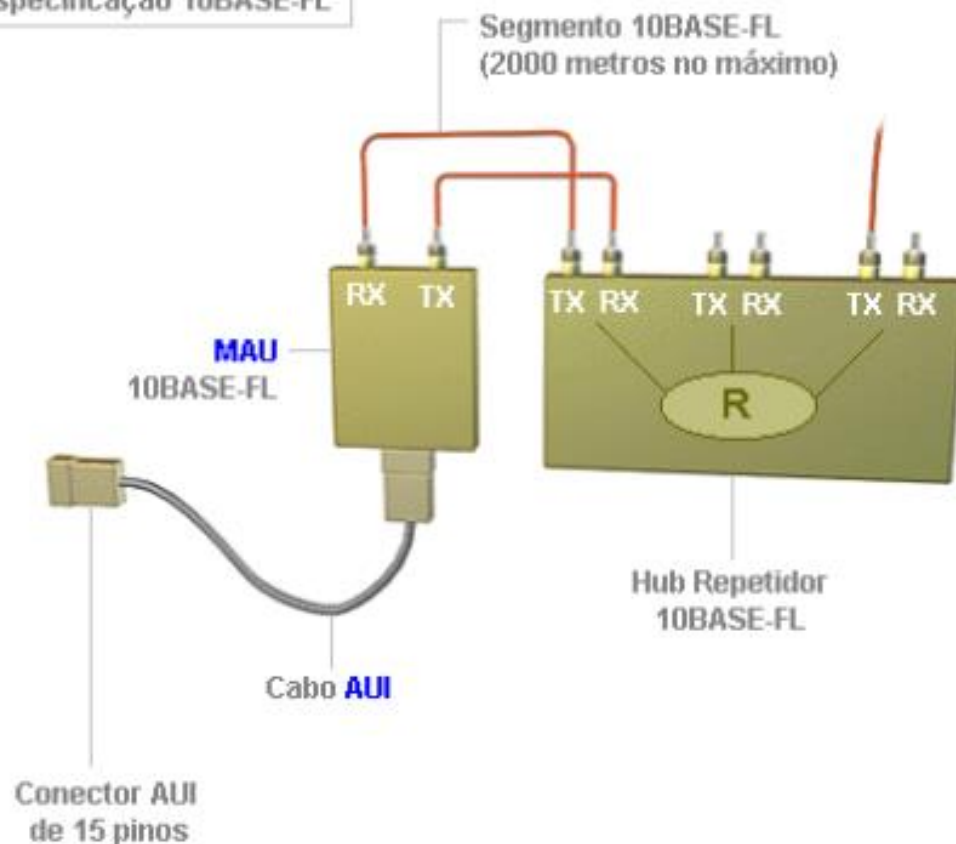
Fibra de 62,5/125  $\mu\text{m}$ .

## Distância Máxima:

2000 metros.



10BASE-FL



# Especificação 10BASE-FB

## Ligação de duas estações segundo a especificação 10BASE-FB

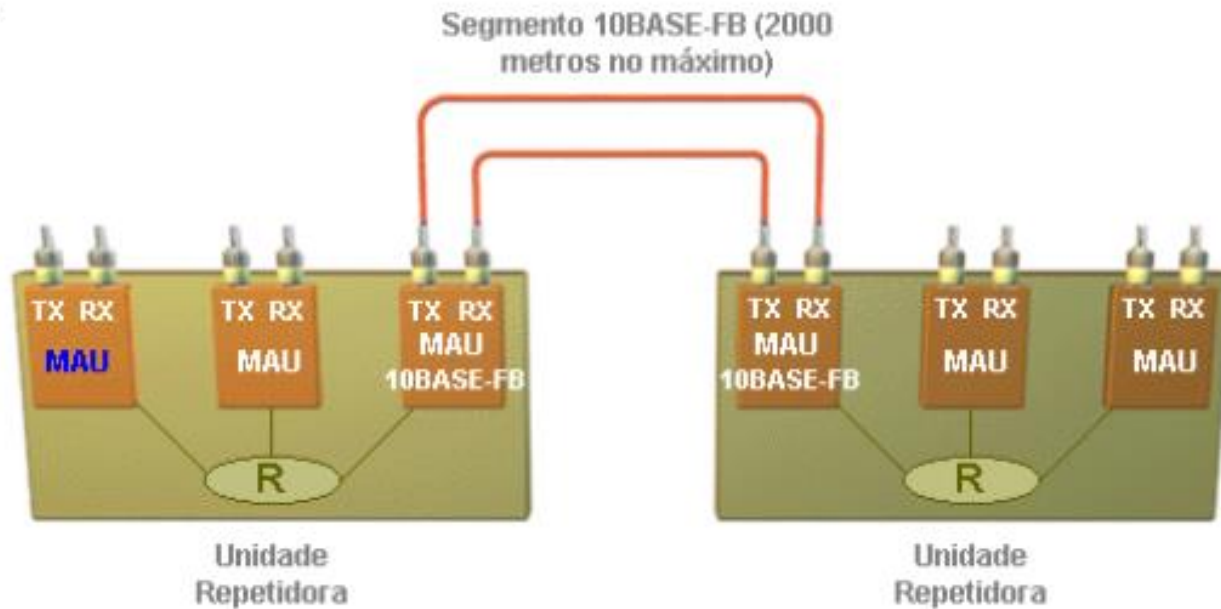
### Descrição:

Cabo de fibra óptica utilizado para redes backbone (interligação de repetidores).

Fibra de 62,5/125  $\mu\text{m}$ .

### Distância Máxima:

2000 metros.



10BASE-FB

# V – Formatação do Quadro

---

- Define como as unidades de protocolo da camada de enlace de dados são estruturadas;
- A função da sub-camada MAC (*Medium Access Control*) é fornecer maneiras de controlar o acesso ao meio de transmissão para um uso ordenado e eficiente desta capacidade;
- A sub-camada MAC recebe um bloco de dados da sub-camada imediatamente superior, a LLC (*Logical Link Control*).

# Formato do Quadro MAC (IEEE 802.3)



- A MAC implementa suas funções fazendo uso de um PDU (*Protocol Data Unit*), este PDU é referido como um MAC *frame* (quadro).

# Elementos do Quadro

---

- **Preâmbulo:** 7 *bytes* iguais a “10101010”;
- **SFD:** Marca o início do quadro, “10101011”;
- **Endereço MAC Destinatário:** 6 *bytes* que identificam o receptor;
- **Endereço MAC Remetente:** 6 *bytes* que identificam o transmissor;
- **Comprimento:** Comprimento do campo de dados;
- **Dados:** informações passadas pela LLC;
- **FCS:** Verificador de redundância cíclica (CRC).



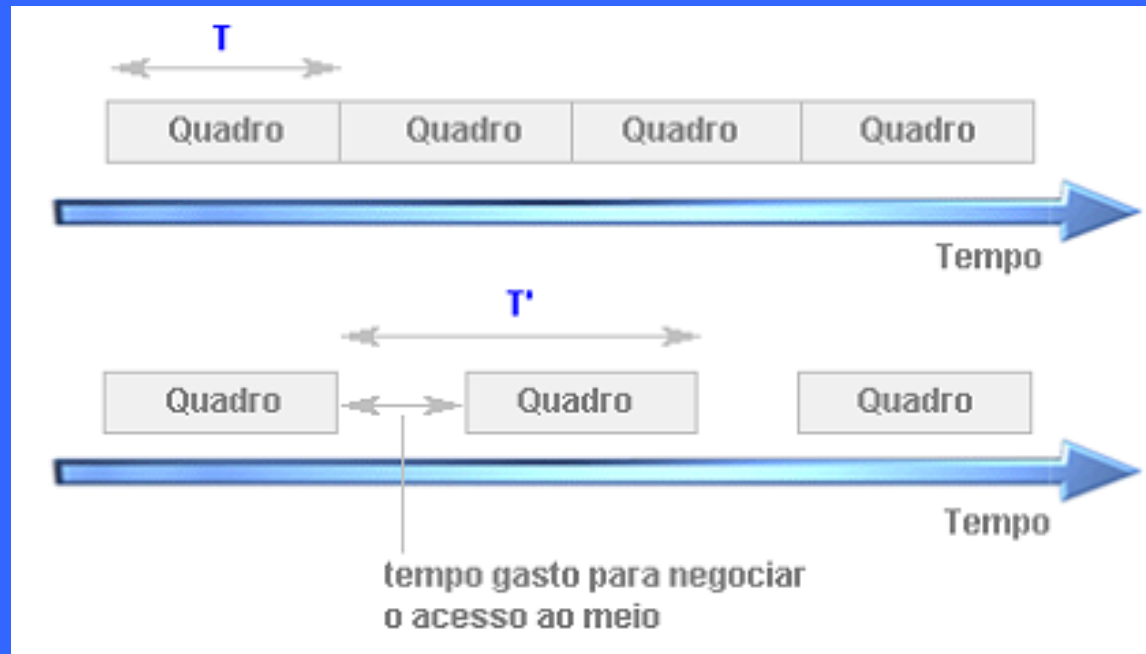
# VI – Desempenho do Protocolo

---

- Indica a capacidade da tecnologia para aproveitar ao máximo o potencial do meio de transmissão;
- O padrão IEEE 802.3 especifica taxas nominais de transmissão variando entre 1 e 10Mbit/s. Na prática, devido ao tempo gasto pela estação para acessar o meio, a taxa efetiva de transmissão é sempre inferior à taxa nominal;
- Para utilizar a máxima capacidade do meio os quadros precisam ser transmitidos sem nenhum intervalo de tempo entre eles.



# Situação Prática



- Na prática isto é impossível, pois para cada quadro transmitido, um certo tempo é perdido para que as estações negociem quem tem direito de acessar o meio.

# Fatores Envolvidos

---

- Fatores que influenciam no desempenho do protocolo:
  - Número de estações conectadas no barramento;
  - Tamanho de cada quadro;
  - Velocidade de propagação do meio;
  - Volume de informações trocadas;
  - Distâncias máximas entre as estações.

• Desempenho ( $\rho$ ) pode ser definido como:

$$\rho = \frac{T}{T'} \leq 1$$

# Procedimento de Cálculo

---

$$\rho = \frac{1}{1 + 6,44 \frac{L.Cn}{Vp.I}} \leq 1$$

- **L** → Distância máxima entre as estações;
- **Vp** → Velocidade de propagação no meio (aproximadamente 200 mil Km/s no cobre);
- **I** → Tamanho médio dos quadros;
- **Cn** → Taxa nominal de transmissão.

# Exemplos de Desempenho

$L = 200\text{m}$  ;  $V_p = 200\text{mil Km/s}$  ;  
 $I = 256\text{ Bytes}$

Cn (Mbit/s)	$\rho$ (%)
1	100
5	98
10	97

$L = 1000\text{m}$  ;  $V_p = 200\text{mil Km/s}$  ;  
 $I = 512\text{ Bytes}$

Cn (Mbit/s)	$\rho$ (%)
1	99
5	96
10	92

$L = 3000\text{m}$  ;  $V_p = 200\text{mil Km/s}$  ;  
 $I = 256\text{ Bytes}$

Cn (Mbit/s)	$\rho$ (%)
1	95
5	80
10	67

$L = 3000\text{m}$  ;  $V_p = 200\text{mil Km/s}$  ;  
 $I = 512\text{ Bytes}$

Cn (Mbit/s)	$\rho$ (%)
1	98
5	89
10	80

# Exemplos de Desempenho (II)

$L = 10000\text{m}$  ;  $V_p = 200\text{mil Km/s}$  ;  
 $I = 256\text{ Bytes}$

Cn (Mbit/s)	$\rho$ (%)
1	86
5	55
10	38

$L = 10000\text{m}$  ;  $V_p = 200\text{mil Km/s}$  ;  
 $I = 512\text{ Bytes}$

Cn (Mbit/s)	$\rho$ (%)
1	92
5	71
10	55

$L = 5000\text{m}$  ;  $V_p = 200\text{mil Km/s}$  ;  
 $I = 64\text{ Bytes}$

Cn (Mbit/s)	$\rho$ (%)
1	75
5	38
10	23

$L = 5000\text{m}$  ;  $V_p = 200\text{mil Km/s}$  ;  
 $I = 1024\text{ Bytes}$

Cn (Mbit/s)	$\rho$ (%)
1	98
5	91
10	83

# Problemas com a Eficiência

---

- Com o aumento do tráfego, a probabilidade de colisões cresce rapidamente provocando uma grande redução na eficiência de utilização do meio físico;
- O esquema não é capaz de garantir um retardo de transferência máximo. Não é recomendável para sistemas em que uma resposta rápida do sistema seja imprescindível (Sistemas em Tempo Real).



# VII - Extensões do Padrão Ethernet

---

- Tecnologias derivadas do padrão *Ethernet* (IEEE 802.3) que permitem trabalhar com taxas nominais de transmissão superiores a 10Mbit/s;
- A demanda crescente por mais vazão na rede, fez com que novos padrões surgissem para suportar maiores taxas de transmissão;
- Alguns desses novos padrões são extensões feitas ao padrão *Ethernet* em topologias baseadas em concentradores (ou *hubs*).

# Princípio

---

- Consiste em aumentar a taxa de transmissão, reaproveitando, ao máximo, a infra-estrutura dos meios físicos de transmissão. As novas tecnologias propõem também substituir os concentradores tradicionais por dispositivos mais sofisticados, conhecidos como *Switches-Ethernet*.
- *Fast-Ethernet* (IEEE 802.3U) – 100 Mbit/s
- *Gigabit-Ethernet* (IEEE 802.3Z) – 1000 Mbit/s

# ***Fast-Ethernet***

---

- O *Fast-Ethernet* mantém basicamente os protocolos da tecnologia *Ethernet*, mas estende a taxa nominal de transmissão a 100Mbit/s. Os seguintes meios físicos são suportados pela tecnologia:

- **100BASE-T4** : Cabo UTP, categoria 3;
- **100BASE-TX** : Cabo UTP (5) ou STP;
- **100BASE-FX** : Cabo de fibra óptica.

# ***Gigabit-Ethernet***

---

- O termo *Gigabit-Ethernet* (IEEE 802.3Z) é dado a tecnologia emergente para construção de redes com taxas nominais de transmissão de 1000Mbit/s;
- Objetivo: permitir taxas de comunicação mais elevadas, sem grandes alterações na infra-estrutura;
- Prevê a compatibilidade com meios físicos de transmissão baseados em cabos UTP categoria 5 (sob a nova denominação de 1000BASE-T);
- Criação de novos padrões para os meios físicos de transmissão baseados em fibra óptica e cobre.

# ***Gigabit-Ethernet (II)***

---

- Pode operar em *Full* ou *Half-Duplex*. Adota o CSMA/CD somente em *Half-Duplex*;
- O CSMA/CD foi melhorado pois os pacotes poderiam completar a transmissão antes que a estação detectasse o erro;
- Solução: aumentar o tamanho mínimo dos pacotes para 512 bytes;
- Para não alterar a performance dos pequenos pacotes, criou-se o *packet bursting*;
- Tecnologias anteriores podem migrar diretamente.

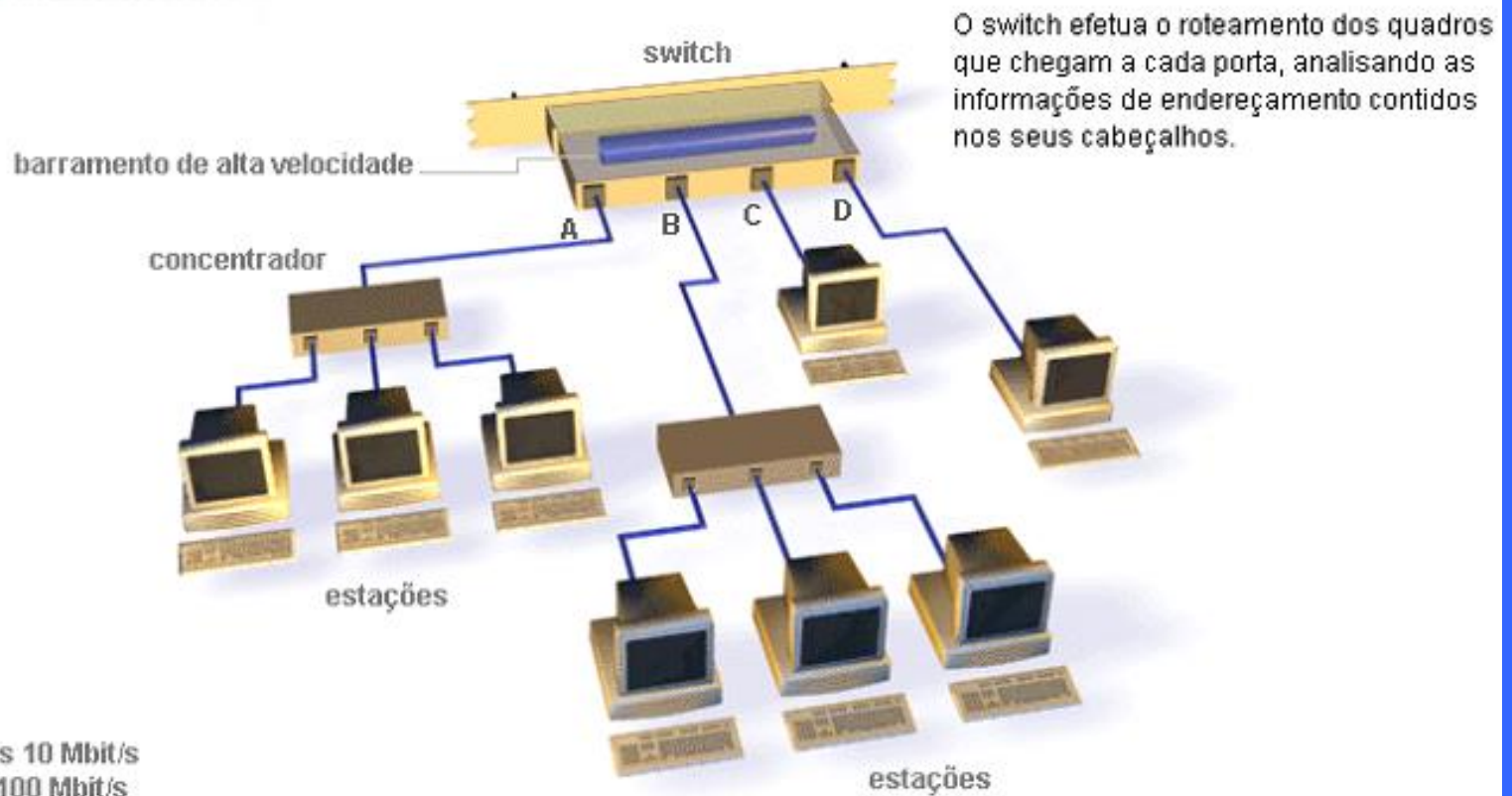
# *Switches-Ethernet*

---

- Quando o número de estações é muito grande, as redes baseadas no padrão *Ethernet* apresentam uma grande queda de desempenho. Nessas condições, a taxa de colisões e retransmissões é muito elevada, fazendo com que a eficiência da rede seja bastante reduzida;
- Para permitir a interconexão de um grande número de estações com um bom desempenho, foram desenvolvidos dispositivos especiais denominados *Switches-Ethernet*.



# Esquema de Rede

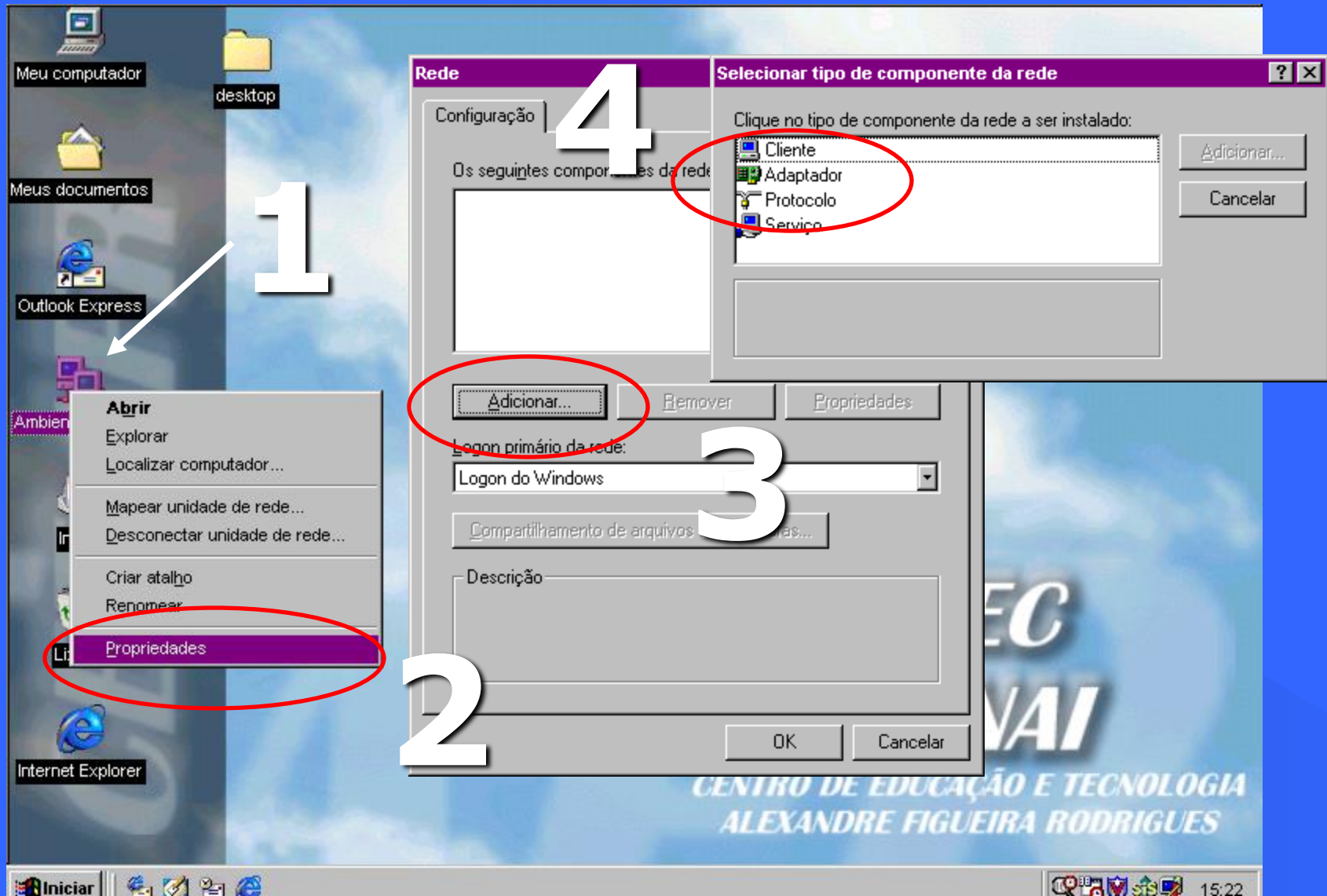


# Bibliografia e Referências

---

- Stallings, W. *Data and Computer Communications. 5th Ed.* Prentice Hall , 1997.
- Soares, Luiz F. e outros. *Redes de Computadores.* Segunda edição. Editora Campus, 1995.
- Tanenbaum, *Redes de Computadores.* Quarta edição. Editora Campus.
- <http://wwwhost.ots.utexas.edu/ethernet>
- <http://www.it.kth.se/~waseem/csma.html>

# Instalando uma Rede



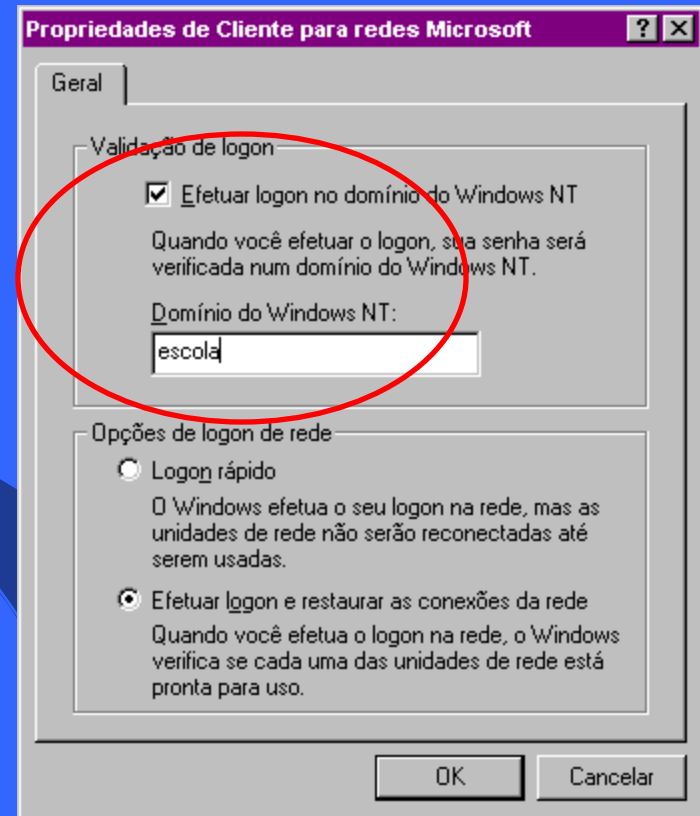
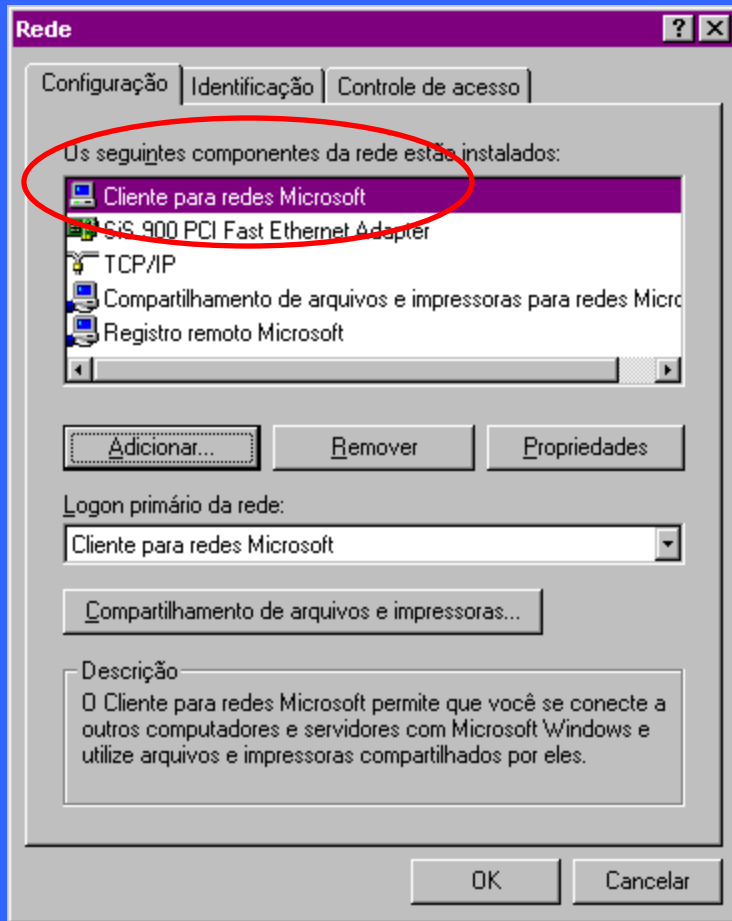
# Tipos de Protocolos

---

TCP IP/ IPX/ Net beui

A decorative dark blue curved shape, resembling a quarter-circle or a stylized arrow, is positioned in the lower right quadrant of the slide.


# Cliente



# Identificação do Micro

**Rede** [?] [X]

Configuração | **Identificação** | Controle de acesso

 O Windows usa as informações a seguir para identificar seu computador na rede. Digite o nome, o grupo de trabalho em que aparecerá e uma breve descrição do computador.

Nome do computador:

Grupo de trabalho:

Descrição do computador:

OK Cancelar

**Rede** [?] [X]

Configuração | Identificação | **Controle de acesso**

Controlar acesso aos recursos compartilhados utilizando:

☐ Controle de acesso em nível de compartilhamento  
Permite que você forneça uma senha para cada recurso compartilhado.

☒ Controle de acesso em nível de usuário  
Permite que você especifique usuários e grupos que têm acesso a cada recurso compartilhado.

Obter lista de grupos e usuários de:

OK Cancelar



# Tipos de Protocolos

---



# Tipos de Protocolos

---

- 1. Por que o desempenho do swicth é melhor que o hub?**
- 2. Qual a diferença entre a Ethernet, Fast-Ethernet e Gigabit-Ethernet (velocidade, equipamento, tecnologia)?**
- 3. Descreva quando ocorrem colisões em sua rede. Como evitar (3 pontos).**
- 4. Diferença de banda base para banda Larga.**
- 5. Indique 5 diferenças entre 10base5 e 100base-T4.**