

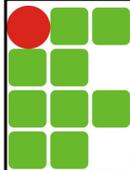
INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE



Redes de Computadores

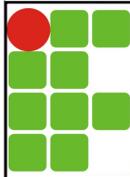
Camada de Enlace – Parte II

Prof. Thiago Dutra <thiago.dutra@ifm.edu.br>



Agenda – Camada de Enlace

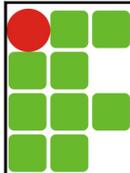
- Introdução
- Detecção e Correção de Erros
- Protocolos de Acesso Múltiplo
- Endereçamento
- Padrão Ethernet
- Padrão Wi-Fi



Agenda – Parte II

- Endereçamento
 - Endereço MAC
 - Protocolo ARP
- Padrão Ethernet
 - Topologia
 - Quadro Ethernet
 - CSMA/CD
 - Padrões Ethernet

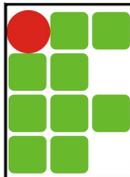
3



Endereço MAC

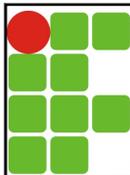
- **Todos os nós da rede possuem um identificador (endereço) de camada de enlace**
 - O endereço de camada de enlace é também chamado de endereço de LAN, endereço físico, endereço de hardware, etc., mas é popularmente conhecido como **endereço MAC** (Media Access Control – Controle de acesso ao meio)
- **Na verdade não é o nó, mas sim os adaptadores (placas de rede) que possuem o endereço**
 - Um nó com vários adaptadores (ex.: ethernet e wi-fi) possui um identificador correspondente para cada um
- A função do endereço MAC é **levar quadros de uma interface para outra fisicamente conectada na mesma rede**

4

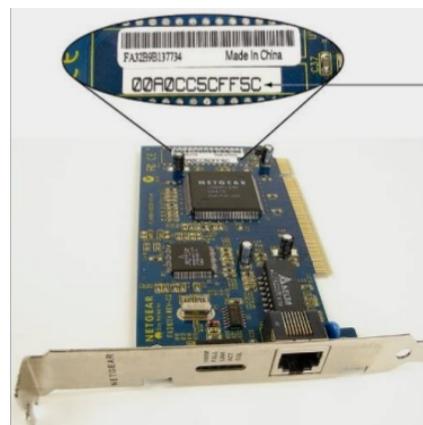


Endereço MAC

- O endereço MAC é um **identificador único no mundo**
 - Não deveriam existir placas de rede com MACs iguais
 - O endereço é **fisicamente gravado na ROM da placa**
 - É comum esse endereço poder ser alterado via software
 - Possui 48 bits, sendo representado por 6 octetos (bytes) de 2 caracteres hexadecimais cada
 - Ex.: **AB:34:C1:D4:A1:F3** ou AB-34-C1-D4-A1-F3
 - Os 3 primeiros octetos representam o fabricante
 - OUI (Organizationally Unique Identifier), controlados pelo IEEE
 - Os 3 últimos identificam o adaptador
 - Definidos pelo fabricante (24 bits -> Mais de 16 milhões de MACs)

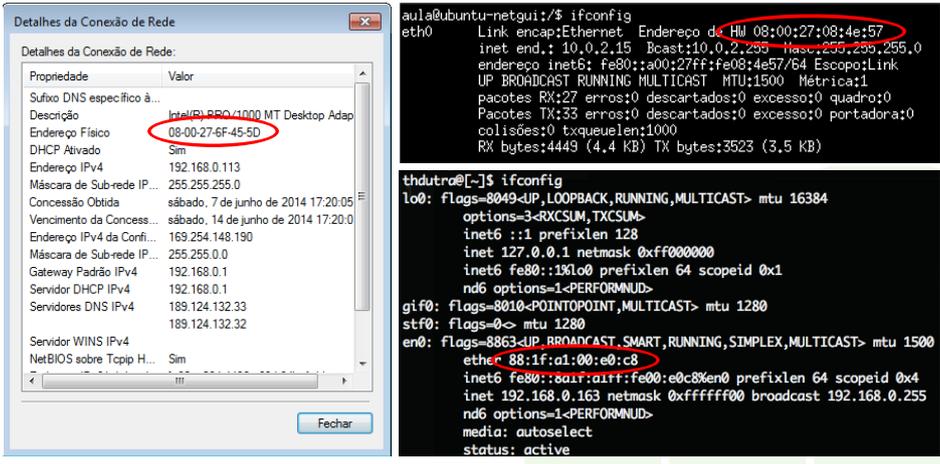


Endereço MAC



6

Endereço MAC



The image shows two screenshots. The left one is a Windows 'Network Connection Details' window for 'Intel(R) PRO/1000 MT Desktop Adap'. The 'Physical Address' is circled in red and reads '08-00-27-6F-45-5D'. The right screenshot shows terminal output from a Linux system. The first terminal window shows the output of 'ifconfig' for 'eth0', with the MAC address 'HW 08:00:27:08:4e:57' circled in red. The second terminal window shows the output of 'ifconfig' for 'en0', with the MAC address 'ether 88:1f:a1:00:e0:c8' circled in red.

Propriedade	Valor
Sufixo DNS específico à...	Inte...
Descrição	Intel(R) PRO/1000 MT Desktop Adap
Endereço Físico	08-00-27-6F-45-5D
DHCP Ativado	Sim
Endereço IPv4	192.168.0.113
Máscara de Sub-rede IP...	255.255.255.0
Concessão Obtida	sábado, 7 de junho de 2014 17:20:05
Vencimento da Concess...	sábado, 14 de junho de 2014 17:20:0
Endereço IPv4 da Confi...	169.254.148.190
Máscara de Sub-rede IP...	255.255.0.0
Gateway Padrão IPv4	192.168.0.1
Servidor DHCP IPv4	192.168.0.1
Servidores DNS IPv4	189.124.132.33 189.124.132.32
Servidor WINS IPv4	
NetBIOS sobre Tcpip H...	Sim

```
aula@ubuntu-netgui:/$ ifconfig
eth0: Link encap:Ethernet Endereço d: HW 08:00:27:08:4e:57
      inet end.: 10.0.2.15 Bcast:10.0.2.255 Masc:255.255.255.0
      endereço inet6: fe80::a00:27ff:fe08:4e57/64 Escopo:Link
      UP BROADCAST RUNNING MULTICAST MTU:1500 Métrica:1
      pacotes RX:27 erros:0 descartados:0 excesso:0 quadro:0
      Pacotes TX:33 erros:0 descartados:0 excesso:0 portadora:0
      colisões:0 txqueuelen:1000
      RX bytes:4449 (4.4 KB) TX bytes:3523 (3.5 KB)

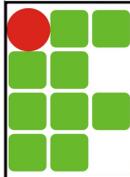
thdutra@[-]$ ifconfig
lo0: flags=8049<UP,LOOPBACK,RUNNING,MULTICAST> mtu 16384
      options=3<RXCSUM,TXCSUM>
      inet6 ::1 prefixlen 128
      inet 127.0.0.1 netmask 0xff000000
      inet6 fe80::1%lo0 prefixlen 64 scopeid 0x1
      nd6 options=1<PERFORMNUD>
gif0: flags=8010<POINTOPOINT,MULTICAST> mtu 1280
stf0: flags=0<> mtu 1280
en0: flags=8863<UP,BROADCAST,SMART,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> mtu 1500
      ether 88:1f:a1:00:e0:c8
      inet6 fe80::8a1f:a1ff:fe00:e0c8%en0 prefixlen 64 scopeid 0x4
      inet 192.168.0.163 netmask 0xfffff00 broadcast 192.168.0.255
      nd6 options=1<PERFORMNUD>
      media: autoselect
      status: active
```

7

Endereço MAC

- Ao contrário do endereço de rede (endereço IP), que apresenta estrutura hierárquica, o endereço MAC apresenta uma estrutura linear
 - A placa de rede possui sempre o mesmo endereço MAC, independente da rede que esteja -> portabilidade
 - Já o endereço IP da placa de rede sempre depende da sub-rede a qual estiver conectada
 - Analogia
 - MAC = CPF
 - IP = CEP

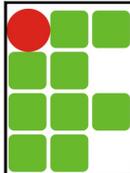
8



Endereço MAC

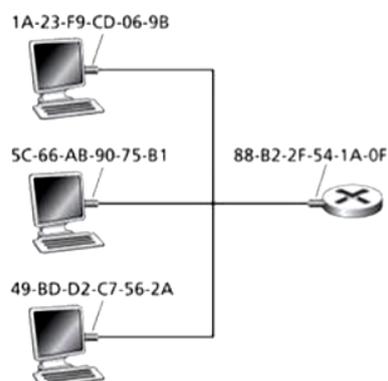
- Quando um adaptador quer enviar um quadro, ele coloca o MAC do adaptador de destino na estrutura do quadro e envia para o meio físico
 - Numa LAN broadcast, todos os adaptadores irão receber o quadro
 - Cada adaptador verifica se o MAC de destino do quadro é igual ao seu MAC
 - Se são iguais -> extrai o datagrama e sobe na pilha
 - Se são diferentes -> datagrama descartado
 - Se o remetente quer que todos processem o datagrama?
 - Endereço de broadcast MAC -> FF:FF:FF:FF:FF:FF

9

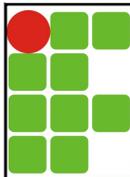


Protocolo ARP

- Pergunta: como um adaptador sabe o MAC do adaptador destino com o qual quer se comunicar?

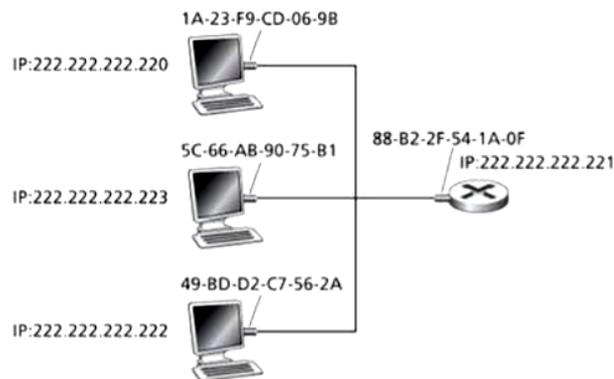


10

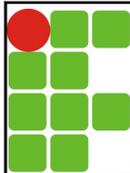


Protocolo ARP

- Antes, temos que saber que cada adaptador, além do MAC, também possui um endereço de rede (IP)



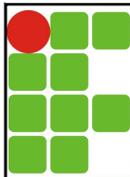
11



Protocolo ARP

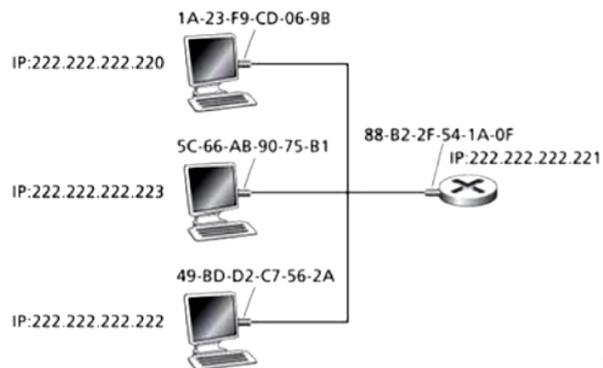
- A troca de informações nas redes TCP/IP são baseadas nos endereços IP
 - Ainda vamos aprender mais sobre isso!
- Nova pergunta: como saber o endereço MAC de um nó sabendo o seu endereço IP?
 - Resposta: ARP (Address Resolution Protocol) – Protocolo de resolução de endereços
 - Função: dado um IP descobrir o endereço MAC correspondente na mesma rede

12

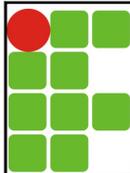


Protocolo ARP

- Cenário 01 : nó com IP 222.222.222.220 quer se comunicar com nó que possui o IP 222.222.222.222
 - Mesma rede



13



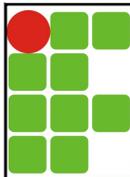
Protocolo ARP

- Funcionamento
 - Cada nó possui na sua RAM uma **tabela ARP**, a qual faz o mapeamento IP<->MAC de alguns nós da LAN

Endereço IP	Endereço MAC	TTL
222.222.222.221	88:B2:2F:54:1A:0F	13:45:22
222.222.222.223	5C:66:AB:90:75:B1	13:52:00

- TTL (Time To Live) = tempo após o qual o mapeamento de endereço será esquecido, em geral é de 20min
 - Se o IP esta na tabela ARP, quadro com endereço MAC de destino é criado
 - Não estando, é necessário realizar uma **consulta ARP**

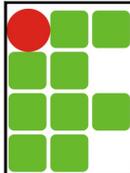
14



Protocolo ARP

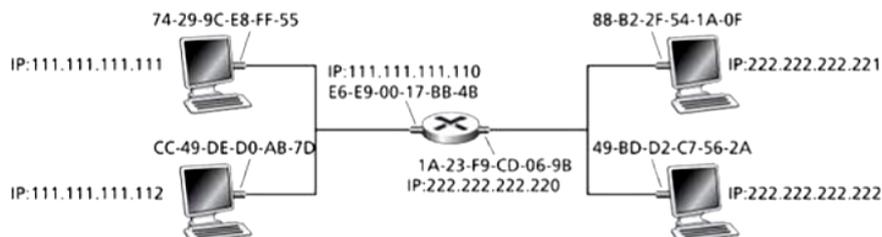
- **Consulta ARP**
 - Pacote ARP, contendo o IP de destino (222.222.222.222), é enviado em quadro MAC broadcast (FF:FF:FF:FF:FF:FF)
 - Todos os nós processam o pacote ARP e aquele que tiver o mesmo IP de destino do pacote, responde com um pacote ARP em quadro MAC unicast (1A:23:F9:CD:06:98)
 - Nó 222.222.222.220 atualiza sua tabela ARP com o mapeamento 222.222.222.222 <-> 49:8D:D2:C7:56:2A e agora pode enviar quadro com MAC de destino correto
- O protocolo ARP é "plug-and-play"
 - Os nós criam suas tabelas ARP sem intervenções

15

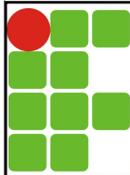


Protocolo ARP

- Cenário 02 : nó com IP 111.111.111.111 (A) quer se comunicar com o nó de IP 222.222.222.222 (B)
 - **Redes diferentes!**



16



Protocolo ARP

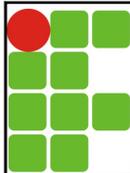
■ Questionamentos

- A consegue saber o MAC de destino de B?
- E se souber, um quadro com esse MAC de destino será processado?

■ Observações

- Devemos saber que o pacote precisa ser roteado para chegar a uma rede diferente
- Esse roteador, possui interfaces com endereços IP de cada uma das redes de que faz parte

17

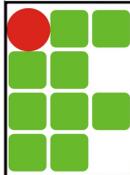


Protocolo ARP

■ Como se dá então essa comunicação?

- A cria datagrama com IP de origem **A** e de destino **B**
- A usa ARP para obter MAC do roteador (**R**)
- A cria quadro com MAC de **R** como destino
 - Esse quadro encapsula o datagrama IP A-para-B
- NIC de **A** envia quadro; NIC de **R** recebe quadro
- **R** extrai datagrama IP do quadro e vê que **B** é o destino
- **R** usa ARP para obter MAC de **B**
- **R** cria quadro com MAC de **B** como destino
 - Esse quadro encapsula o datagrama IP A-para-B
- NIC de **R** envia quadro; NIC de **B** recebe quadro

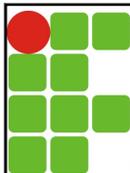
18



Padrão Ethernet

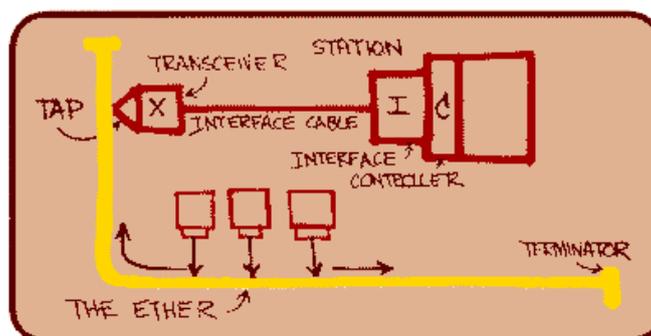
- Padrão IEEE 802.3
- Tecnologia de LAN mais utilizada atualmente
 - Primeira tecnologia de LAN utilizada em larga escala
 - Mais barata e mais simples que outras tecnologias
 - Ex.: Token Ring, FDM e ATM
 - Barata -> NICs a partir de R\$ 25,00
 - Acompanhou a "corrida pela velocidade"
 - 10 Mbps-> 100 Mbps-> 1 Gbps-> 10 Gbps

19

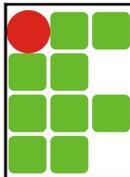


Padrão Ethernet

- Projeto original da Ethernet de Metcalfe



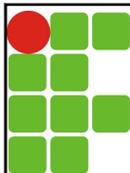
20



Topologia

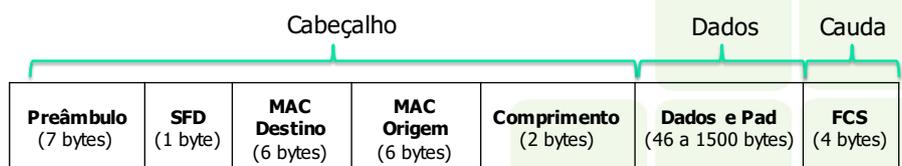
- A LANs utilizavam popularmente **Ethernet com a topologia em barramento, com cabo coaxial, até meados dos anos 90**
 - Todos os nós compartilhando o mesmo cabo -> **colisões**
- **No fim da década de 90**, grande parte das LANs já tinham migrado para a **Ethernet com topologia em estrela com a utilização de Hubs**
 - O problema das **colisões** ainda continuavam
- No começo dos **anos 2000** a LANs Ethernet passam por mais uma grande mudança revolucionária
 - Continuam com a **topologia estrela**, mas agora utilizam **comutadores (switches)** no lugar dos hubs
 - Resolve-se então o problema das **colisões!**

21

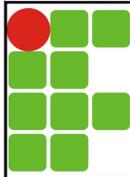


Quadro Ethernet

- O nó na camada de enlace encapsula o datagrama em um **quadro Ethernet**
- O quadro Ethernet é formado por :
 - Um **cabeçalho** de 22 bytes
 - **Área de dados** = de 46 à 1500 bytes
 - Uma **cauda (trailer)** de 4 bytes



22



Quadro Ethernet

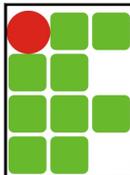
■ Dados e Pad

- São os dados enviados pela camada superior
- Caso os dados sejam < 46 bytes um conjunto de dados chamado *pad* é inserido para que a área de dados fique ao menos com 46 bytes

■ FCS (Frame Check Sequence)

- Sequência para Checagem do Frame
- Informações para o controle de correção de erros
 - Ex.: CRC

25



CSMA/CD

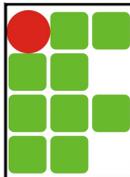
■ CSMA/CD

- Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
- Acesso múltiplo com detecção de portadora e detecção de colisão

■ Mecanismo utilizado no Ethernet para envio dos dados

- CS (sensor do sinal da portadora) : capacidade de saber se o canal de comunicação está livre, ocupado ou se houve colisão
- MA (acesso múltiplo) : vários nós podem usar o canal de comunicação ao mesmo tempo
- CD (detecção de colisão) : verificar se houve alguma colisão durante a transmissão dos dados

26

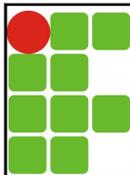


CSMA/CD

■ Funcionamento primário do CSMA/CD

1. Verificar se o meio está livre
2. Se o meio está livre -> inicia a transmissão
3. Caso esteja ocupado -> placa de rede aguarda um tempo aleatório
4. Passado o tempo -> volta ao passo 1

27



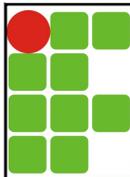
CSMA/CD



"A" verifica que o meio está livre e começa a transmitir



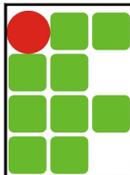
"B" recebe com sucesso a mensagem



CSMA/CD

- No CSMA/CD não existem prioridades
 - Acesso múltiplo
- Dessa forma, duas placas de rede podem perceber o meio livre ao mesmo tempo e iniciar uma nova transmissão
 - Nesse caso ocorrerá uma colisão!
- Como resolver uma colisão?
 - A transmissão é abortada e cada placa de rede aguarda um tempo aleatório para iniciar novamente a tentativa de transmissão

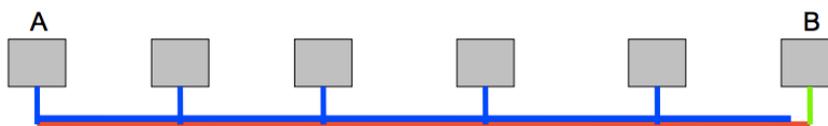
29



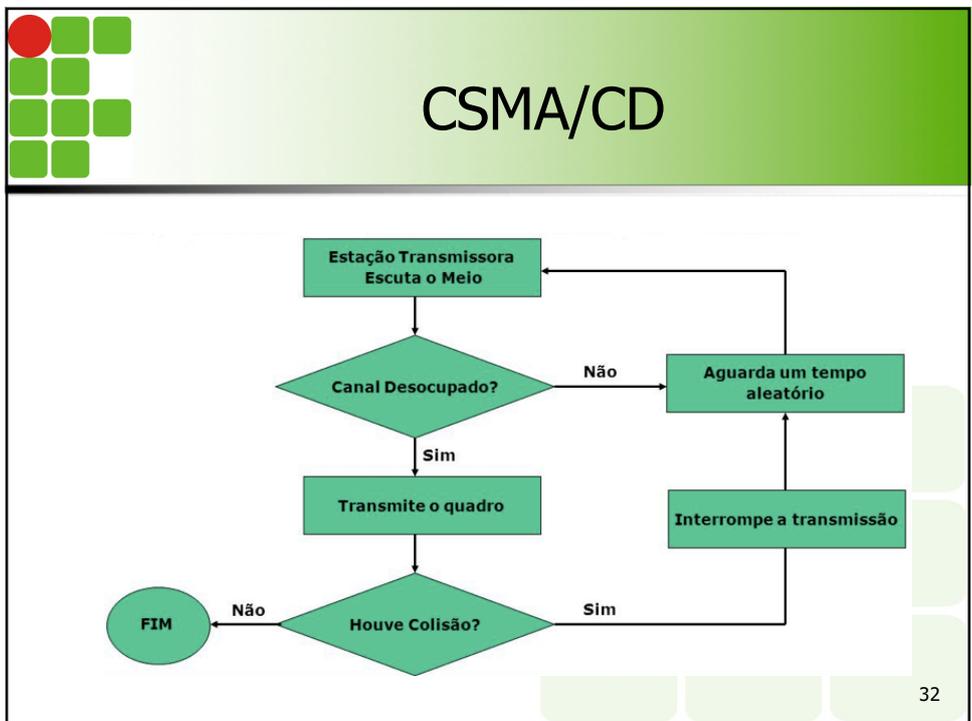
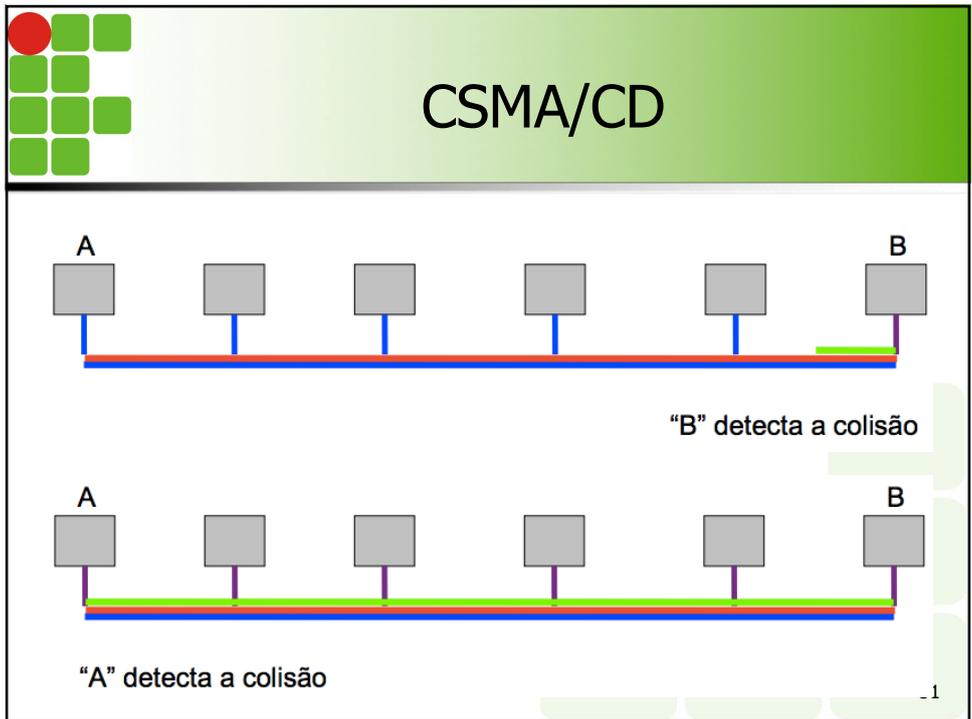
CSMA/CD

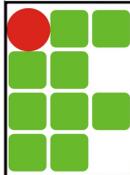


"A" verifica que o meio está livre e começa a transmitir



"B" verifica que o meio está livre e também começa a transmitir





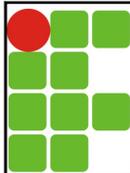
Padrões Ethernet

- Existem diversos padrões Ethernet que **em geral diferem em relação a velocidade e ao meio físico**
 - O protocolo MAC e o formato do quadro são comuns
- Sua nomenclatura segue o formato:

[Taxa]Base[Cabo]

- Taxa de Transmissão : em Mbps
- Tipo de Transmissão : na Ethernet é baseband (banda base) -> Base
- Tipo do Cabo : Coaxial (2 e 5), Par Trançado sem blindagem (T), Fibra Óptica (FL, FX, SX e LX)

33

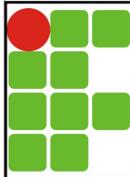


Padrões Ethernet – Exemplos

Padrão	Taxa	Cabo	Comp. Máx.
10Base2	10 Mbps	Coaxial fino	185 m
10Base5	10 Mbps	Coaxial grosso	500 m
10BaseT	10 Mbps	UTP	100 m
10BaseFL	10 Mbps	Fibra óptica	2 Km
100BaseT⁽¹⁾	100 Mbps	UTP	100 m
100BaseFX	100 Mbps	Fibra óptica	412m / 2Km / 20Km
1000BaseT⁽²⁾	1 Gbps	UTP	100 m
1000BaseSX	1 Gbps	Fibra óptica	220 m
1000BaseLX	1 Gbps	Fibra óptica	550 m / 5 Km

- (1) Fast Ethernet
(2) Gigabit Ethernet

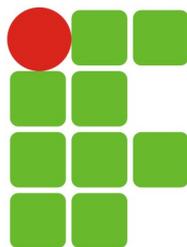
34



Referências

- KUROSE, J. F. e ROSS, K. - **Redes de Computadores e a Internet** – 6a Ed., Pearson, 2013.
- KUROSE, J. F. e ROSS, K. - **Redes de Computadores e a Internet** – 5a Ed., Pearson, 2010.

35



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



Redes de Computadores

Camada de Enlace – Parte II

Prof. Thiago Dutra <thiago.dutra@ifm.edu.br>