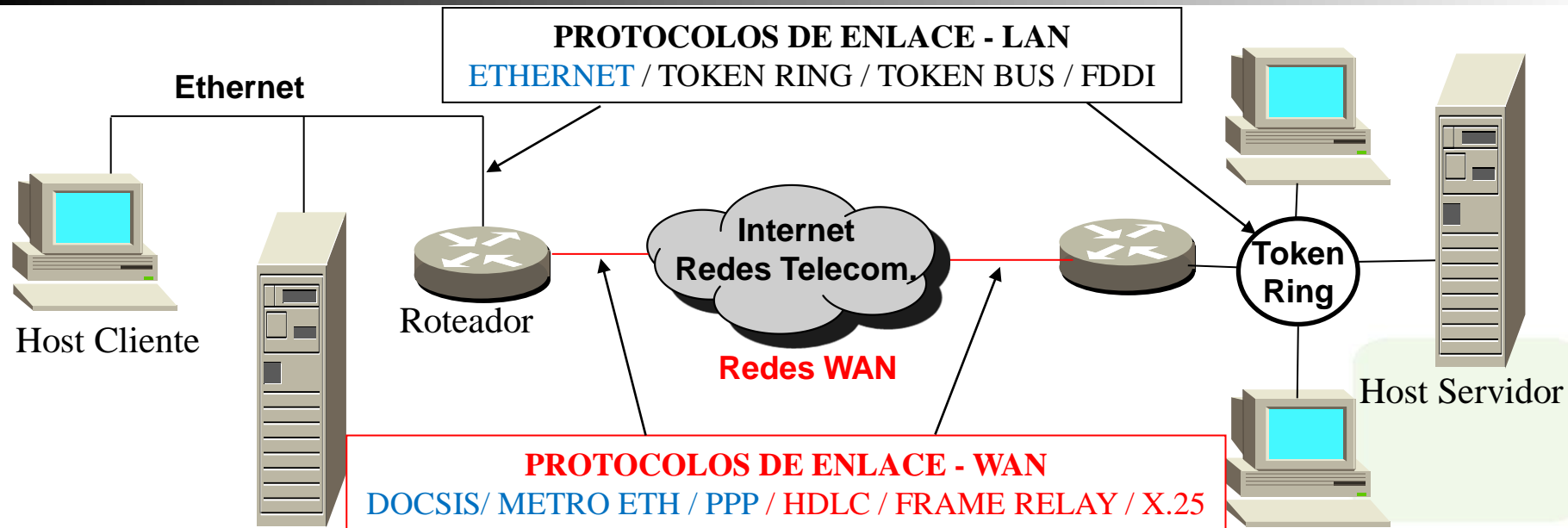


**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
RIO GRANDE DO NORTE



Camada de Enlace de Rede



Características	LAN	WAN
Abrangência	Pequena (Prédio, Campus)	Grande (Longas distâncias)
Velocidade acesso	"Alta"	"Baixa"
Conectividade	Local	Distante – Op. de Telecom.
Administração	Privada	Centralizada (Regulamentada)

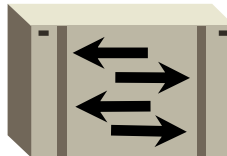
Dispositivos de LAN:



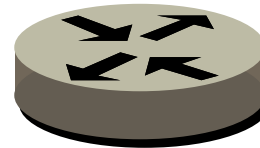
Hub



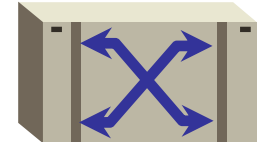
Bridge



Switch
Ethernet



Router IP



Switch
L3

Dispositivos de WAN:



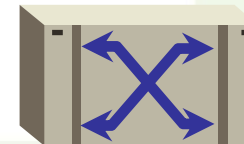
Modem
CSU/DSU



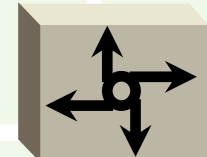
X.25 or
Frame Relay
Switch



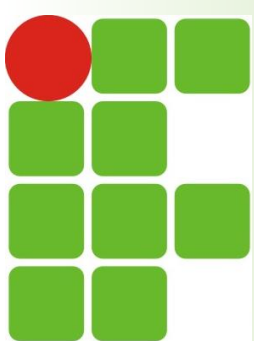
Router IP



Switch
L3

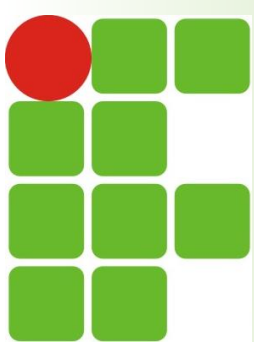


Redes
Telecom



Camada Interface de Rede

Aplicação	HTTP(80) SSH(22) FTP(21/20) TELNET(23) SMTP(25) POP3(110) IMAP(143) DNS(53) DHCP(67/68) TFTP(69) SNMP(161/162) RIP (520) BGP(179)	
Transporte	TCP(6)	UDP(17)
Internet/Rede	ICMP(1)/ IGMP(2) IP(0x800)	
Int. Rede/Enlace	ARP/RARP(0x806/0x835) LAN: ETH TR FDDI WAN: PPP HDLC X.25 FR	
Físico	RS232 V35 V21 ETH ISDN	



Padrões Físicos e de Enlace

OSI

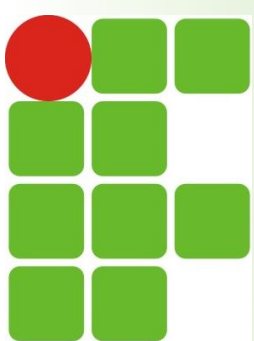
Data Link (frames)
Physical (bits, signals, clocking)

LAN

E t h e r n e t I	IEEE 802.2		
	L L C		
	M	A	C
	8 0 2 . 3	8 0 2 . 5	8 0 2 . 6

WAN

Dial on Demand	SDLC	HDLC	X.25 Frame Relay	ISDN PPP
V.24 EIA/TIA-232 V.35 RJ 45 G.703 EIA-530				

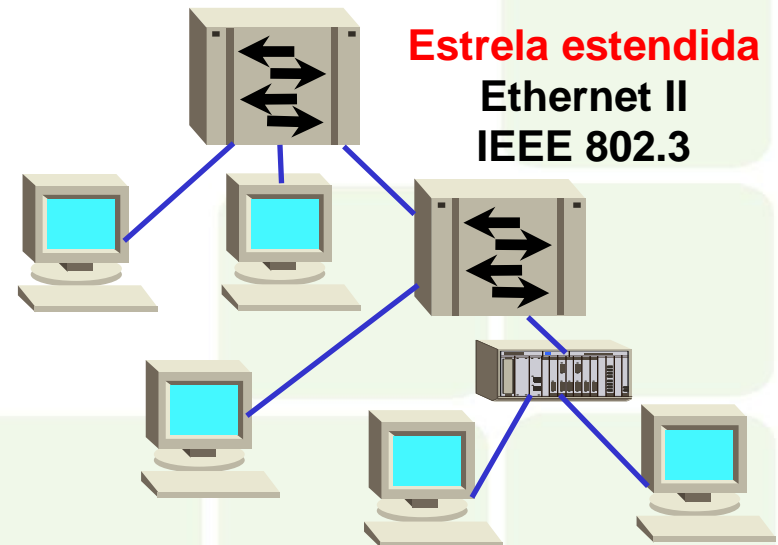
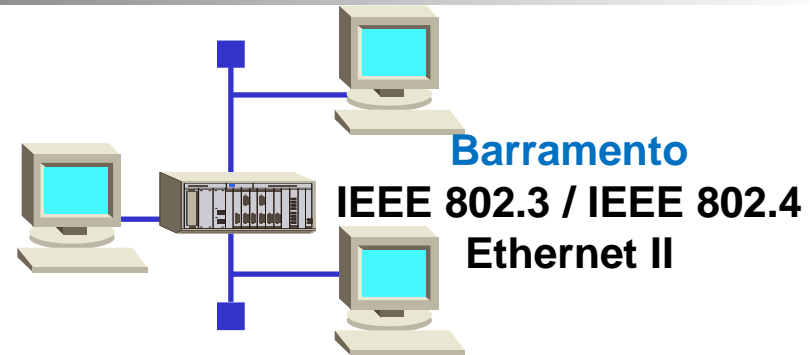
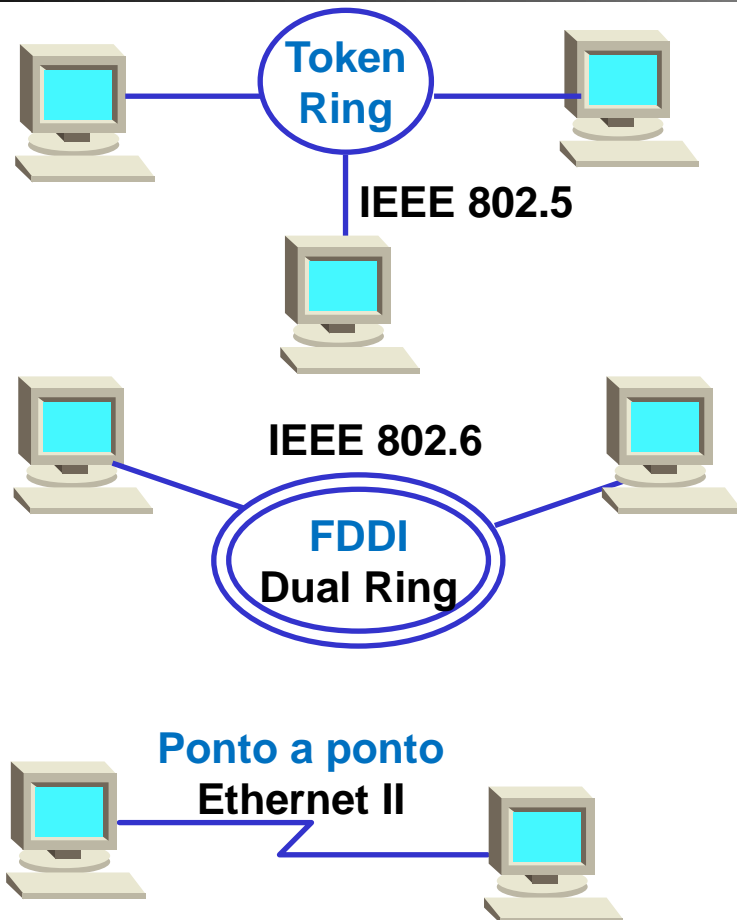


Subcamadas de Enlace

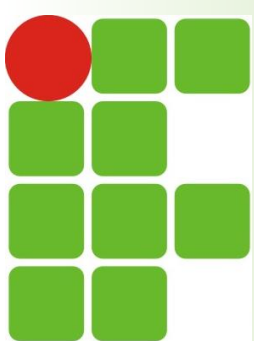
- Funções:
 - Dividir os dados em QUADROS (FRAMES);
 - Prover o transporte dos QUADROS ao longo do meio físico (met./óptico) ou rádio;
 - Permitir/controlar o acesso a um meio **compartilhado (Ethernet half-duplex)**;
 - Transformar o meio físico de comunicação numa linha livre de erros;
 - Verificar QUADRO com erro e **descartá-lo** ou corrigi-lo;
 - Pode oferecer:
 - Controle de fluxo;
 - Links orientados ou **não-orientados a conexão**;

LANs

Topologias



QUADROS são passados entre dispositivos diretamente conectados



LANs

Formato dos QUADROS

SNAP (Protocolo de Sub-rede de Acesso)

AA	AA	03	OUI ₃	protocolo ₂	dados
802.2 LLC					
DSAP ₁	SSAP ₁	CTRL ₁	Dados da camada superior _{>0}		

IEEE 802.6 / FDDI

preâmbulo ₁₆	SD ₂	FC ₂	DA ₁₂	SA ₁₂	802.2 LLC	FCS ₈	ED ₂	FS ₂
-------------------------	-----------------	-----------------	------------------	------------------	-----------	------------------	-----------------	-----------------

IEEE 802.5 / Token Ring

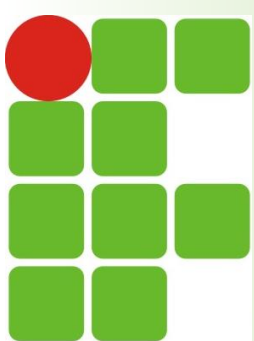
SD ₁	AC ₁	FC ₁	DA ₆	SA ₆	802.2 LLC	FCS ₄	ED ₁	FS ₁
-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------	------------------	-----------------	-----------------

IEEE 802.3

preâmbulo ₈	DA ₆	SA ₆	tamanho ₂	802.2 LLC	FCS ₄
------------------------	-----------------	-----------------	----------------------	-----------	------------------

Ethernet II

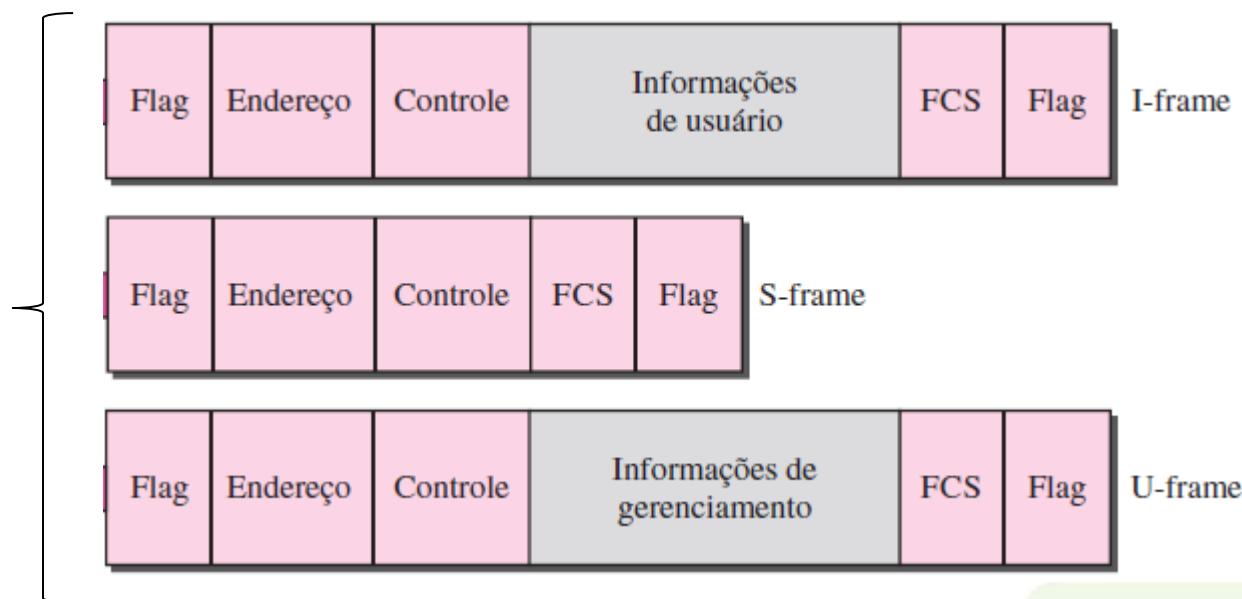
preâmbulo ₈	DA ₆	SA ₆	tipo ₂	dados	FCS ₄
------------------------	-----------------	-----------------	-------------------	-------	------------------



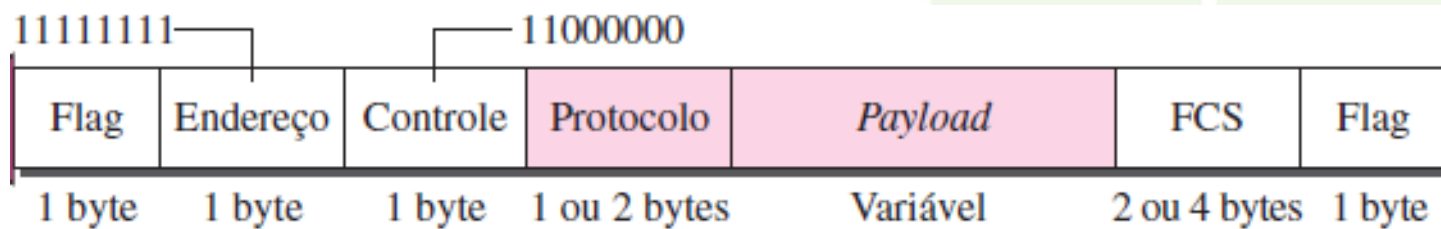
WANs

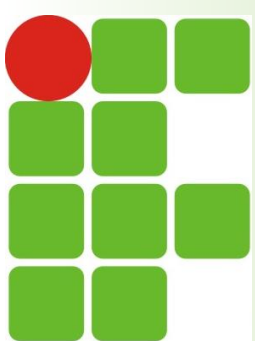
Formato dos QUADROS

HDLC

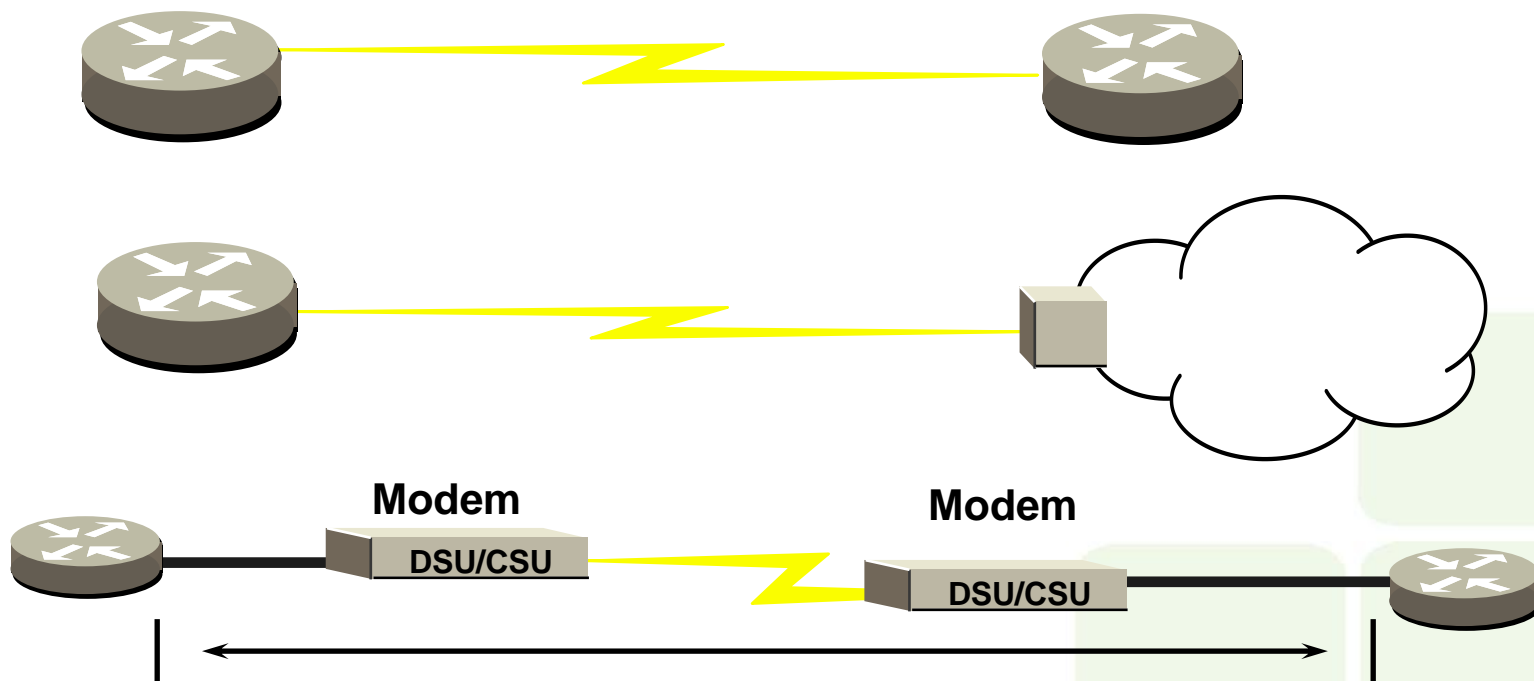


PPP





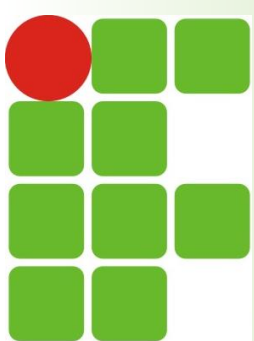
WAN Topologias



Topologia: **Ponto a ponto**

Meios: **Metálico / Óptico / Rádio**

Protocolos: **DOCSIS / Metro Ethernet / PPP / HDLC / Frame Relay / X.25**



WAN

Protocolos de Enlace

HDLC -- High-level Data Link Control

Protocolo de enlace para **links WAN confiáveis**

LAPB -- Link Access Protocol, Balanced

Enlace DTE-to-DCE para X.25 (**Redes de Telecom. com baixa qualidade**)

Frame Relay -- Simplified version of HDLC

Opera em mais altas velocidades, uso de redes públicas de telefonia

PPP -- Point-to-Point Protocol

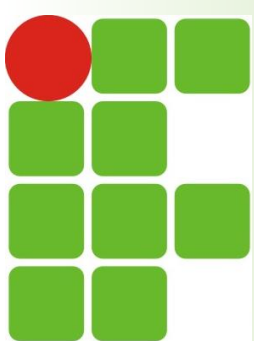
Padrão de *facto* para *links* WAN de baixa velocidade sobre rede telefônica (xDSL - Digital Subscriber Line ou Linha Digital de Assinante).

DOCSIS -- Data Over Cable Service Interface Specification

Padrão para *links* em Redes HFC – Hybrid Fiber Coax.

METRO ETHERNET

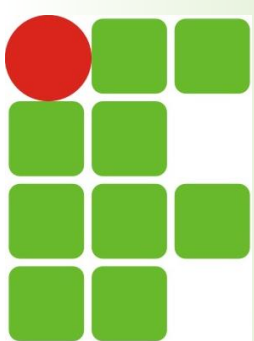
Padrão para Redes Metropolitanas (MANs) operando sobre Redes Óticas.



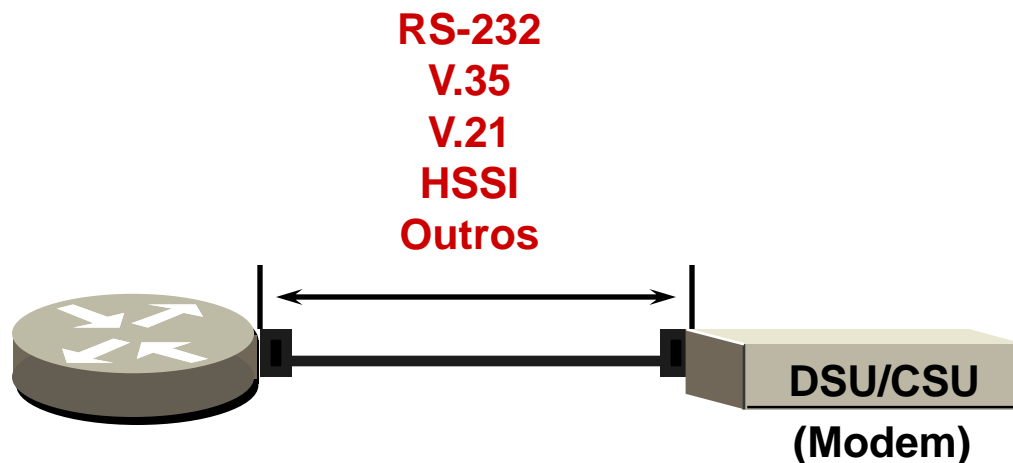
Camada Física

Funções

- Responsável pela transmissão dos bits através do canal de comunicação;
- Especifica:
 - A representação dos bits (níveis de voltagens, duração dos bits, codificação – transições zeros/uns);
 - Forma e nível dos pulsos ópticos;
 - Mecânica dos conectores;
 - Função de cada circuito do conector;
 - O meio físico:
 - Par trançado UTP Cat5e, Cat6, Cat6A, Cat7;
 - Fibras ópticas Multimodo ou Monomodo;
 - Cabo coaxial;
 - *Wireless* (microondas);
 - A codificação dos bits melhora a **confiabilidade** do meio, a recuperação do **sincronismo** (clock) e está relacionado a **velocidade** de transmissão:
 - NRZ – Non Return to Zero;
 - HDB3
 - AMI – Alternated Mark Inversion;
 - Manchester – Usado na Ethernet.



Camada Física Interfaces



DTE

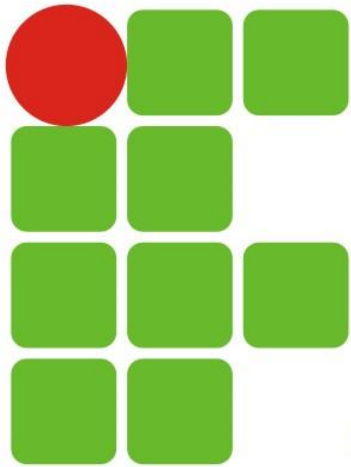
Data Terminal Equipment
Lado do dispositivo do
usuário em um link WAN

Outros:

V.24: Comunicação PC e modem telefônico;
G.703: conexão E1/T1;
EIA/TIA-449

DCE

Data Circuit-terminating Equipment
Lado do dispositivo da
TELECOM em um link WAN (**clock**)



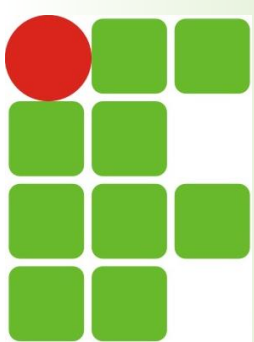
**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
RIO GRANDE DO NORTE



LAN

Tecnologias Ethernet / IEEE 802.3

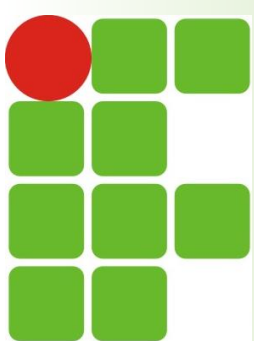
Visão Geral



Ethernet / IEEE 802.3

Introdução

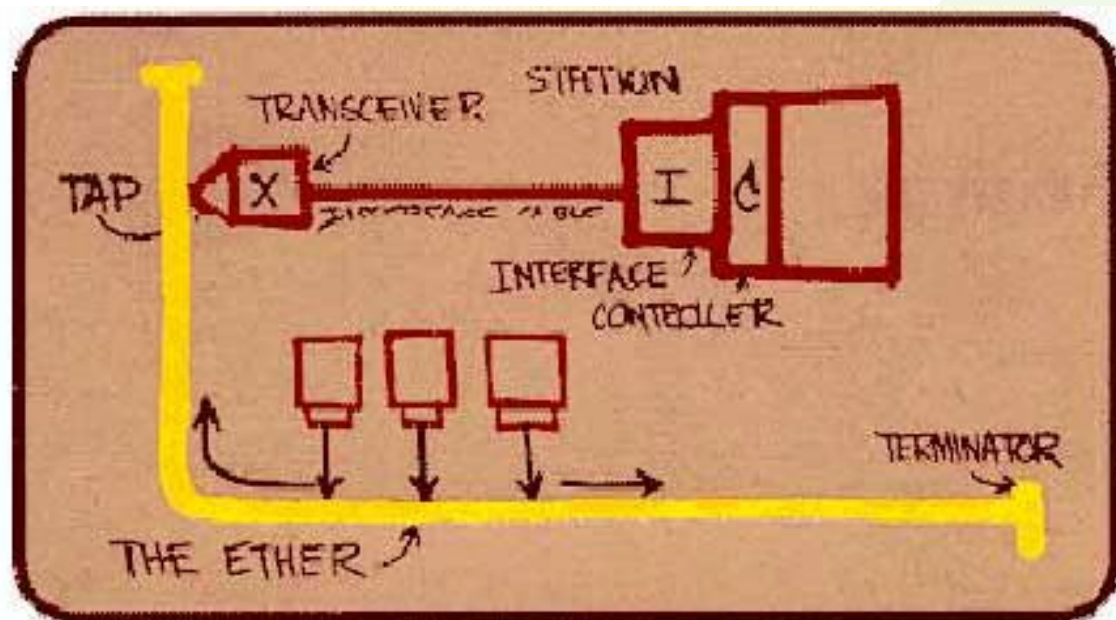
- O padrão Ethernet surgiu em 1972 nos laboratórios da Xerox (PARC - Palo Alto Research Center) com Robert Metcalfe
- Tratava-se de uma rede onde todas as estações compartilhavam o mesmo meio de transmissão. **Um cabo coaxial**
- A configuração utilizada para esta conexão foi a de barramento e utilizava uma taxa de transmissão de 2,94 Mbps

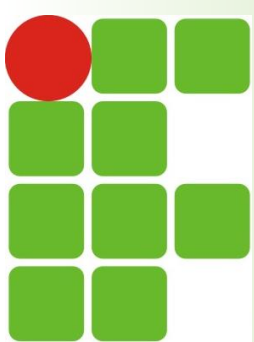


Ethernet / IEEE 802.3

Introdução

- Robert Metcalfe optou pela palavra “ether” de maneira a descrever uma característica imprescindível do sistema: o meio físico era preenchido totalmente pelos bits para levar o sinal a todas as estações

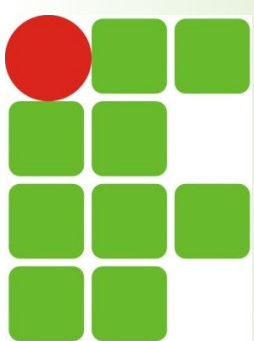




Ethernet / IEEE 802.3

Introdução

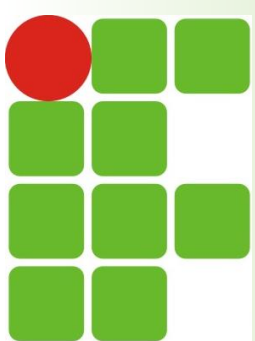
- A falta de padronização dificultava o progresso das pesquisas e a venda de equipamentos
- Com o intuito de resolver este problema foi homologado ao IEEE - *Institute of Electrical and Electronic Engineers*, em 1980, a responsabilidade de criar e administrar a padronização da Ethernet
- Desde a sua regulamentação pelo IEEE suas especificações foram totalmente disponibilizadas



Ethernet / IEEE 802.3

Introdução

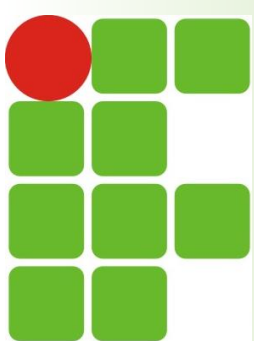
- Esta padronização combinada com a facilidade na utilização e com sua robustez, resultou no largo emprego desta tecnologia em Redes de Computadores:
 - Alta penetração no mercado
 - Alto grau de interoperabilidade
- Evoluiu ao longo de quatro gerações:
 - **Ethernet-padrão / IEEE 802.3** (10 Mbps)
 - **Fast Ethernet / IEEE 802.3u** (100 Mbps)
 - **Gigabit Ethernet / IEEE 802.3ab** (1 Gbps)
 - **10 Gigabit Ethernet / IEEE 802.3ae** (10 Gbps)



Ethernet / IEEE 802.3

Introdução

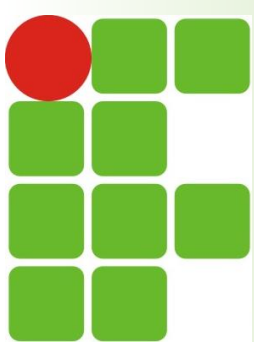
- A tecnologia, basicamente, consiste de três elementos:
 - O meio físico
 - As regras de controle de acesso ao meio
 - O Quadro (Frame) Ethernet



Ethernet / IEEE 802.3

Introdução

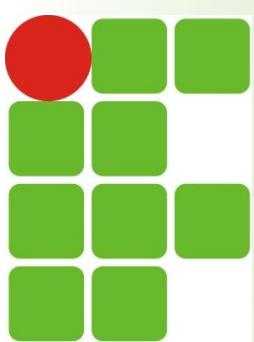
- Os **modos de transmissão** são características importantes, podendo ser:
 - **Half-duplex:** cada estação transmite ou recebe informações, não acontecendo transmissão simultânea
 - **Full-duplex:** cada estação transmite e/ou recebe, podendo ocorrer transmissões simultâneas



Ethernet / IEEE 802.3

Introdução

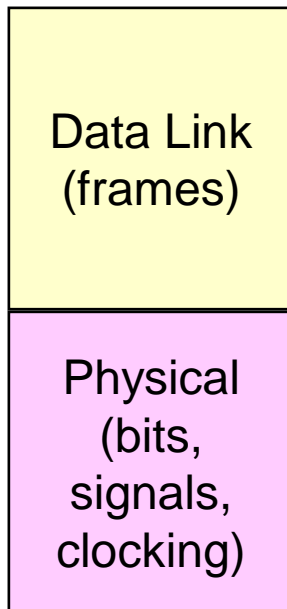
- Em sua implementação original, o algoritmo de acesso **CSMA/CD** (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect*) controla o acesso a um **meio compartilhado** utilizando **cabo coaxial**, operando no modo **half-duplex**
- É um padrão que define a operação da LAN nas camadas física e de enlace do modelo OSI



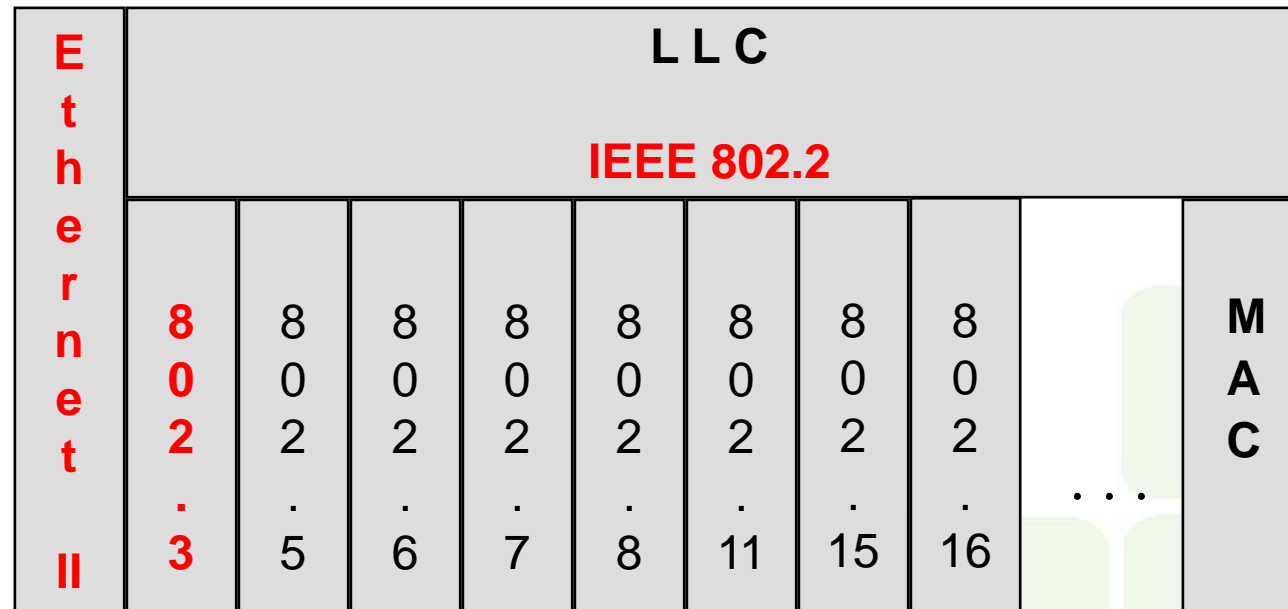
Ethernet / IEEE 802.3

Padrões Físicos e de Enlace

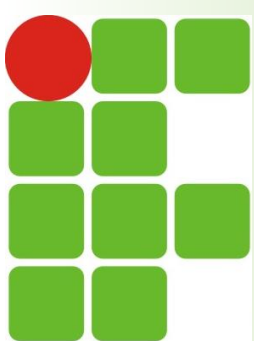
OSI



LAN



LLC - Logical Link Control
MAC - Media Access Control



Ethernet / IEEE 802.3

Introdução

- Em sua implementação original, o algoritmo de acesso **CSMA/CD** (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect*) controla o acesso a um **meio compartilhado** utilizando **cabo coaxial**, operando no modo **half-duplex**
- É um padrão que define a operação da LAN nas camadas física e de enlace do modelo OSI

Ethernet / IEEE 802

Formato de QUADROS

SNAP (Protocolo de Sub-rede de Acesso)

AA	AA	03	OUI ₃	protocolo ₂	dados
----	----	----	------------------	------------------------	-------

802.2 LLC

DSAP ₁	SSAP ₁	CTRL ₁	Dados da camada superior _{>0}
-------------------	-------------------	-------------------	---

IEEE 802.6 / FDDI

preâmbulo ₁₆	SD ₂	FC ₂	DA ₁₂	SA ₁₂	802.2 LLC	FCS ₈	ED ₂	FS ₂
-------------------------	-----------------	-----------------	------------------	------------------	-----------	------------------	-----------------	-----------------

IEEE 802.5 / Token Ring

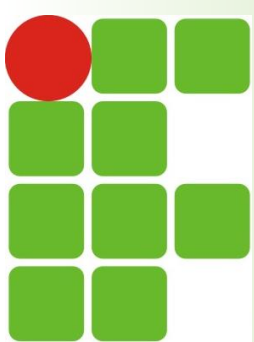
SD ₁	AC ₁	FC ₁	DA ₆	SA ₆	802.2 LLC	FCS ₄	ED ₁	FS ₁
-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------	------------------	-----------------	-----------------

IEEE 802.3

preâmbulo ₇	SFD ₁	DA ₆	SA ₆	tamanho ₂	802.2 LLC	FCS ₄
------------------------	------------------	-----------------	-----------------	----------------------	-----------	------------------

Ethernet II

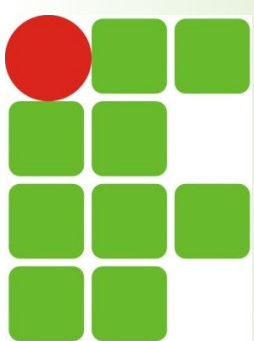
preâmbulo ₇	SFD ₁	DA ₆	SA ₆	tipo ₂	dados	FCS ₄
------------------------	------------------	-----------------	-----------------	-------------------	-------	------------------



LANs IEEE 802.3

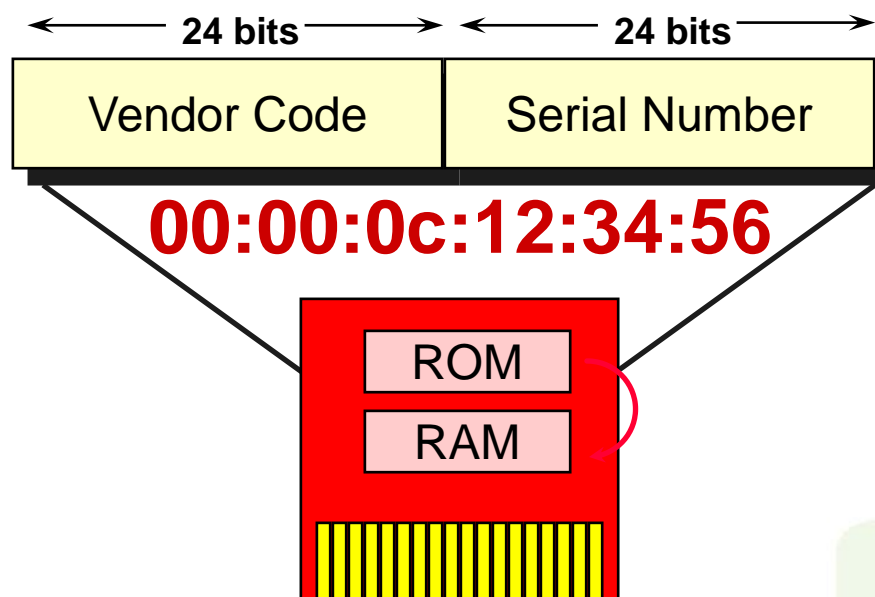
Media Access Control (MAC)

- A IEEE 802 definiu métodos de acesso específicos para cada tipo de LAN
 - CSMA/CD para LANs Ethernet;
 - *token-passing* para LANs Token Ring e Token Bus.
- A **camada física tem implementação específica para cada tipo de meio físico** (cabo coaxial, par trançado e fibra óptica), variando também conforme as diversas tecnologias de LAN que se utilizam desses meios de transmissão.
 - Exemplos: 10Base2, 10Base5, 10BaseT, 10BaseF, 100BaseTX, 100BaseFX, 1000BaseT, 1000Base-SX, 1000Base-LX, 1000Base-CX, 10GBase-S, 10GBase-L, 10GBase-E



Ethernet / IEEE 802.3

Endereçamento MAC



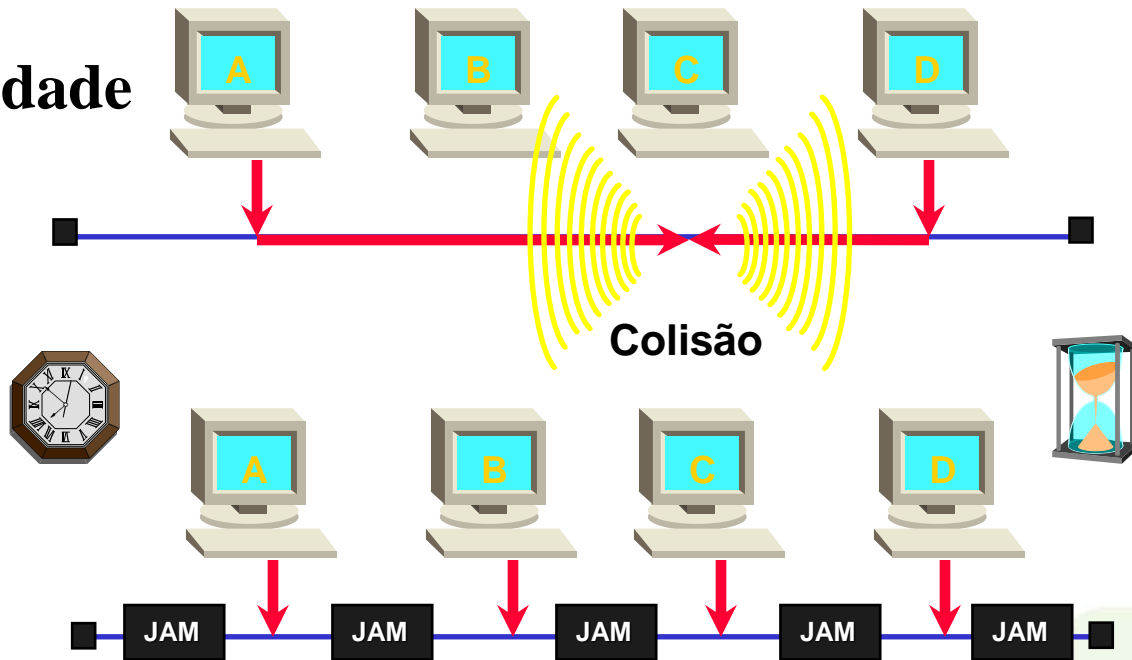
O MAC address é gravado na ROM da placa de rede NIC (*Network Interface Card*).

Composto por 6 bytes = 48 bits = 12 dígitos hexadecimais separados por : ou -

Ethernet / IEEE802.3

Operação padrão

Confiabilidade

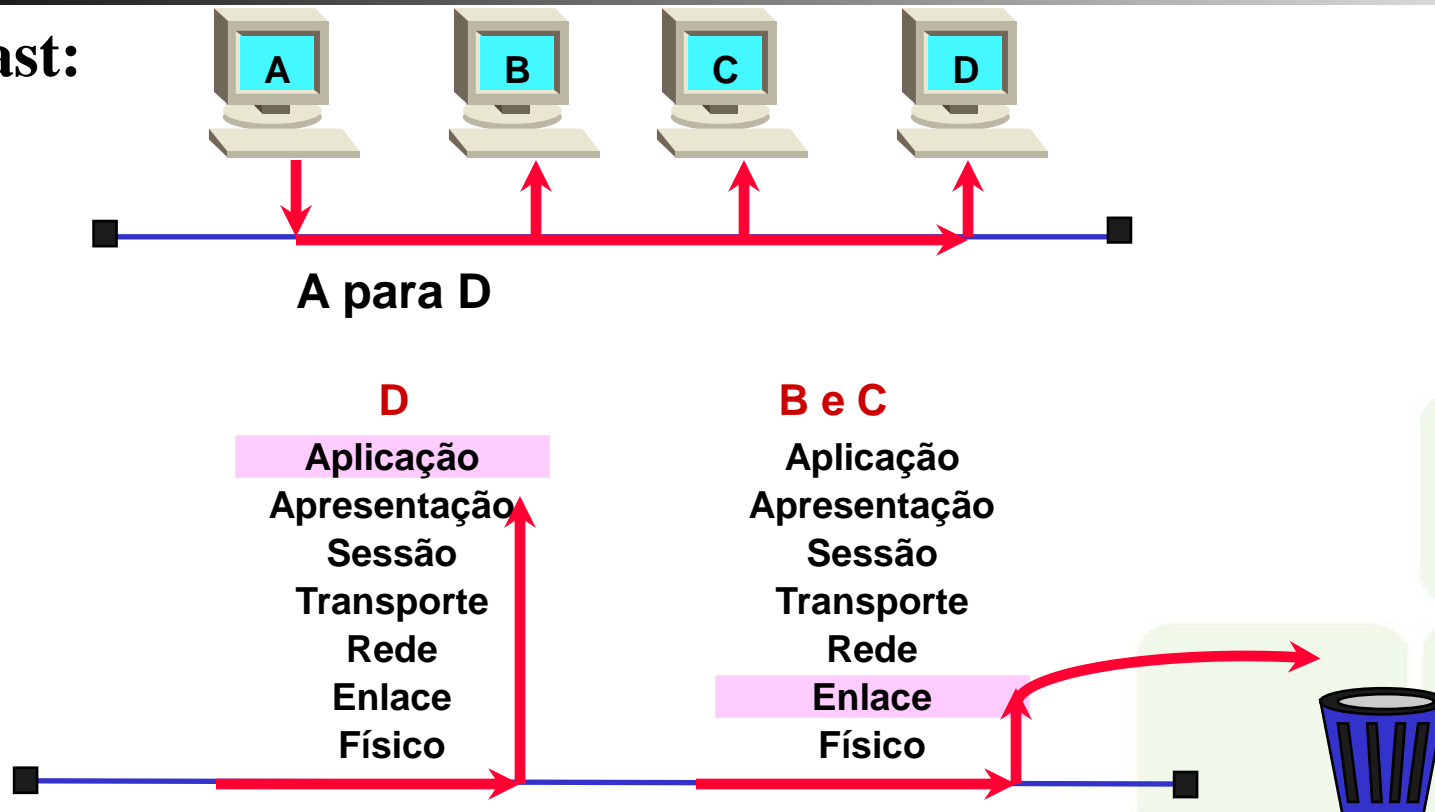


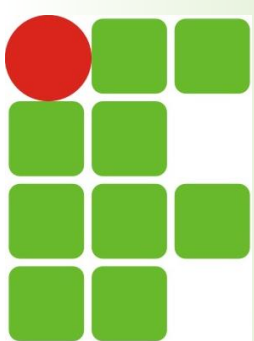
Acesso Múltiplo com Percepção de Portadora e Detecção de Colisão - **CSMA/CD**

Ethernet / IEEE802.3

Operação padrão

Unicast:

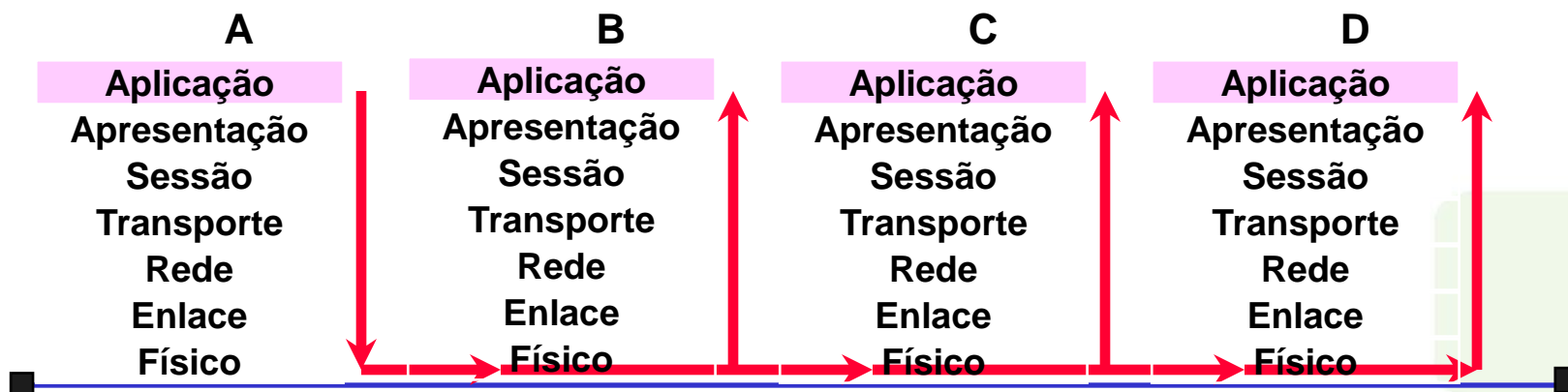




Ethernet / IEEE802.3

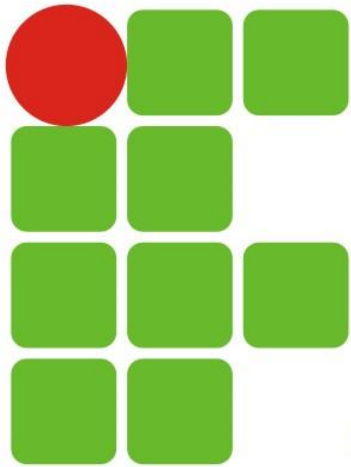
Operação padrão

Broadcast ou Multicast:



Broadcast: FFFF.FFFF.FFFF

Multicast: 0100.5EFF.FFFF ou 0300.0000.0000



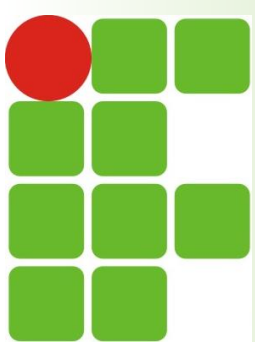
**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
RIO GRANDE DO NORTE



LAN

Tecnologias Ethernet / IEEE 802.3

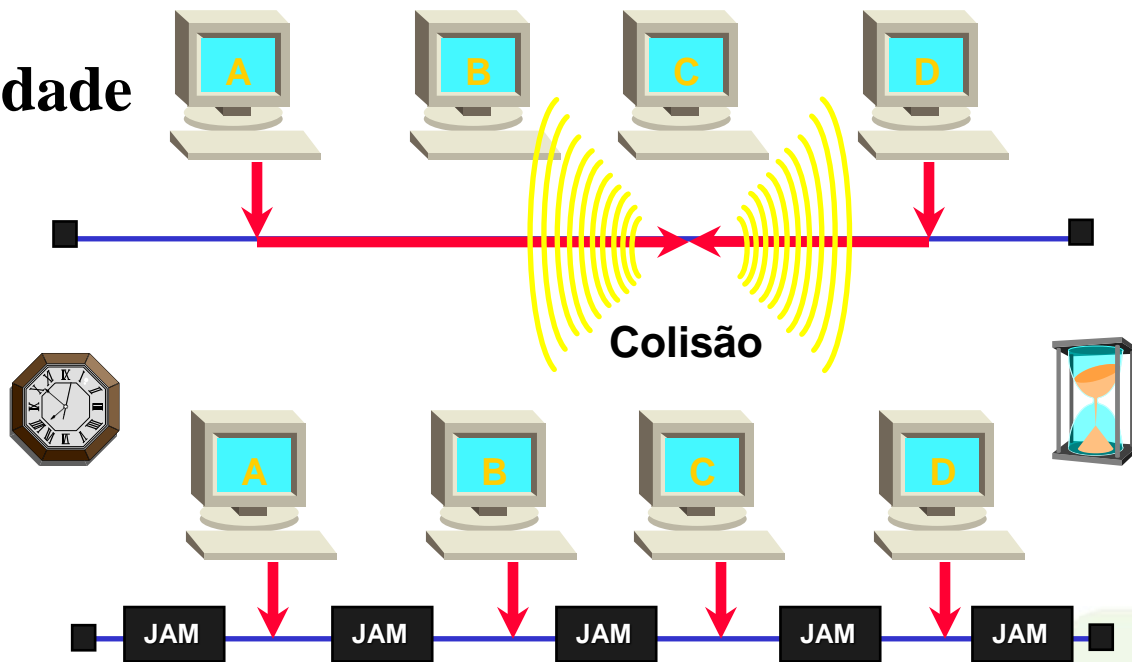
CSMA/CD



Ethernet / IEEE802.3

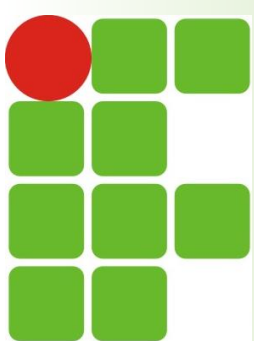
CSMA/CD

Confiabilidade



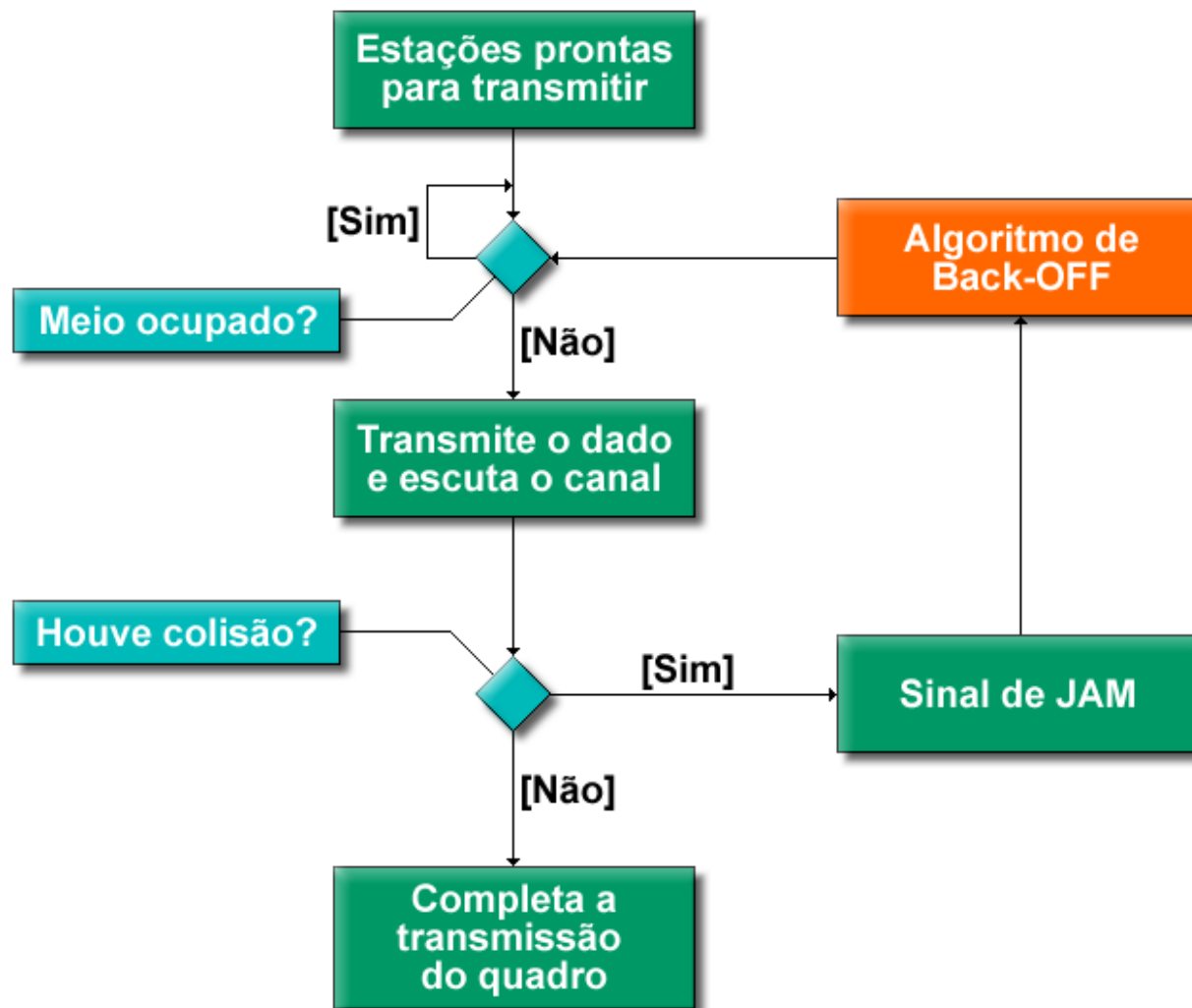
CSMA/CD: Acesso Múltiplo com Percepção de Portadora e Detecção de Colisão

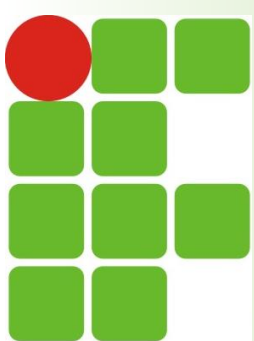
Protocolo utilizado em Redes Ethernet / IEEE 802.3



Ethernet / IEEE802.3

CSMA-CD

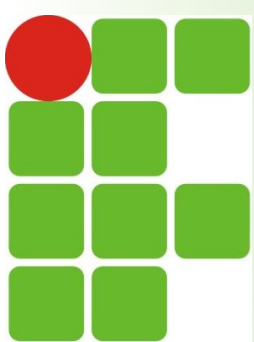




Ethernet / IEEE802.3

CSMA-CD

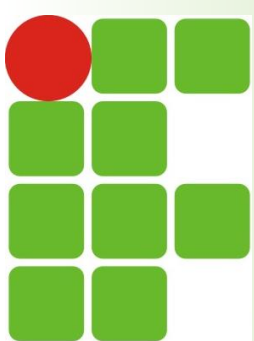
- Um **host** que deseja transmitir **escuta o meio**;
 - Se estiver **livre**, **transmite e continua escutando** o meio para verificar se não houve colisão durante certo tempo (τ : **time slot**);
 - Se houver **colisão**, a transmissão **para** após certo tempo (**jam = 32 bits = 1tp**);
 - Tempo de obstrução/congestionamento mínimo que a transmissão deve completar para que se tenha a certeza de que todos as estações saibam que houve uma colisão
 - A seguir é determinado através de um algoritmo de recuo (**back-off**) um **tempo de espera** para fazer uma **nova tentativa de transmissão**.



Ethernet / IEEE802.3

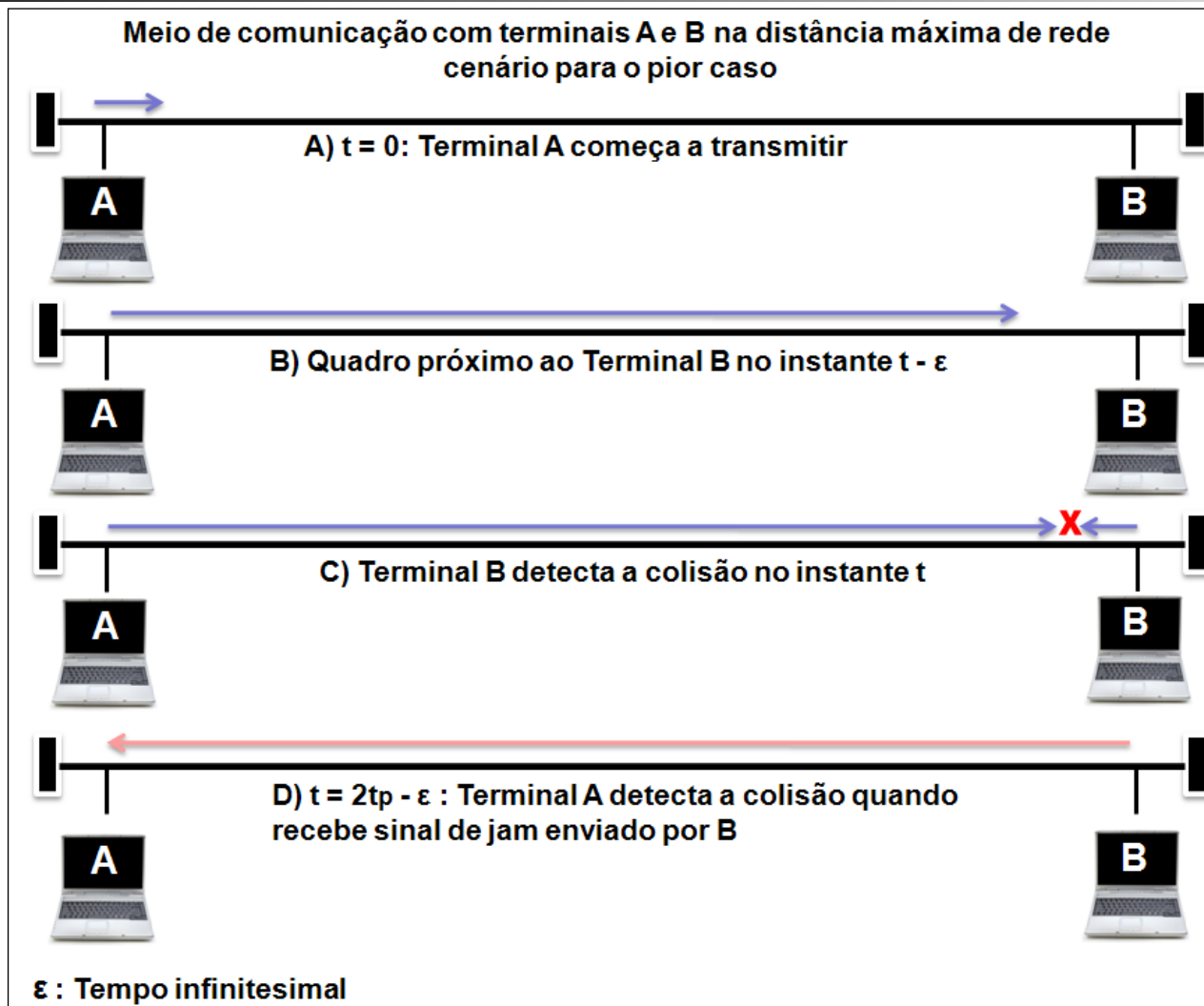
CSMA-CD

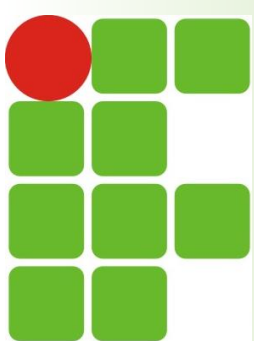
- Existe um tempo mínimo para que possa ser detectada uma colisão por todos os terminais de um **segmento de rede** (também chamado de **domínio de colisão**);
- Este tempo está relacionado com o **tempo máximo de propagação** de um sinal pela rede mais os retardos de processamento nos hubs (**tp** - tempo de propagação máxima).



Ethernet / IEEE802.3

CSMA-CD

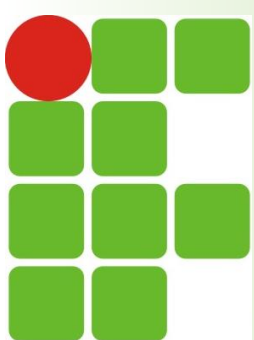




Ethernet / IEEE802.3

CSMA-CD

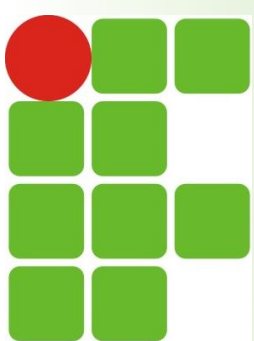
- No pior caso, para que todos os terminais possam detectar uma colisão este tempo corresponde a **duas vezes ao tempo de propagação** ($2t_p$);
- Este tempo também é chamado de ***time slot*** da rede;
- E o retardo determinado pelo **algoritmo de *back-off*** é calculado em unidades de **time slot**, ou seja, um time slot (τ) é igual a $2t_p$



Ethernet / IEEE802.3

CSMA-CD

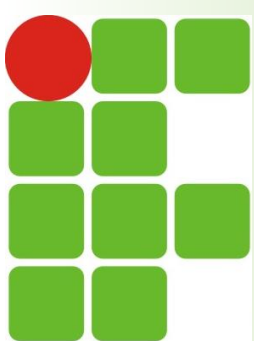
- O algoritmo de *back-off* determina o número (r) de **janelas de transmissão - *time-slots* (τ)** que à estação terão, após uma colisão, para fazer uma nova tentativa de transmissão
- Para tanto, tem-se: **time slot $\rightarrow \tau = 2tp$** , onde “tp” é o tempo de propagação máximo no meio físico



Ethernet / IEEE802.3

CSMA-CD

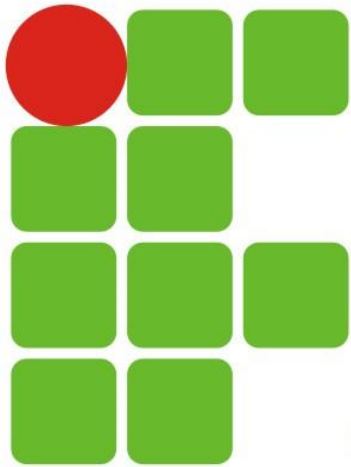
- No caso de haver uma colisão, **todas as estações** que percebem a colisão **param de transmitir** e **determinam o instante de uma nova tentativa** de transmissão;
- Isso ocorre através de um algoritmo de retardo, que no caso da Ethernet é do tipo binário exponencial, definido por:
 - A **estação** só **retransmite** ou **uma nova estação** só **transmite** no **slot time r** , escolhido arbitrariamente no intervalo dado por $0 \leq r \leq (2^i - 1)$, onde;
 - i , indica o número de **colisões consecutivas**;
 - $(2^i - 1)$, representa o **limite superior de time-slots de espera**



Ethernet / IEEE802.3

CSMA-CD

- Na primeira tentativa ($i = 1$). Após a colisão, as estações escolhem aleatoriamente um valor na escala $\{0, 1\}$. A probabilidade de duas estações escolherem o mesmo valor na escala é $\frac{1}{2}$;
- Na segunda tentativa ($i = 2$). Após a 2ª colisão, as estações escolhem aleatoriamente um valor na escala $\{0, 1, 2, 3\}$. A probabilidade de duas estações escolherem o mesmo valor na escala é $\frac{1}{4}$;
- Na terceira tentativa ($i = 3$). Após a 3ª colisão, as estações escolhem aleatoriamente um valor na escala $\{0, 1, 2, 3, 5, 6, 7\}$. A probabilidade de duas estações escolherem o mesmo valor na escala é $\frac{1}{8}$.
- A IEEE 802.3, define que $i \leq 10$, ou seja, o valor máximo de r é fixado em 1024 janelas de transmissão (0 a 1023).
- Só depois de um tempo τ , após iniciar a transmissão o terminal tem certeza de que adquiriu o meio.



**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
RIO GRANDE DO NORTE



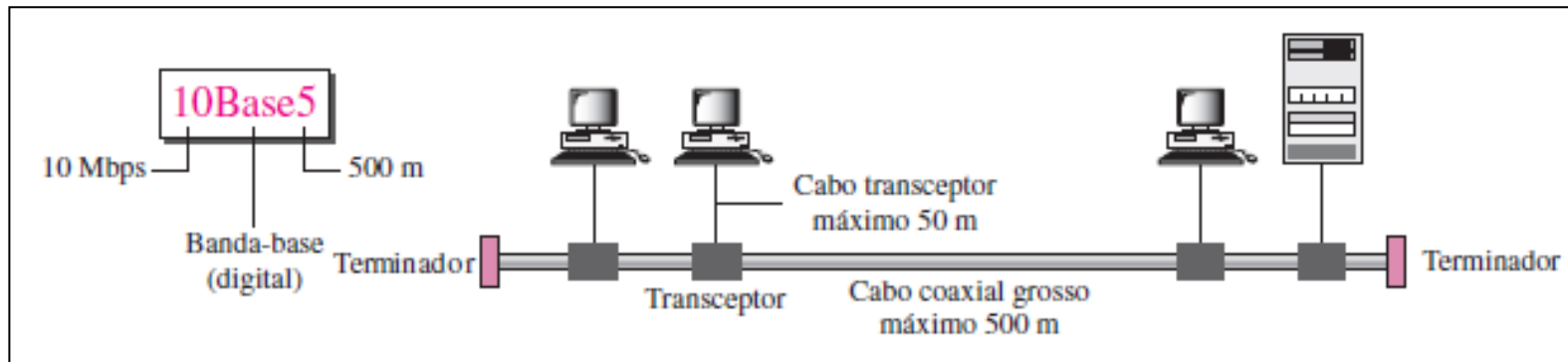
LAN

Tecnologias Ethernet / IEEE 802.3

Evolução da Camada Física

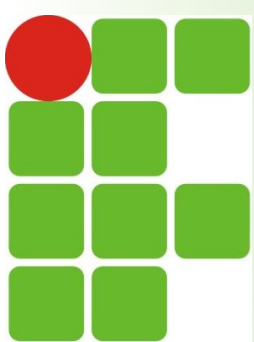
Ethernet / IEEE 802.3

Camada Física



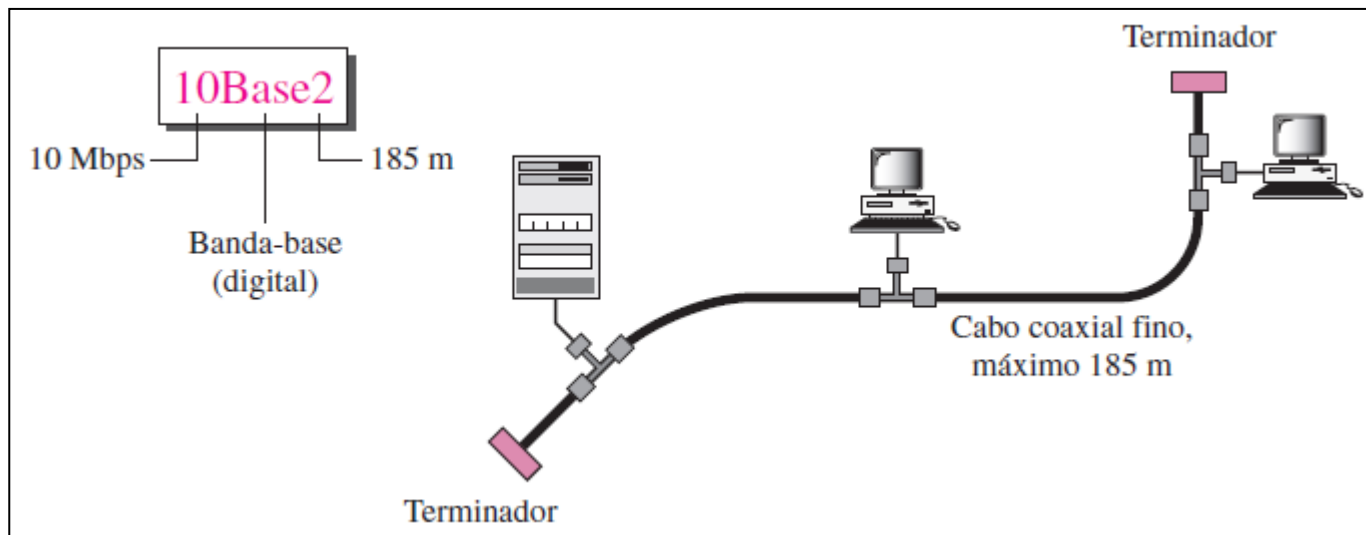
Fonte: FOROUZAN (2010)

- **10Base5** (*Thick* Ethernet ou Ethernet de cabo grosso)
 - **Transceptor** fornece caminhos distintos para a transmissão e recepção entre a estação e o barramento. Detecta a colisão no barramento coaxial (máx. 500m).
 - Admite a interligação de até 5 barramentos de 500m através de **repetidores**.



Ethernet / IEEE 802.3

Camada Física

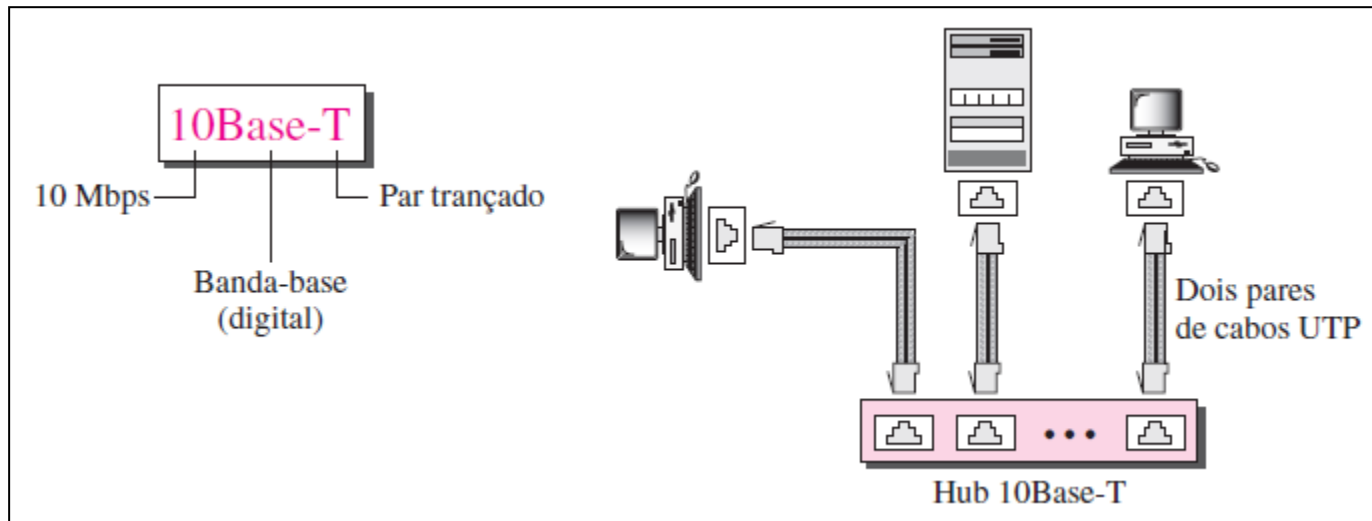


Fonte: FOROUZAN (2010)

- **10Base2** (*Thin* Ethernet, Ethernet de cabo fino ou *Cheapernet*)
 - **Transceptor** faz parte do NIC. Detecta a colisão no barramento coaxial fino (máx. 185m).
 - Instalação mais simples e de menor custo (conector T e cabo fino).

Ethernet / IEEE 802.3

Camada Física



Fonte: FOROUZAN (2010)

■ *10Base-T (Twisted-Pair Ethernet)*

- **HUB** permite uma topologia física em **estrela**.
- Cada estação está interligada ao HUB por dois pares de fios trançados (máx. 100m).
- Colisões acontecem. **HUB não define domínios de colisões**.
- Maior **facilidade para instalação, manutenção e teste**

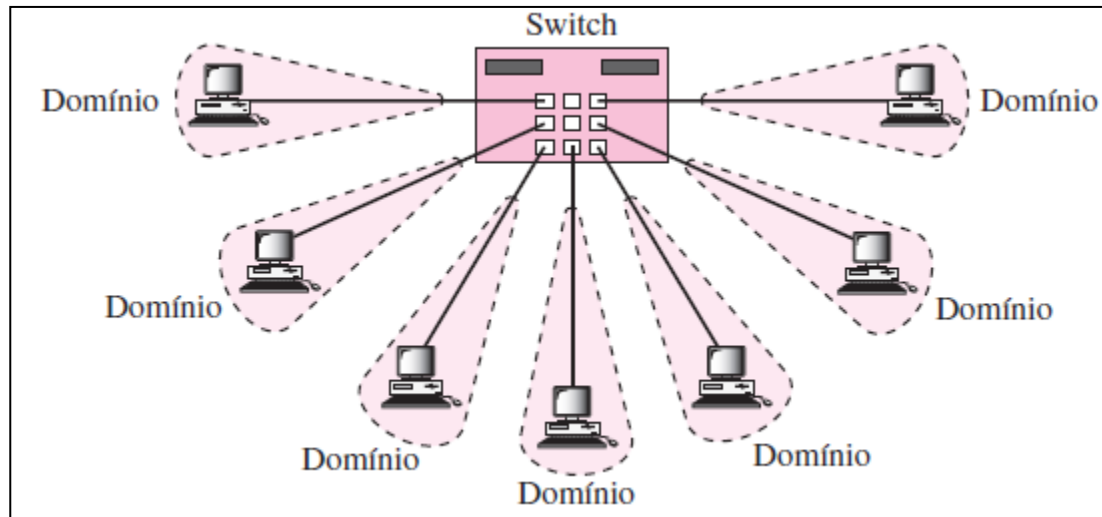
Ethernet / IEEE 802.3

Evolução

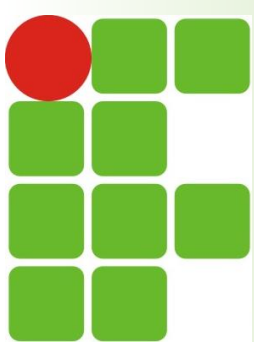
■ Ethernet com Switch

■ Bridge multiporta

- Se um host por porta, LB total para o host.



Fonte: FOROUZAN (2010)

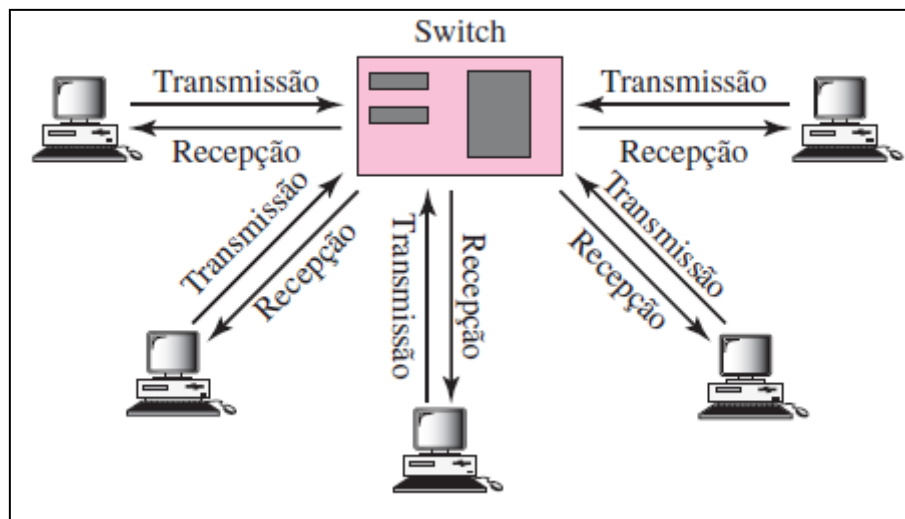


Ethernet / IEEE 802.3

Evolução

■ Operação Full-Duplex

- Implementado a partir da 10Base-T
- Aumento da vazão para 20Mbps
- Protocolo **CSMA/CD desabilitado**
- Nos Switches, foi necessário a inserção da subcamada MAC control, entre as subcamadas LLC e MAC, para oferecer controle de fluxo e controle de erros.



- Comer, Douglas E., Interligação de Redes com TCP/IP
- Forouzan, Behrouz A, Comunicação de Dados e Redes de Computadores, 4. ed, Porto Alegre: AMGH, 2010.
- James F. Kurose, Redes de Computadores e a Internet