## Redes de Computadores 2

Parte 05 – camada de enlace – comutador e VLAN

Prof. Kleber Vieira Cardoso



# **Tópicos**

- Comutadores
  - Características
  - Tabela de comutação e autoaprendizagem
- VLAN (Virtual Local Area Network)
  - IEEE 802.1Q

### Hub (concentrador)

- Repetidor ("burro") da camada física:
  - bits vindos de um dado enlace saem por todos os outros enlaces na mesma taxa
  - todos os nós conectados ao hub podem colidir uns com os outros
  - não há armazenamento temporário ("bufferização") de quadros

hub

par trançado

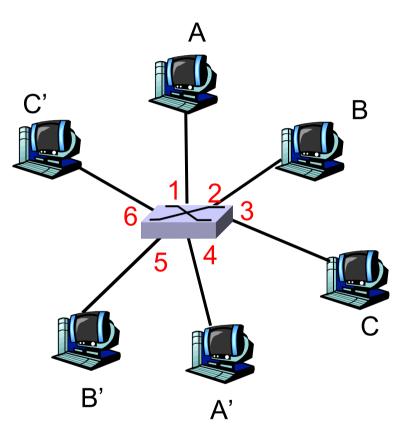
 não há CSMA/CD no hub: interfaces dos hosts detectam as colisões

## Comutador (switch)

- Dispositivo da camada de enlace: mais "inteligente" que o hub, i.e. tem papel ativo
  - armazena e retransmite quadros Ethernet
  - examina o cabeçalho do quadro e seletivamente encaminha o quadro para um ou mais enlaces de saída, usa o CSMA/CD para acessar o segmento
- transparente
  - hosts ignoram a presença do switch
  - quadros continuam sendo trocados entre os hosts
- plug-and-play, self-learning (autodidata)
  - o comutador não precisa ser configurado

# Switch: permite múltiplas transmissões simultâneas

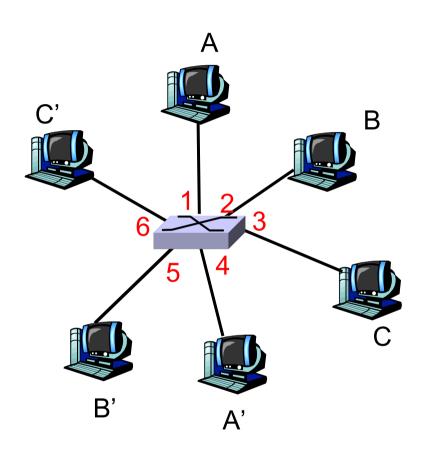
- Hosts têm conexão direta e dedicada para o switch
- Os switches armazenam quadros
- O protocolo Ethernet é usado em <u>cada</u> enlace de entrada e, em geral, não há colisões, pois são full-duplex
  - cada sentido do enlace é o seu próprio domínio de colisão
- Exemplo de comutação: A-para-A' e B-para-B' simultaneamente, sem colisões
  - isso não é possível com hub



switch com seis interfaces (1,2,3,4,5,6)

## Tabela de comutação

- P: como o switch sabe que A' é alcançável através da interface 4 e que B' é alcançável a partir da interface 5?
- R: cada switch possui uma tabela de comutação e cada entrada contém:
  - <endereço MAC do host, interface para alcançar o host, estampa de tempo>
- parece uma tabela de roteamento!
- P: como são criadas e mantidas as entradas na tabela de comutação?
  - há algo como um protocolo de roteamento?

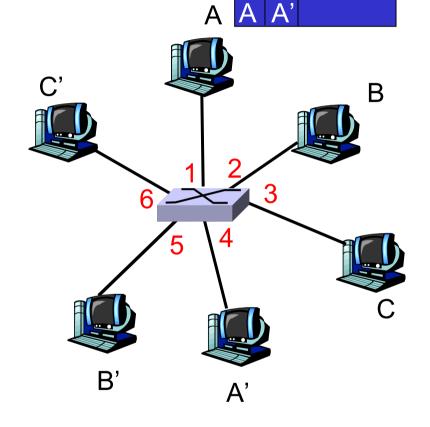


switch com seis interfaces (1,2,3,4,5,6)

# Switch: autoaprendizagem

- Switch "aprende" quais hosts podem ser alcançados através de quais interfaces
  - quando um quadro é recebido, o switch "aprende" a localização do transmissor: segmento de rede local de entrada
  - registra transmissorinterface-tempo na tabela de comutação

Tabela de comutação (inicialmente vazia)



Origem: A

Dest: A'

End. MAC	interface	e tempo
Α	1	60

#### Switch: Filtragem/Repasse de quadros

#### Quando um comutador recebe um quadro:

```
registra o enlace associado com o host transmissor procura o endereço MAC do destino na tabela de comutação
```

```
se entrada encontrada para o destino
então {
```

se destino estiver no segmento de onde veio o quadro então descarta o quadro

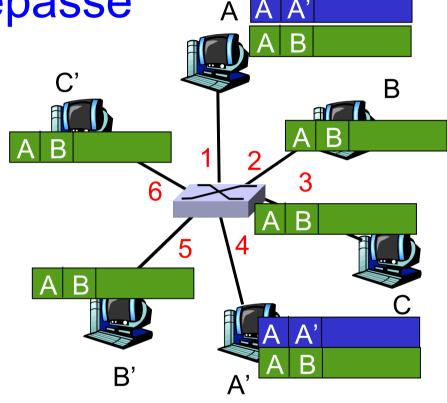
senão repassa o quadro na interface indicada

senão usa inundação

Repassa o quadro para todas as demais interfaces, exceto aquela em que o quadro foi recebido

# Exemplo de autoaprendizagem e repasse

- Destino B desconhecido: inundação
- Destino A' conhecido: transmissão seletiva



End. MAC	interface	TTL
Α	1	60
A'	4	60

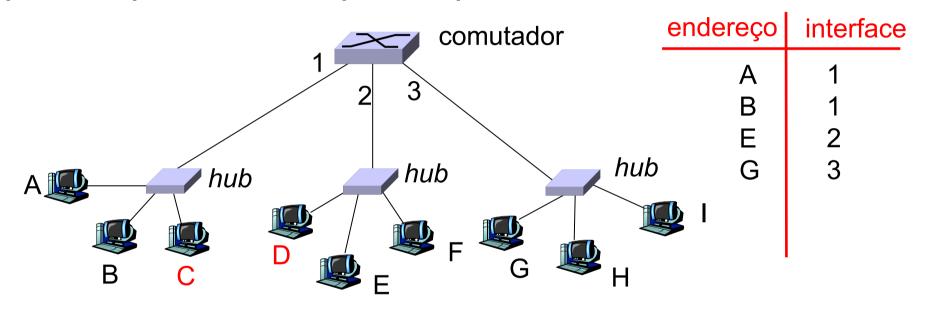
Tabela de comutação (inicialmente vazia)

Origem: A

Destino

#### Exemplo com comutador+hubs

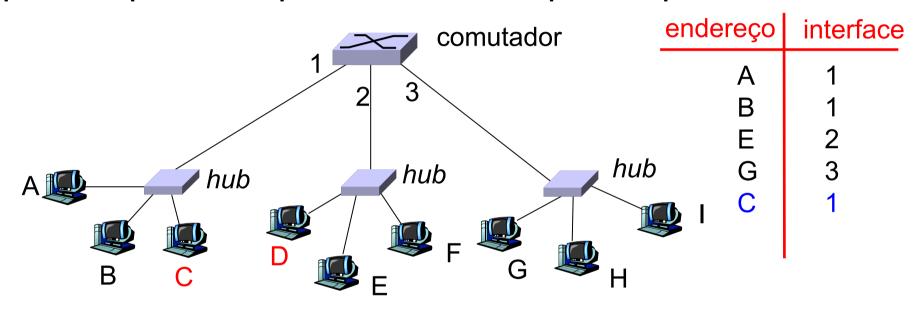
#### Suponha que C envia quadro para D



- Comutador recebe o quadro vindo de C
  - anota na tabela de comutação que C está na interface 1
  - supondo que D não se encontra na tabela, encaminha o quadro para as demais interfaces: 2 e 3
- Quadro é recebido por D

#### Exemplo com comutador+hubs (cont.)

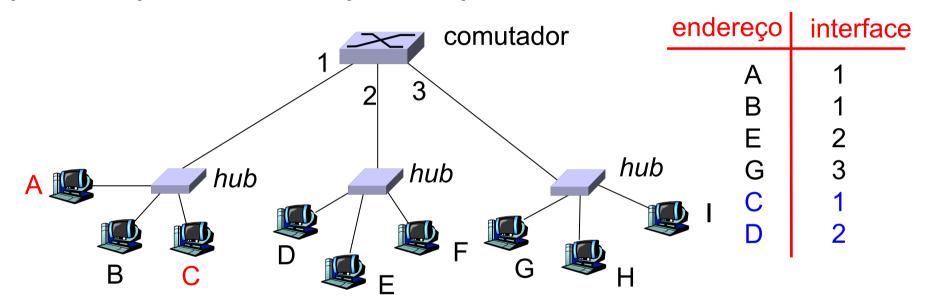
Suponha que D responde com um quadro para C



- comutador recebe o quadro vindo de D
  - anota na tabela de comutação que D está na interface 2
  - dado que C está na tabela, encaminha o quadro apenas na interface 1
- quadro é recebido por C

#### Exemplo com comutador+hubs (cont.)

#### Suponha que C envia quadro para A



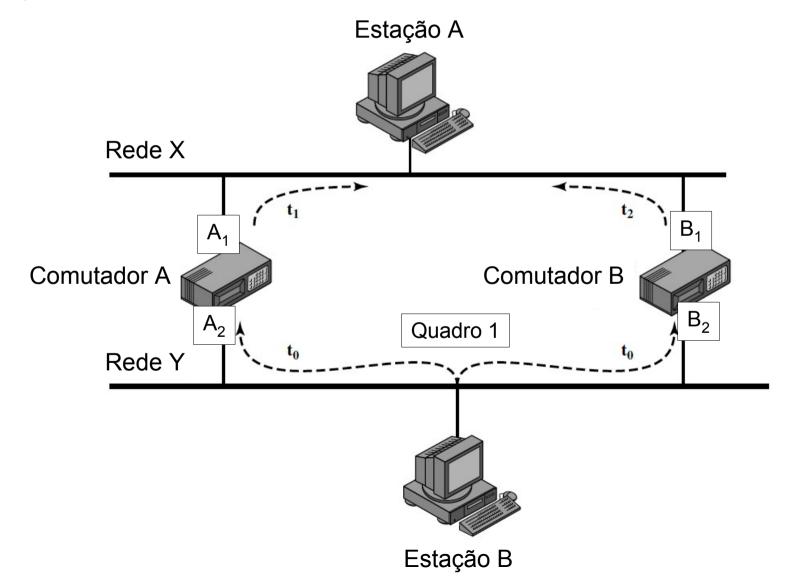
- Comutador recebe o quadro vindo de C
  - descarta, pois a interface de destino é a mesma de onde veio o quadro
- Quadro é recebido por A (se não houve colisão)

## Propriedades do comutador

- Elimina de colisões
- Integra enlace heterogêneos
- Facilita a gerência
  - Dificulta a captura de quadros na rede
  - Pode detectar uma NIC com problema e desconectá-la
  - Isola um segmento de rede com problema sem afetar o restante de rede

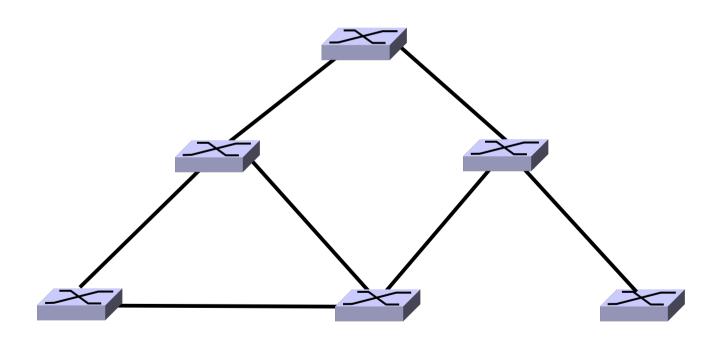
#### Laços na rede

 São graves? Analise o exemplo. A qual interface cada comutador associou a estação B após o envio do Quadro 1? Assuma tabelas vazias



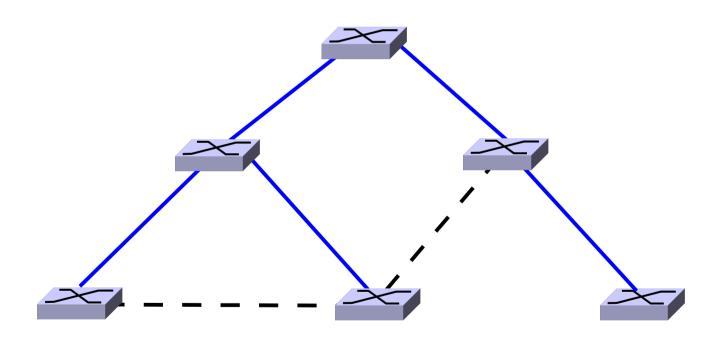
# Laços na rede (cont.)

• Como resolver?



## Laços na rede (cont.)

 Usando um algoritmo de árvore geradora (spanning tree)



# Spanning tree

- Algoritmo consiste de três mecanismos:
  - Aprendizado de endereços funcionamento convencional
  - Encaminhamento de quadro funcionamento convencional, porém com a seguinte alteração:
    - Quando o endereço de destino já está na tabela, antes de enviar é necessário verificar se a interface não está no estado bloqueado
  - Resolução de laço

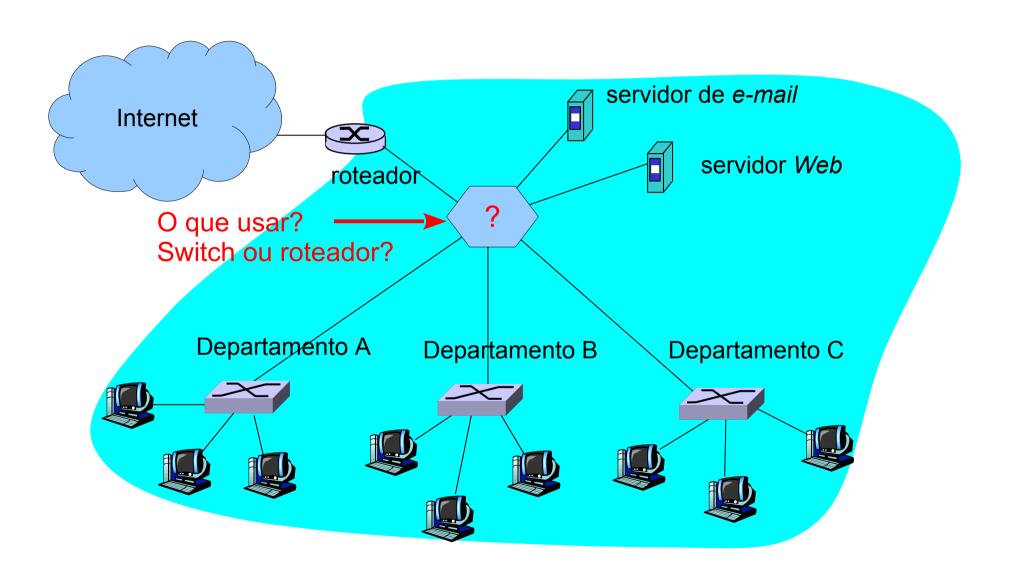
# Spanning tree (cont.)

- Resolução de laço:
  - Todas os comutadores divulgam seu ID único
    - O comutador com menor ID é escolhido como raiz
  - Algoritmo calcula o caminho com menor custo (ou mais curto, de acordo com alguma métrica) a partir da raiz para todos os comutadores (i.e. a spanning tree)
  - A árvore é difundida para todos os comutadores para identificar como as portas devem ser configuradas
    - Determinadas portas devem permanecer no estado de encaminhamento, enquanto outras devem passar para o estado bloqueado

# Spanning tree (cont.)

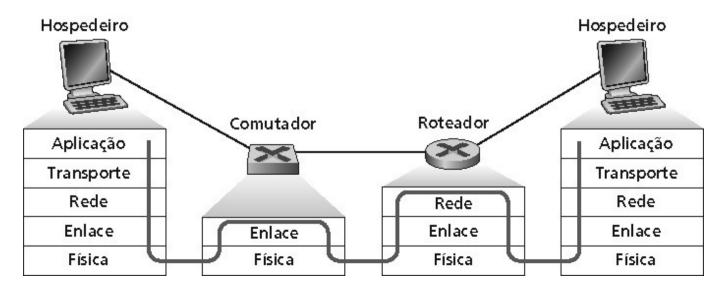
- Resolução de laço resultado simples de teoria dos grafos:
  - Para cada grafo conectado, composto de vértices e arestas, as quais conectam pares de vértices, há uma árvore geradora que mantém o grafo conexo, mas não contém laços
- IEEE 802.1 padrão para: LAN/MAN, interligação de LANs/MANs e correlatos (segurança, gerência, etc.)
  - Define o STP (Spanning Tree Protocol) e RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol)
    - Cada comutador (ou ponte) deve ter um identificador único e um custo associado a cada porta (exemplo, pode ser o mesmo custo ou com base na velocidade)
    - Um comutador é escolhido como raiz e uma árvore geradora mínima é encontrada
    - Sempre que há uma mudança na topologia, os comutadores recalculam a árvore geradora

## Rede Institucional/corporativa



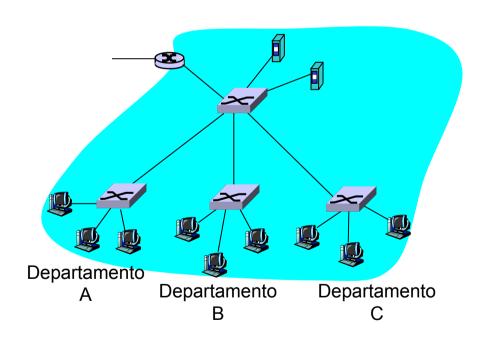
#### Comutadores vs. Roteadores

- Ambos são dispositivos do tipo armazena-e-repassa
  - Roteadores: dispositivos da camada de rede (examinam os cabeçalhos da camada de rede) – separam domínios de difusão
  - Comutadores: dispositivos da camada de enlace separam domínio de colisão (ex.: solicitação ARP inunda a rede)
- Roteadores mantêm tabelas de roteamento, implementam algoritmos de roteamento
- Comutadores mantêm tabelas de comutação, implementam filtragem, algoritmos de aprendizagem



## VLANs: motivação

# Quais as desvantagens dessa configuração?



- Único domínio de difusão
  - todo tráfego de difusão da camada 2 (ARP, DHCP, etc.) passa por toda a rede (questões de eficiência, segurança/privacidade)
- Uso ineficiente dos comutadores
  - Exemplo: comutador com 12 portas, mas em uso apenas 3 (na figura)

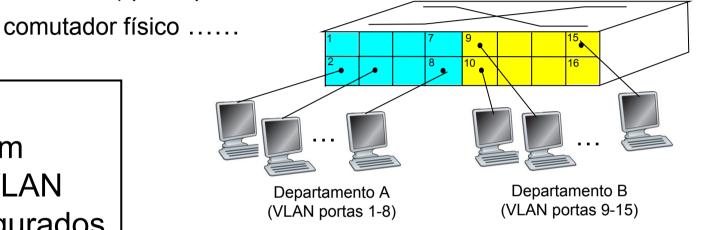
#### **VLANs**

#### VLAN (baseada em porta):

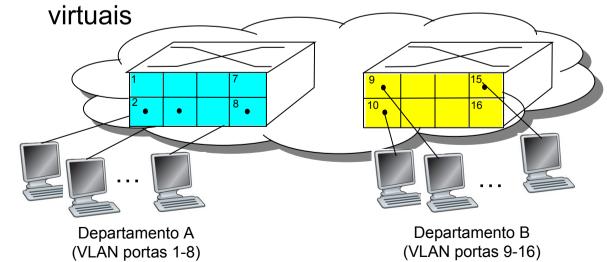
portas de comutador agrupadas (por software de gerenciamento do comutador) para que *único* 

#### Virtual Local Area Network

Comutadores com capacidade de VLAN podem ser configurados para definir múltiplas redes locais *virtuais* usando uma única infraestrutura de rede física

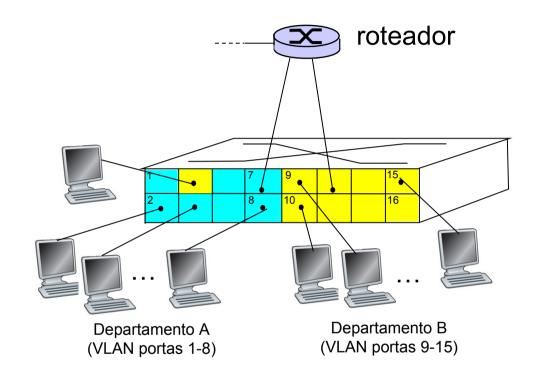


.. opere como *múltiplos* comutadores



### VLAN baseada em porta

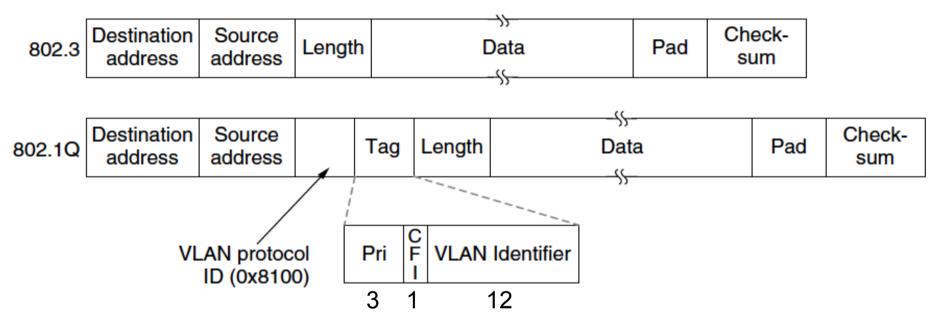
- Isolamento de tráfego: quadros de/para portas 1-8 só podem alcançar portas 1-8
  - É possível definir VLAN com base em endereços MAC das extremidades ou outros critérios (tipo de camada de rede, endereço de rede, grupo multicast, política, etc.), porém exige equipamentos mais sofisticados => mais caros



- Reencaminhamento entre VLANS: feito por roteamento (assim como em comutadores separados)
  - Na prática, é comum encontrar equipamentos que são uma combinação de comutador e roteador (comutador de nível 3 - layer-3 switch)

#### **IEEE 802.1Q**

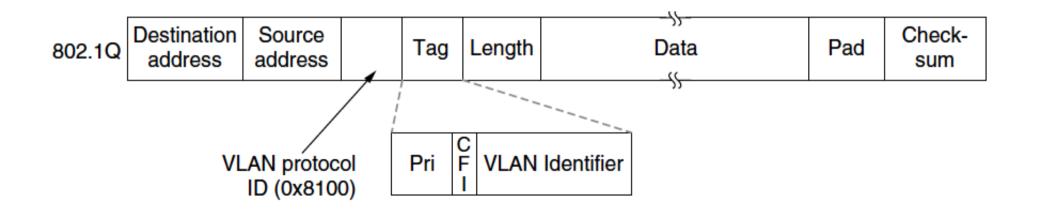
Introduz um rótulo de VLAN no cabeçalho Ethernet



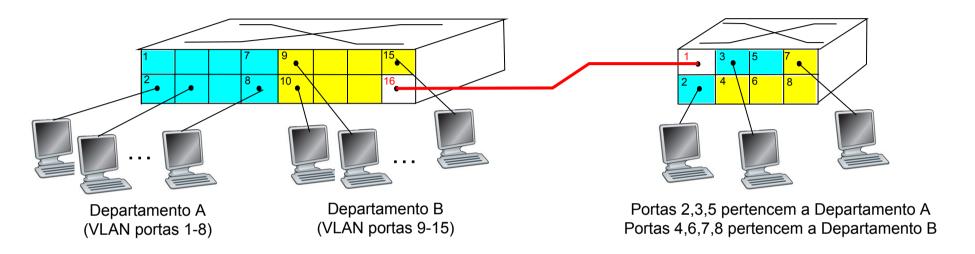
- Dúvidas: como lidar com o novo cabeçalho? Descartar NICs antigas? Como tratar quadros que já possuem tamanho máximo?
- Solução: apenas comutadores cientes de VLAN precisam tratar o novo cabeçalho. Antes de enviar um quadro para NIC ou comutador legado, retirar o rótulo de VLAN

### IEEE 802.1Q (cont.)

- Todos os quadros com VLAN usam o identificador de protocolo VLAN (0x8100)
- Os 3 bits de prioridade são definidos por outro padrão: IEEE 802.1p
- O campo de identificação de VLAN é o que permite associar cada quadro a uma VLAN



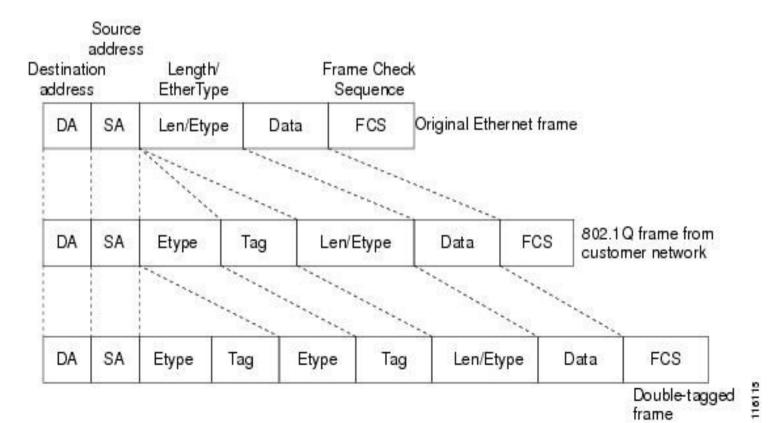
#### VLANs sobre múltiplos comutadores



- Porta de tronco: carrega quadros entre VLANs definidas sobre vários comutadores físicos
  - Oferece grande flexibilidade
  - No entanto, quadros repassados dentro da VLAN entre comutadores não podem ser quadros comuns, precisam de identificador de VLAN ID

#### Q-in-Q - IEEE 802.1d

- Permite transportar VLANs sobre VLANs
- Amplia o número de redes virtuais: 4096x4096
- Útil em redes metropolitanas para encapsular tráfego de diferentes clientes



# Q-in-Q - IEEE 802.1d (cont.)

#### Exemplo

