

# Camada de Enlace



**Prof. Dr. Bruno Rodrigues**



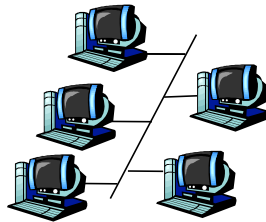
# Protocolos de Acesso Múltiplo



# Protocolos de acesso múltiplo

## Dois tipos de “enlaces”:

- **Ponto a ponto**
  - PPP (*Point-to-Point Protocol*) para acesso discado
  - enlace ponto a ponto entre comutador Ethernet e hospedeiro
- **Broadcast** (fio ou meio compartilhado)
  - Ethernet à moda antiga
  - HFC anterior
  - LAN sem fio 802.11



fio compartilhado (p. e.,  
Ethernet cabeado)



RF compartilhada  
(p. e., WiFi 802.11)



RF compartilhada  
(satélite)



humanos em uma festa  
(ar e acústica  
compartilhados)

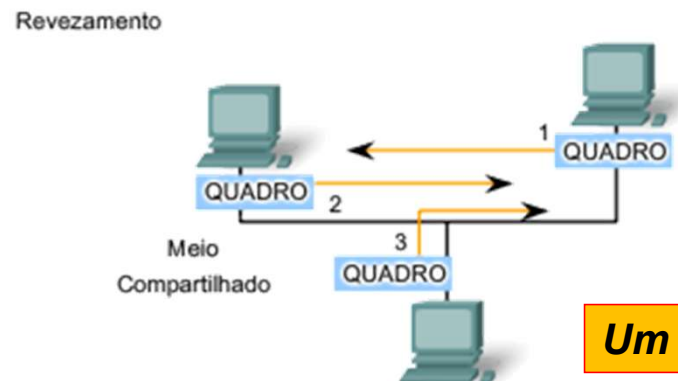
## Protocolos de acesso múltiplo

Algoritmo distribuído que determina como os nós compartilham canal, ou seja, determinam quando o nó pode transmitir

Nenhum controle resultará em várias colisões.  
As colisões resultam em quadros corrompidos que devem ser reenviados.



Os métodos que exigem um alto nível de controle previnem as colisões, mas o processo tem um custo elevado.



**Um fala outro escuta**

# Protocolos de acesso múltiplo

Três classes gerais:

- ***Particionamento de canal***
  - Divide o canal em “pedaços menores” (intervalos de tempo, frequência, código)
  - Aloca pedaço ao nó para uso exclusivo
- ***Acesso aleatório***
  - Canal não dividido, permite colisões
  - “recupera” de colisões
- ***“Revezando”***
  - Os nós se revezam, mas os nós com mais a enviar podem receber mais tempo

# Protocolos de acesso múltiplo

## Três classes gerais:

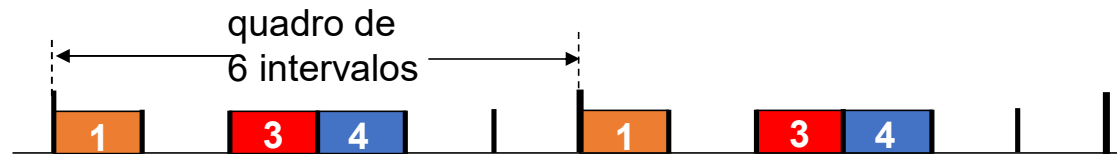
- ***Particionamento de canal***
  - Divide o canal em “pedaços menores” (intervalos de tempo, frequência, código)
  - Aloca pedaço ao nó para uso exclusivo
- ***Acesso aleatório***
  - Canal não dividido, permite colisões
  - “recupera” de colisões
- ***“Revezando”***
  - Os nós se revezam, mas os nós com mais a enviar podem receber mais tempo

# Protocolos de acesso múltiplo

## Particionamento de canal

### TDMA: Time Division Multiple Access

- Acesso ao canal em “rodadas”
- Cada estação recebe intervalo de tamanho fixo (tamanho = tempo transm. pacote) a cada rodada
- Intervalos não usados ficam ociosos
- Exemplo: LAN de 6 estações, 1, 3, 4 têm pacote, intervalos 2, 5, 6 ociosos

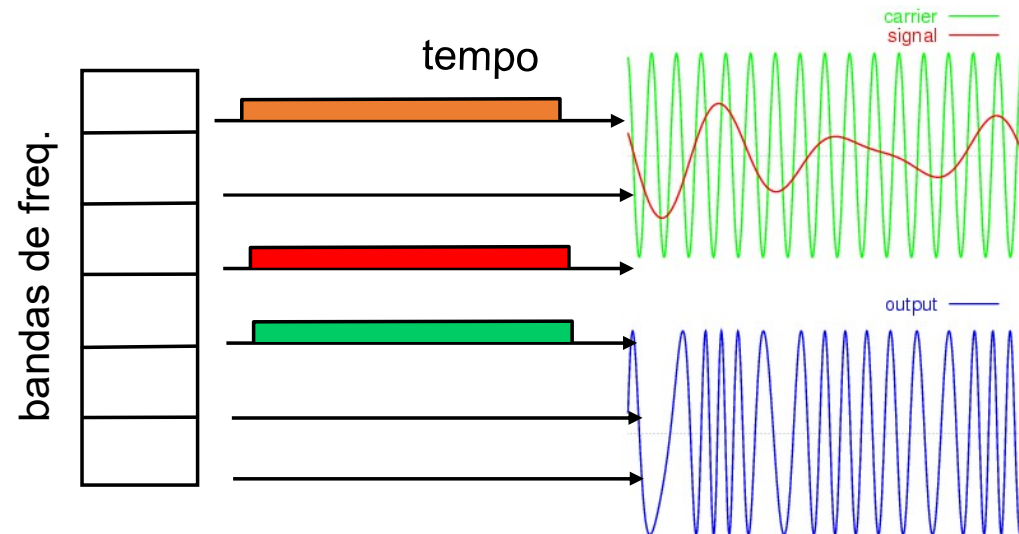
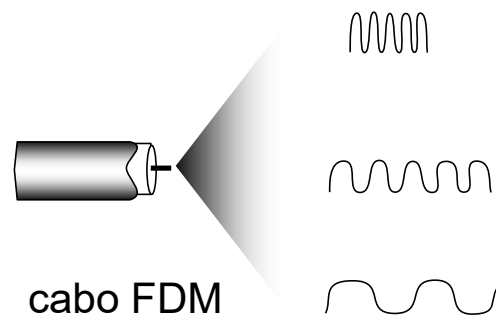


# Protocolos de acesso múltiplo

## Particionamento de canal

### FDMA: Frequency Division Multiple Access

- Espectro do canal dividido em bandas de frequência
- Cada estação recebe banda de frequência fixa
- Tempo de transmissão não usado nas bandas de frequência fica ocioso
- exemplo: LAN de 6 estações, 1, 3, 4 têm pacote, bandas de frequência 2, 5, 6 ociosas





# Protocolos de acesso múltiplo

## Três classes gerais:

- *Particionamento de canal*
  - Divide o canal em “pedaços menores” (intervalos de tempo, frequência, código)
  - Aloca pedaço ao nó para uso exclusivo
- **Acesso aleatório**
  - Canal não dividido, permite colisões
  - “recupera” de colisões
- *“Revezando”*
  - Os nós se revezam, mas os nós com mais a enviar podem receber mais tempo

# Protocolos de acesso múltiplo

## Protocolos de acesso aleatório

- Quando o nó tem um pacote a enviar
  - transmite na velocidade de dados  $R$  total do canal.
  - sem coordenação *a priori* entre os nós
- dois ou mais nós transmitindo → “colisão”,
- protocolo MAC de acesso aleatório especifica:
  - como detectar colisões
  - como recuperar-se de colisões (p. e., via retransmissões adiadas)
- Exemplos de protocolos MAC de acesso aleatório:
  - **slotted ALOHA**
  - **ALOHA**
  - **CSMA, CSMA/CD, CSMA/CA**

# Protocolos de acesso múltiplo

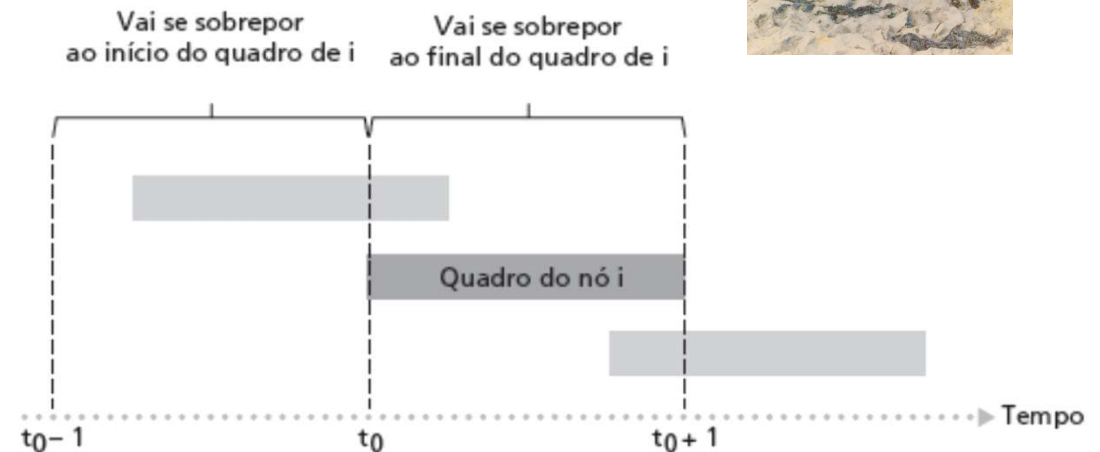
## ALOHA puro (não slotted)

O Protocolo ALOHA foi criado na década de 70 transmitindo (radio) dados entre vários campi de diferentes ilhas da Universidade do Havaí. A rede criada passou a ser chamada de ALOHAnet e foi a primeira rede de computadores sem fio da história.

- **Aloha** não slotted: mais simples, sem sincronismo
  - ✓ Se você tem dados para mandar, envie-os.
  - ✓ Se ocorrer colisão, tente enviar novamente mais tarde.
- Probabilidade de colisão aumenta:
  - quadro enviado em  $t_0$  colide com outros quadros enviados em  $[t_0-1, t_0+1]$



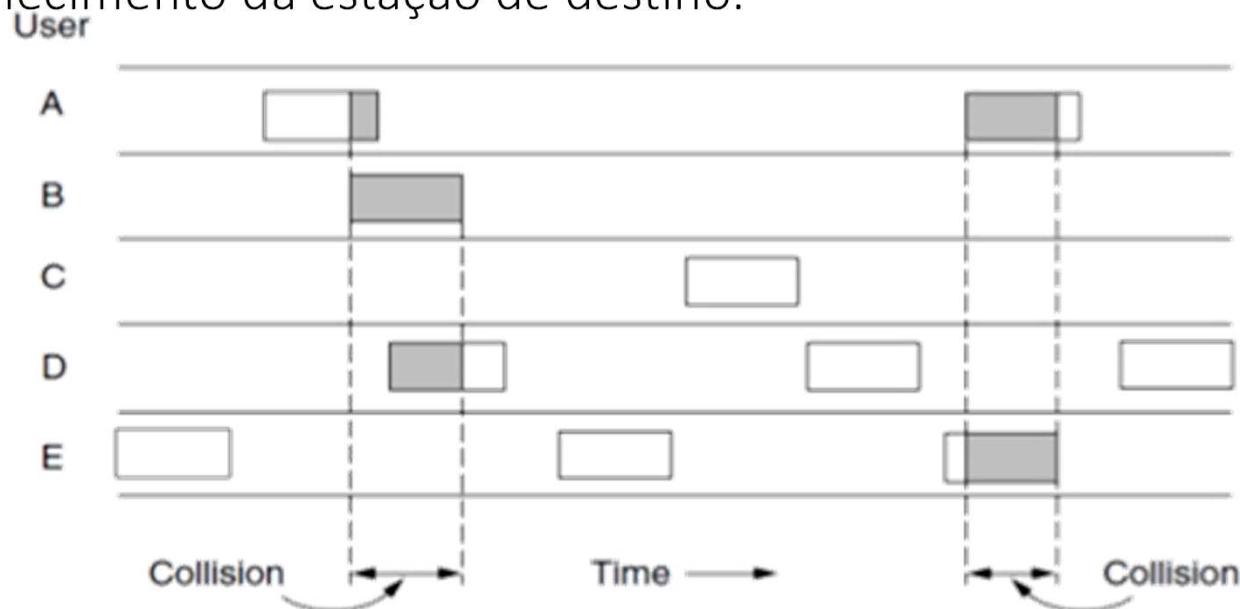
**Norman Abramson**



## Protocolos de acesso múltiplo

### *ALOHA puro (não slotted)*

Com Aloha puro, é permitido às estações acessar o canal sempre que tiverem dados a transmitir. Cada estação deve monitorar sua transmissão no broadcast ou esperar um reconhecimento da estação de destino.

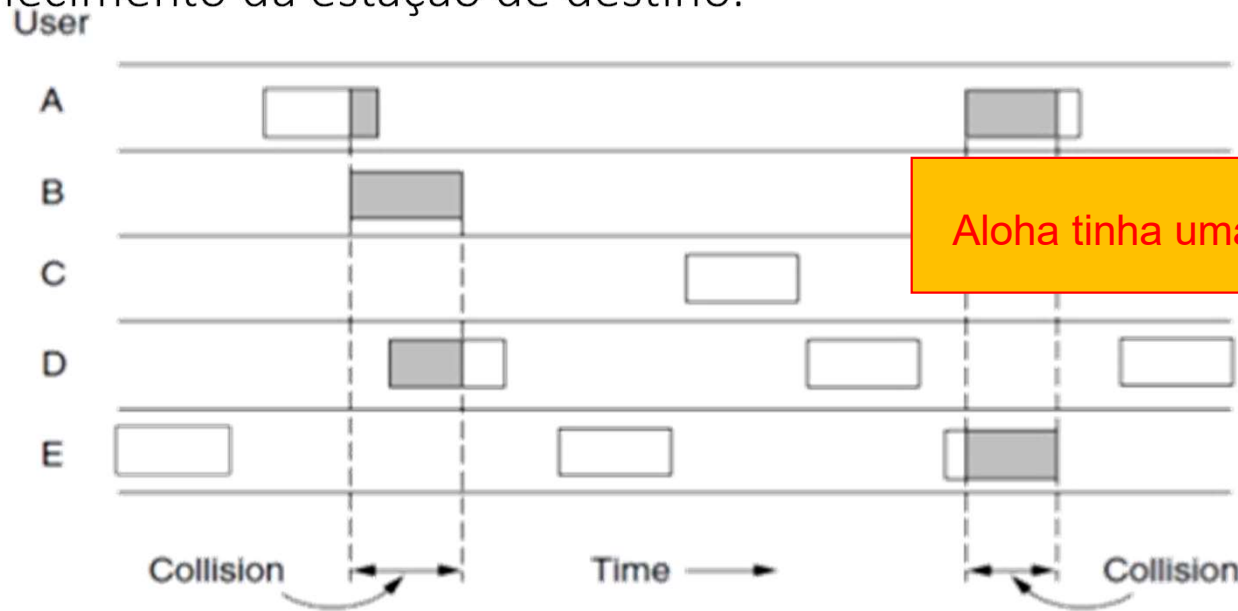


In pure ALOHA, frames are transmitted at completely arbitrary times

## Protocolos de acesso múltiplo

### ALOHA puro (não slotted)

Com Aloha puro, é permitido às estações acessar o canal sempre que tiverem dados a transmitir. Cada estação deve monitorar sua transmissão no broadcast ou esperar um reconhecimento da estação de destino.



Aloha tinha uma taxa de sucesso de 18%

In pure ALOHA, frames are transmitted at completely arbitrary times

## *Protocolos de acesso múltiplo*

---

### *Slotted ALOHA*

Devido ao desempenho ruim do Protocolo ALOHA puro, o protocolo ALOHA Slotted estabeleceu que só seria permitido enviar mensagens no começo de intervalos de tempo discretos.

# Protocolos de acesso múltiplo

## Slotted ALOHA

### Suposições:

- Todos os quadros do mesmo tamanho
- Tempo dividido em intervalos de mesmo tamanho (tempo para transmitir 1 quadro)
- Nós começam a transmitir somente no início dos intervalos
- Nós são sincronizados
- Se 2 ou mais nós transmitem no intervalo, todos os nós detectam colisão

### Operação:

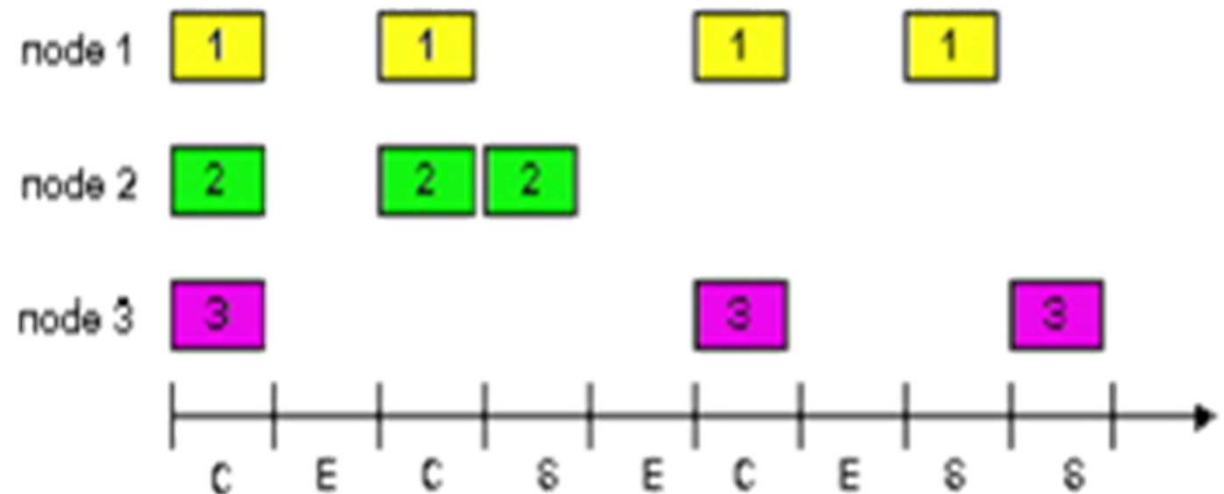
- Quando nó obtém quadro novo, transmite no próximo intervalo
  - *Se não há colisão:* nó pode enviar novo quadro no próximo intervalo
  - *Se há colisão:* nó retransmite quadro em cada intervalo subsequente com prob. até que haja sucesso

# Protocolos de acesso múltiplo

## Prós

- Único nó ativo pode transmitir continuamente na velocidade plena do canal
- Altamente descentralizado: somente intervalos nos nós precisam estar em sincronismo
- Simples

## *Slotted ALOHA*



## Contras

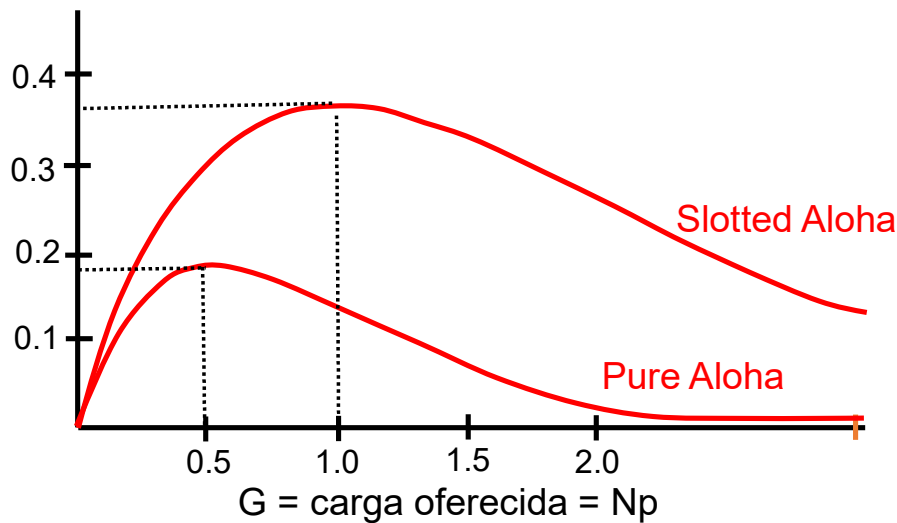
- Colisões, intervalos desperdiçados
- Intervalos ociosos
- Nós podem ser capazes de detectar colisão em menos tempo do que para transmitir pacote
- Sincronismo de clock



# Protocolos de acesso múltiplo

## Slotted ALOHA

**Eficiência:** fração durante longo tempo de intervalos bem sucedidos (muitos nós, todos com muitos quadros para enviar)



*Na melhor das hipóteses:* canal usado para transmissões úteis **37%** do tempo!



# Protocolos de acesso múltiplo

## CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

- Especificamente, há duas regras importantes que regem a conversação educada entre seres humanos:
- *Ouçá antes de falar.* Se uma pessoa estiver falando, espere até que ela tenha terminado. No mundo das redes, isso é denominado **detecção de portadora** — um nó ouve o canal antes de transmitir.
- *Se alguém começar a falar ao mesmo tempo que você, pare de falar.* No mundo das redes, isso é denominado **detecção de colisão** — um nó que está transmitindo ouve o canal enquanto transmite.

# Protocolos de acesso múltiplo

## CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

### Colisões ainda *podem* ocorrer:

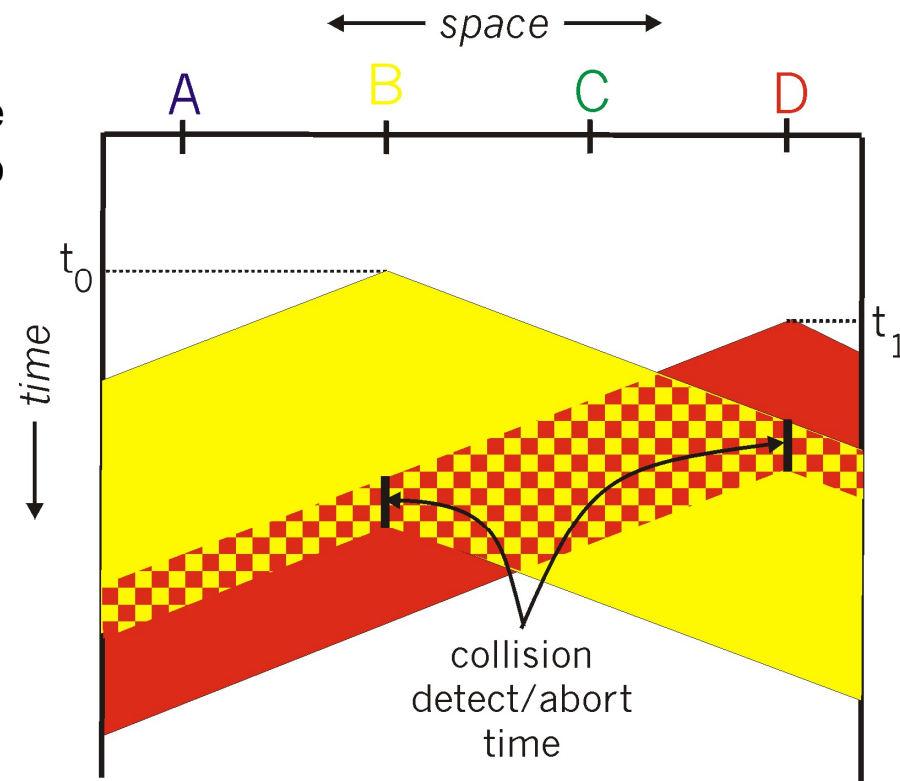
Atraso de propagação significa que dois nós podem não ouvir a transmissão um do outro

### Colisão:

Tempo de transmissão de pacote inteiro desperdiçado

### Nota:

papel da distância & atraso de propagação determinando probabilidade de colisão



# Protocolos de acesso múltiplo

## CSMA/CD (*Colision detection*)

**CSMA/CD:** detecção de portadora, adiada como no CSMA

- colisões *detectadas* dentro de pouco tempo
- transmissões colidindo abortadas, reduzindo desperdício do canal
- detecção de colisão:
  - fácil em LANs com fio: mede intensidades de sinal, compara sinais transmitidos, recebidos
  - difícil nas LANs sem fio: intensidade do sinal recebido abafada pela intensidade da transmissão local
- analogia humana: o interlocutor educado

# Protocolos de acesso múltiplo

## Três classes gerais:

- *Particionamento de canal*
  - Divide o canal em “pedaços menores” (intervalos de tempo, frequência, código)
  - Aloca pedaço ao nó para uso exclusivo
- *Acesso aleatório*
  - Canal não dividido, permite colisões
  - “recupera” de colisões
- **“Revezando”**
  - Os nós se revezam, mas os nós com mais a enviar podem receber mais tempo

# Protocolos de acesso múltiplo

## *Revezando*

### ***Protocolos MAC de particionamento de canal:***

- compartilham canal de modo *eficaz* e *justo* com alta carga
- ineficaz com baixa carga: atraso no acesso ao canal,  $1/N$  largura de banda alocada mesmo que apenas 1 nó ativo!

### ***Protocolos MAC de acesso aleatório***

- eficaz com baixa carga: único nó pode utilizar o canal totalmente
- alta carga: sobrecarga de colisão

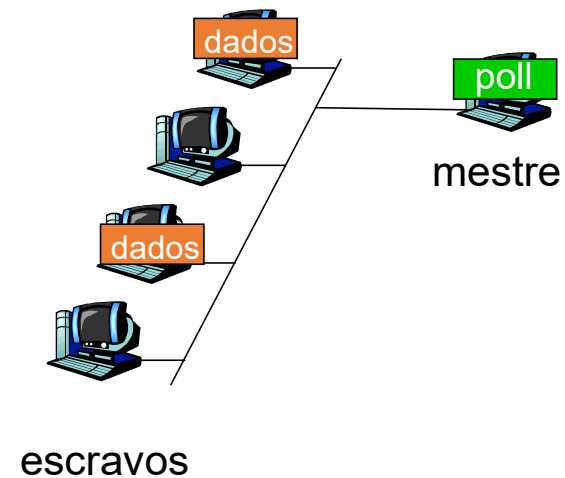
### ***“Revezando” protocolos***

procure o melhor dos dois mundos!

# Protocolos de acesso múltiplo

## Polling (seleção):

- nó mestre “convida” nós escravos a alterarem a transmissão
- normalmente usado com dispositivos escravos “burros”
- preocupações:
  - sobrecarga da seleção
  - latência
  - único ponto de falha (mestre)



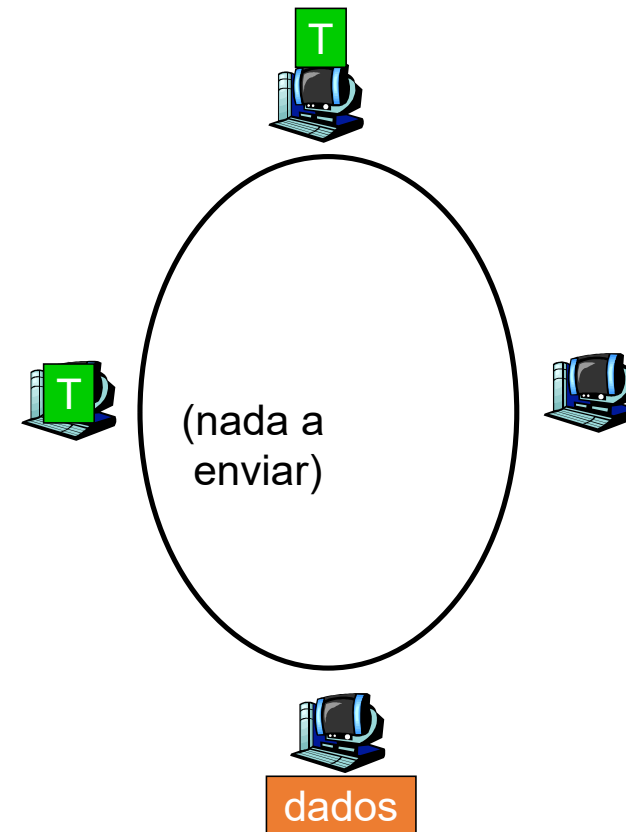


# Protocolos de acesso múltiplo

## Passagem de permissão:

- ✓ permissão de controle passada de um nó para o próximo sequencialmente.
- ✓ Mensagem de permissão
- ✓ Preocupações:
  - Sobrecarga da permissão
  - Latência
  - Único ponto de falha (permissão)

*O Protocolo Token Ring, criado pela IBM na década de 60, só podem ser usados em redes que possuem uma topologia em Anel.*



# Protocolos de acesso múltiplo

## Resumo

- *Particionamento de canal*, por tempo, frequência ou código:
  - Time Division, Frequency Division
- *Acesso aleatório* (dinâmico),
  - ALOHA, S-ALOHA, CSMA, CSMA/CD
  - percepção de portadora: fácil em algumas tecnologias (com fio), difícil em outras (sem fio)
  - **CSMA/CD usado na Ethernet**
  - **CSMA/CA usado na 802.11**
- *Revezamento*
  - polling do site central, passagem de permissão
  - Bluetooth, FDDI, IBM Token Ring



*Obrigado!*



# Referências :

**Camada de Enlace**  
**Protocolos de Acesso múltiplo**  
**Capítulo 5** - Páginas de 330 à 340



# Referências :

**Protocolos de Acesso Múltiplo**  
**Capítulo 4** - Páginas de 164 à 174



