

# Comutação



**SATC**

EDUCAÇÃO E NEGÓCIOS

# Definição

- É um processo encaminhar dados de um ponto de entrada para um ponto de saída através de nós intermediários.
- Andrew Tanenbaum cita que é uma técnica fundamental usada para “encaminhar unidades de dados (tipicamente pacotes ou células) de uma interface de entrada para uma ou mais interfaces de saída.”
- A ideia é criar um caminho temporário que será utilizado para a transmissão entre o remetente e o destinatário.
- Através da comutação os recursos de rede são otimizados, permite que vários dispositivos compartilhem recursos. É inviável ter circuitos dedicados para cada par de dispositivos.

# Definição

- Surgiu com o desenvolvimento da telefonia pública – antigamente as telefonistas chaveavam as chamadas de entrada e saída através de cabos.
- O termo comutação também pode ser encontrado na literatura como CHAVEAMENTO, SWITCHING ou ENCAMINHAMENTO.
- Em redes de computadores os quatro principais tipos de comutação são: Circuitos, Mensagens, Pacotes e Células.

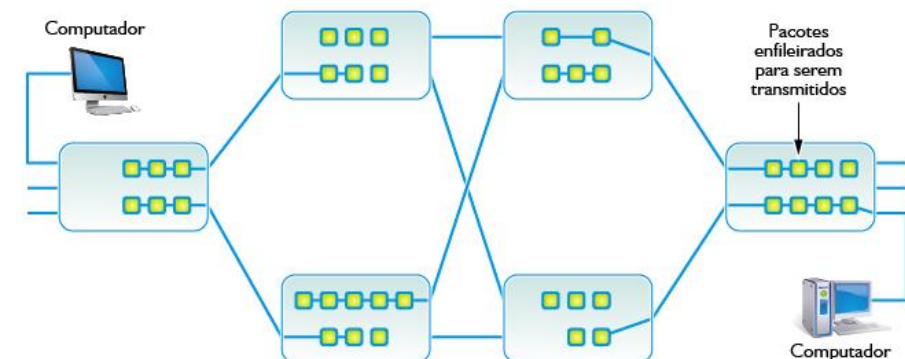
# Comutação de Circuitos

## Circuit Switching



**SATC**  
EDUCAÇÃO E NEGÓCIOS

- Caminho físico dedicado entre remetente e destinatário estabelecido antes do início da transmissão.
- O caminho permanece dedicado mesmo quando não há comunicação.
- Comunicação FULL DUPLEX.
- Orientação a CONEXÃO.
- Exemplo: Redes telefônicas tradicionais.



# Comutação de Circuitos

## Circuit Switching

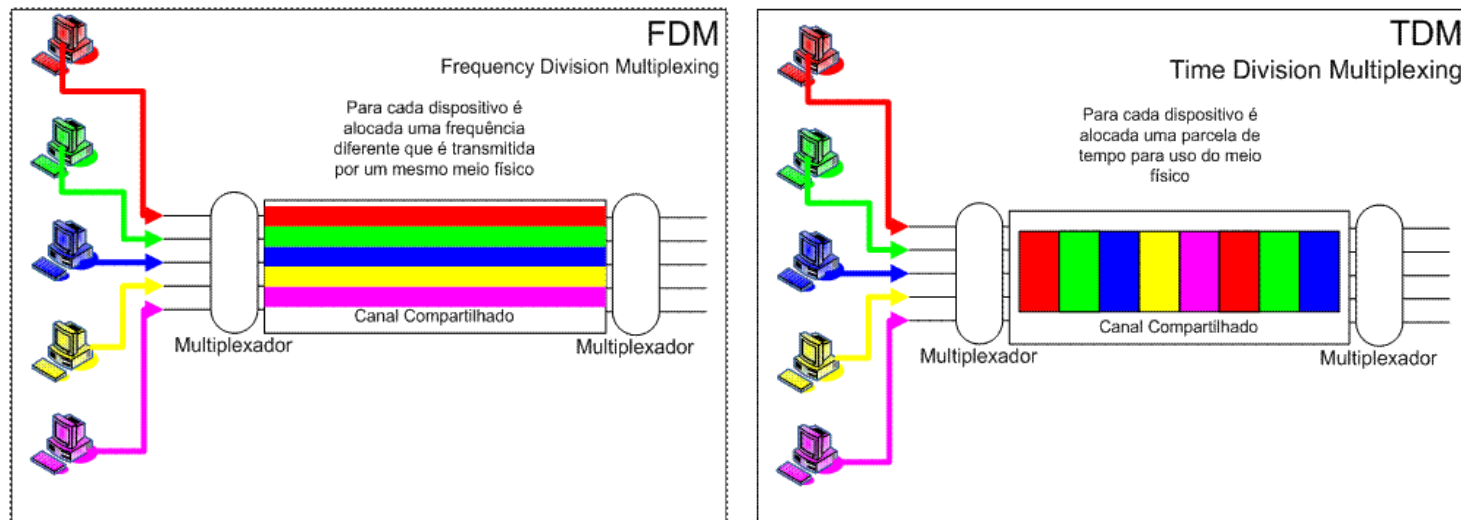


- Em redes de comutação de circuitos através de técnicas de Multiplexação é possível compartilhar o mesmo link físico em múltiplos circuitos – **FDM** e **TDM**.
- **FDM** - Frequency Division Multiplexing – divide o canal de comunicação em múltiplas bandas de frequência alocadas à diferentes usuários ou fluxo de dados.

# Comutação de Circuitos

## Circuit Switching

- **TDM** – Time Division Multiplexing – Divide o canal de comunicação em múltiplos slots de tempo que são alocados à diferentes usuários ou fluxos de dados.



# Comutação de Circuitos

## Circuit Switching



- **Vantagens**

- Garantia de recursos.
- Sem congestionamentos.
- Qualquer disputa de acesso ocorre somente na fase de conexão.
- Não existe processamento nos nós intermediários.
- Controle é realizado nas extremidades.

- **Desvantagens**

- Desperdício de banda e recursos em momentos de ociosidade.
- Sem correção de erros.
- Pode ocorrer atraso no estabelecimento de rotas se todos os canais estiverem ocupados.
- Como a rota é ocupada durante toda a conexão, há pouco aproveitamento da banda total do canal.
- Podem haver bloqueios por conta de circuitos ocupados
- É tarifado de acordo com a distância – Ocupam mais circuitos.

# Comutação de Pacotes

## Packet Switching



**SATC**  
EDUCAÇÃO E NEGÓCIOS

- Fundamental para a internet e redes locais modernas.
- Não existe circuito dedicado como na comutação de circuitos.
- Os dados são divididos em unidades menores, pacotes, onde cada um dos pacotes possui uma porção dos dados a serem enviados e também dados de controle que são processados por todos os nós da rede.
- O tamanho dos pacotes é definido pelos protocolos de rede (MTU).



# Comutação de Pacotes

## Packet Switching



**SATC**  
EDUCAÇÃO E NEGÓCIOS

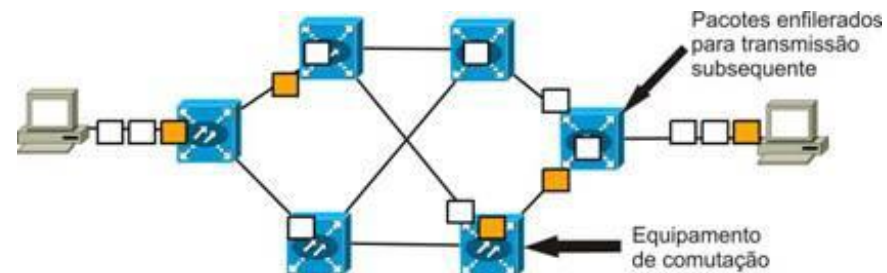
- Os dados de controle contém dados como endereço de origem e destino, controle de sequência e informações de roteamento.
- Cada pacote é roteado de maneira independente.
- Cada pacote só é encaminhado após ser recebido completamente, com isso, é possível realizar a verificação de erros e decisões de roteamento – Store-and-Forward.
- Como os pacotes podem ser roteados por diferentes caminhos, um atraso variável pode ser notado.
- A remontagem dos dados é realizada no destino quando todos os pacotes são entregues.

# Comutação de Pacotes Packet Switching



**SATC**  
EDUCAÇÃO E NEGÓCIOS

- Mais tolerante a falhas por utilizar vários caminhos.
- É tarifado por volume do tráfego de dados.



# Comutação de Pacotes

## Packet Switching



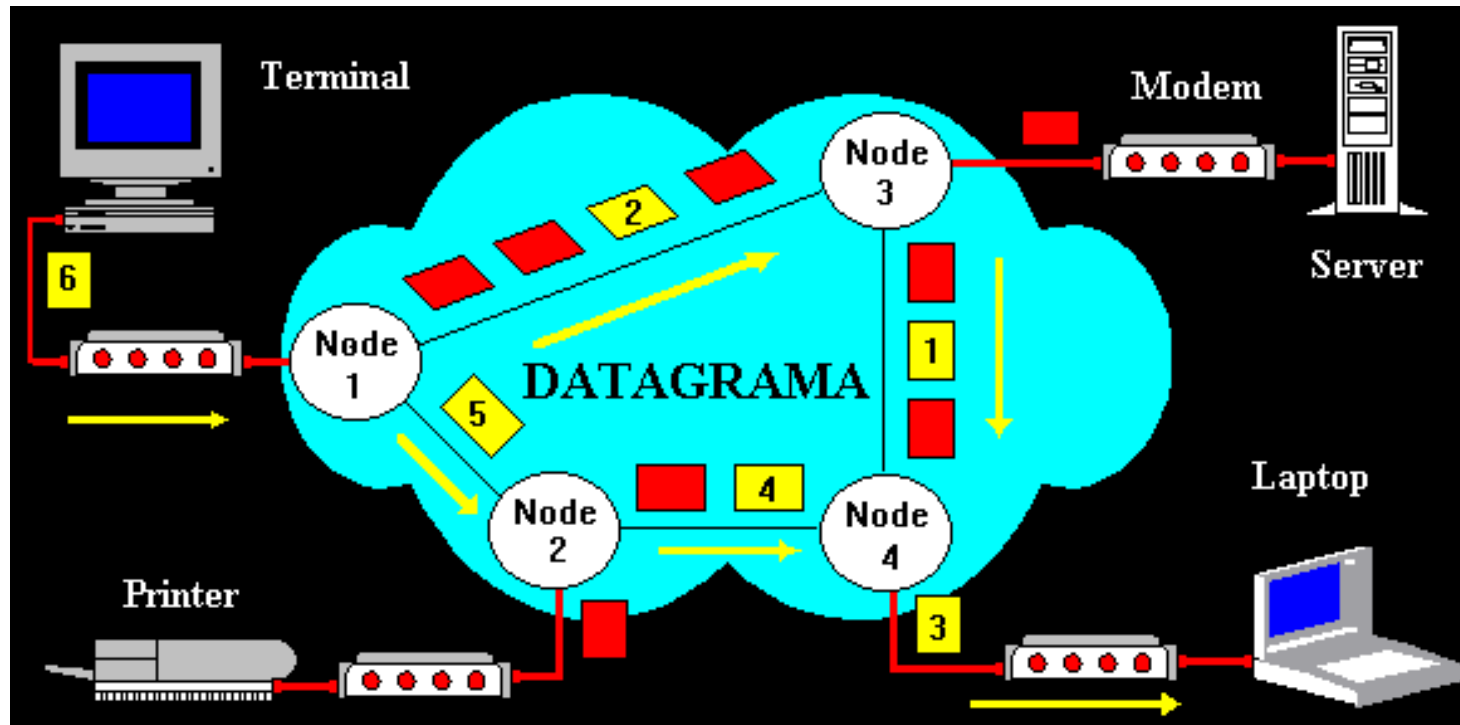
- A comutação de pacotes pode ser implementada de duas formas: **Datagrama** e **Circuito Virtual**.
- **Datagrama**
  - Cada pacote é roteado independentemente, não há estabelecimento de um caminho ou circuito antecipadamente.
  - Cada pacote contém o endereço completo do destino, do remetente e um sequencial.
  - Os pacotes podem chegar fora de ordem e podem seguir caminhos diferentes até o destino.
  - Não é mantido informações sobre o estado das conexões.
  - Ex.: Internet (IP)

# Comutação de Pacotes

## Packet Switching



**SATC**  
EDUCAÇÃO E NEGÓCIOS



# Comutação de Pacotes

## Packet Switching



- **Circuito Virtual**

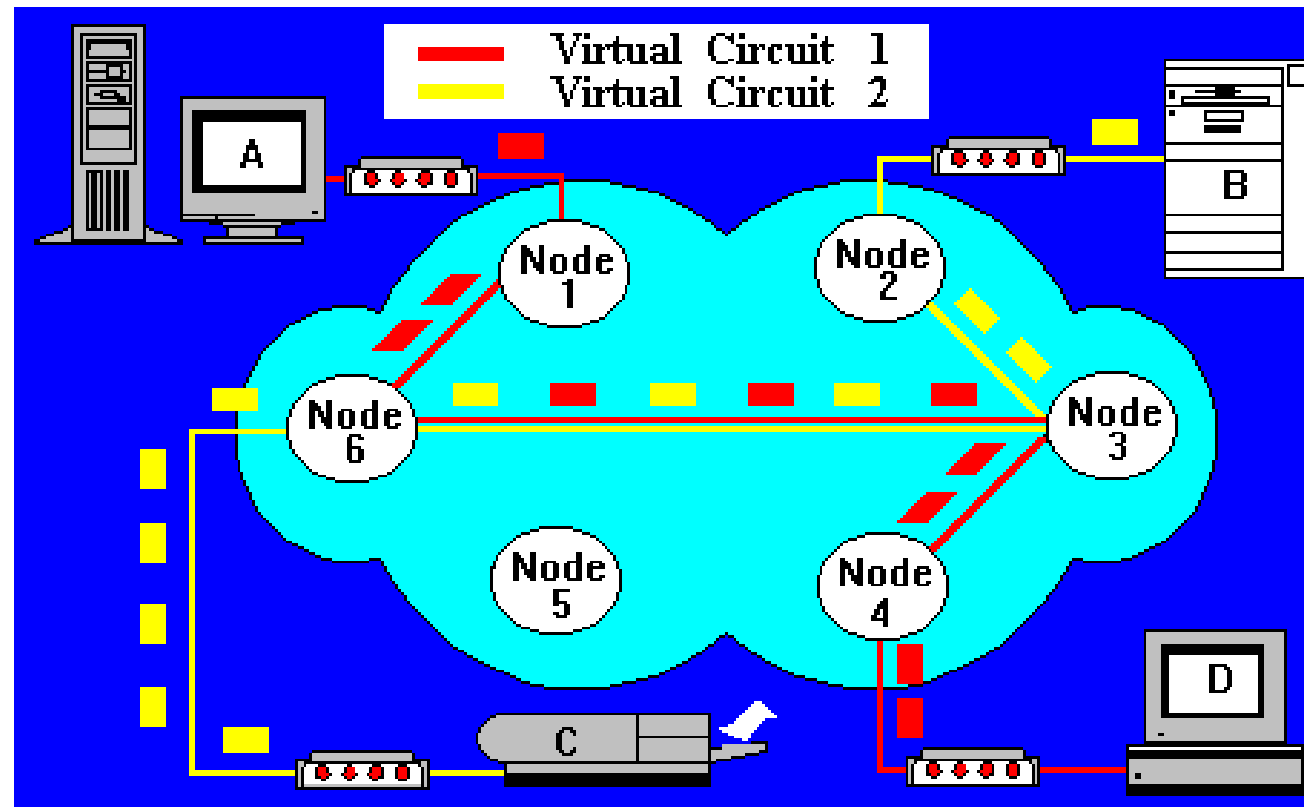
- Um caminho lógico é estabelecido entre o remetente e o destinatário antecipadamente.
- Todos os pacotes seguem esse caminho virtual.
- Cada pacote contém um identificador desse circuito virtual (VCID) ao invés de conter o endereço do destinatário.
- A rede mantém informações sobre o estado dos circuitos virtuais estabelecidos.
- A ordem de entrega dos pacotes é garantida.
- Pode ser aplicado QoS.
- Ex.: ATM e Frame Relay.

# Comutação de Pacotes

## Packet Switching



**SATC**  
EDUCAÇÃO E NEGÓCIOS



# Comutação de Pacotes

## Packet Switching



- **Vantagens**

- Uso otimizado da largura de banda.
- Flexibilidade – caminhos diferentes podem ser utilizados.
- Adequado para dados (intermitente).
- Priorização (QoS).
- Simplicidade – escalável para diversos tipos de tráfego e usuários.

- **Desvantagens**

- Jitter.
- Overhead – cada pacote contém informações detalhadas para ser processada e transmitida.
- Bufferização - Nós intermediários armazenam os pacotes antes de transmitir – em caso de atraso podem haver perdas.
- Complexidade de roteamento e controle de congestionamento.
- Não há garantia da largura de banda.
- Remontagem dos pacotes na ordem correta no destino.

# Comutação de Mensagens

## Message Switching



**SATC**  
EDUCAÇÃO E NEGÓCIOS

- A mensagem inteira é transmitida de um nó para o próximo dentro da rede.
- Cada nó armazena a mensagem inteira antes de transmiti-la ao próximo nó – store and forward.
- A mensagem só é encaminhada para o próximo nó quando ela for recebida integralmente.
- Não existe caminho físico dedicado entre transmissor e receptor.
- A mensagem é entregue ao meio juntamente com o endereço do destinatário.
- Cada nó tem autonomia para escolher para onde a mensagem será encaminhada.
- O tempo para armazenar e encaminhar a mensagem inteira pode levar a atrasos.
- Controles de erros e de fluxo são aplicados em cada seguimento.

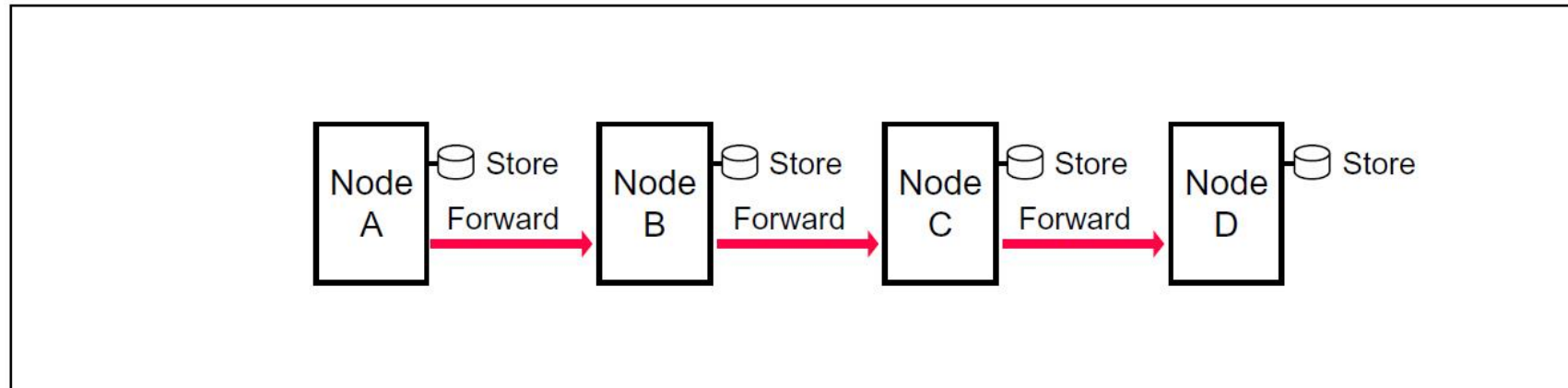


# Comutação de Mensagens Message Switching



**SATC**  
EDUCAÇÃO E NEGÓCIOS

- Ex.: Sistemas de Telex e E-mail



# Comutação de Mensagens

## Message Switching



- **Vantagens**

- Maior aproveitamento das linhas de comunicação.
- Uso otimizado do meio.
- Congestionamentos reduzidos, pois cada nó guarda temporariamente as mensagens recebidas.
- Podem estabelecer-se esquemas de prioridade, permitindo atrasar o envio das mensagens de baixa prioridade e reenvio imediato das mensagens prioritárias.

- **Desvantagens**

- Aumento do tempo de transferência das mensagens.
- Não é bom para aplicações de tempo real nem para aplicações que exijam interatividade.
- Atrasos no tempo de memorização.
- O tempo gasto na busca do próximo nó não é determinístico.
- Os nós envolvidos no percurso necessitam de grande capacidade de armazenamento, pois necessitam armazenar as mensagens inteiras temporariamente.

# Comutação de Células Cell Switching



**SATC**  
EDUCAÇÃO E NEGÓCIOS

- É um tipo de comutação de pacotes porém com unidades de tamanho fixo chamadas de células.
- É orientada a conexão – circuito virtual pré-estabelecido.
- Multiplexação por divisão de tempo assíncrona – células de diferentes conexões são intercaladas em slots de tempo.
- O tamanho fixo da célula facilita o QoS, previsão de atrasos sendo adequada para tráfego sensíveis ao tempo como vídeo e voz.
- Ainda em virtude do tamanho fixo da célula é possível atingir altas taxas de comutação.
- Contém um cabeçalho simplificado contendo apenas dados de roteamento ao longo do VC como VCI e VPI.
- Ex.: Redes ATM – Projetada para integrar serviços de Dados, Voz e Vídeo na mesma rede.

# Comutação de Células Cell Switching



**SATC**  
EDUCAÇÃO E NEGÓCIOS

- **Vantagens**

- Qualidade de Serviço – QoS – facilitado em função do tamanho fixo das células.
- Alta velocidade – processamento simplificado permitiu o desenvolvimento de switches de alta velocidade de processamento.
- Integração eficiente de serviços.

- **Desvantagens**

- Concorrência com redes IP.
- Complexidade – implantação e gerenciamento de redes ATM, por exemplo, é complexo.



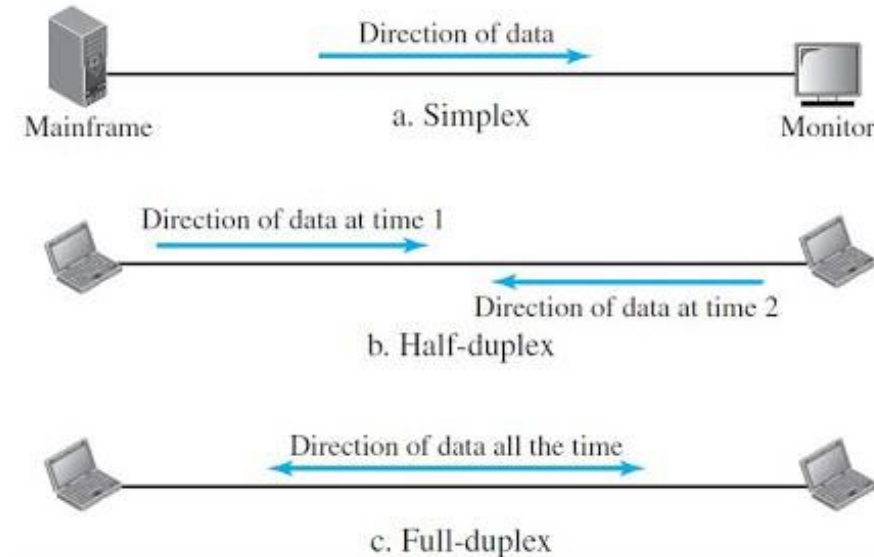
**SATC**  
EDUCAÇÃO E NEGÓCIOS

# Comutação Ethernet

- Redes ethernet, onde recursos e meios são compartilhados, só terá um bom funcionamento quando colisões é aceitável.
- A medida que o número de dispositivos cresce devemos estar atentos a quantidade colisões e pacotes de broadcast gerados.
- Para isso devemos entender quais meios estamos utilizando – simplex, half-duplex ou full-duplex, e também, os equipamentos – repetidores, hubs, switches, roteadores e bridges.
- Os conceitos de domínio de colisão e domínio de broadcast são essenciais para dividir a rede de maneira correta.



# Comutação Ethernet



# Comutação Ethernet

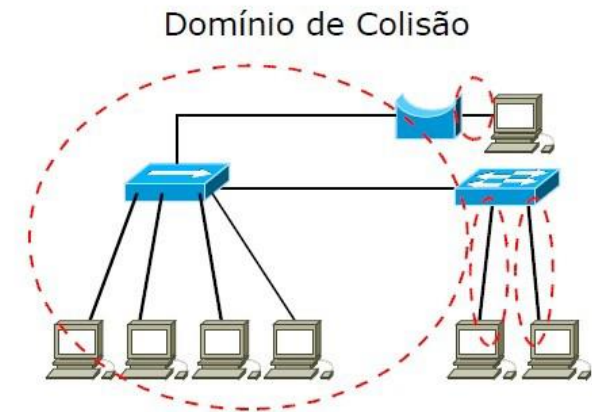


- Camada 1 do modelo OSI, sincroniza, amplifica e transmite o dado (sequência de bits)
- Camada 2 do modelo OSI, encaminha ou filtra os dados (quadros) com base no endereço físico (endereço MAC).
- Camada 3 do modelo OSI, encaminha ou filtra os dados (pacotes) com base no endereço lógico (endereço IP).



# Comutação Ethernet

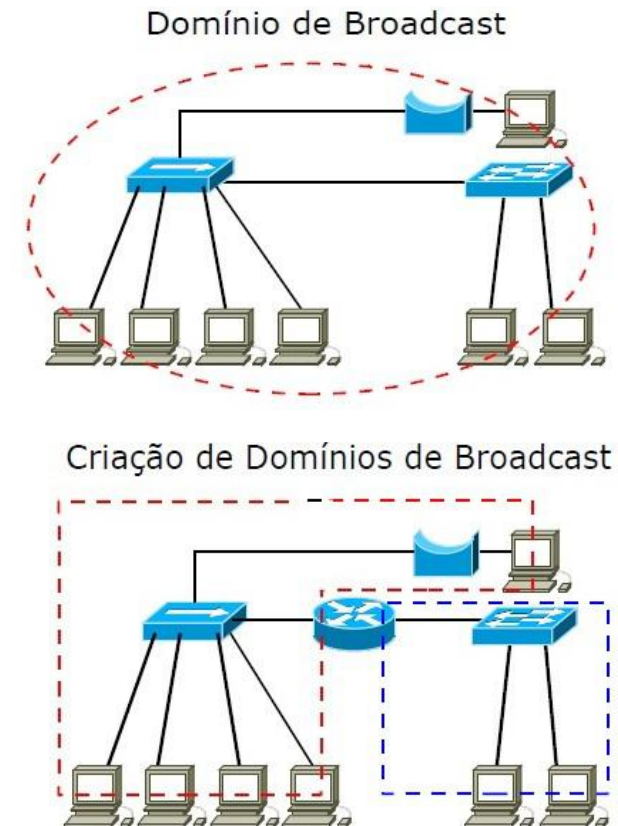
- **Domínio de Colisão** – É um seguimento de rede onde dois ou mais dispositivos podem transmitir dados ao mesmo tempo. A delimitação de domínios de colisão é realizada através de dispositivos de Camada 2.
- As estações conectadas ao HUB fazem parte do mesmo domínio de colisão.
- As estações conectadas a bridge e ao switch foram outros domínios de colisão.





# Comutação Ethernet

- **Domínio de Broadcast** – É uma área lógica de rede onde qualquer pacote endereçado ao endereço de broadcast (FF:FF:FF:FF:FF:FF em Ethernet ou um endereço IP com todos os bits do host em 1) é recebido por todos os dispositivos dentro desse domínio. Domínios de broadcast são delimitados por dispositivos de Camada 3.

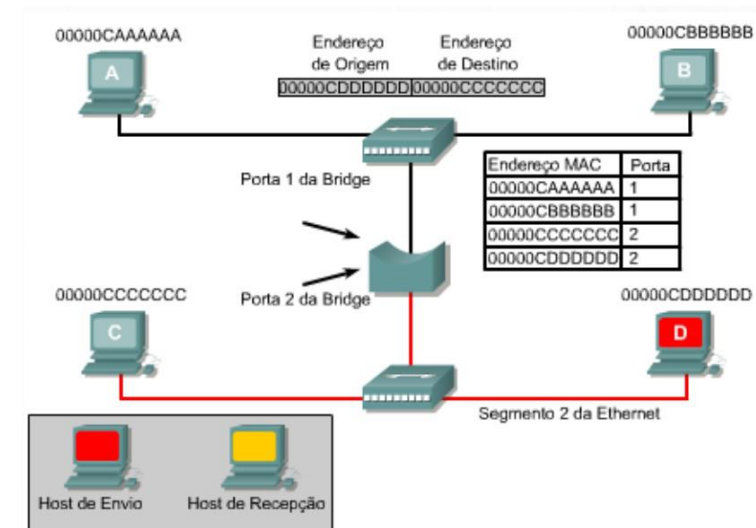




# Comutação Ethernet

## Bridging de Camada 2

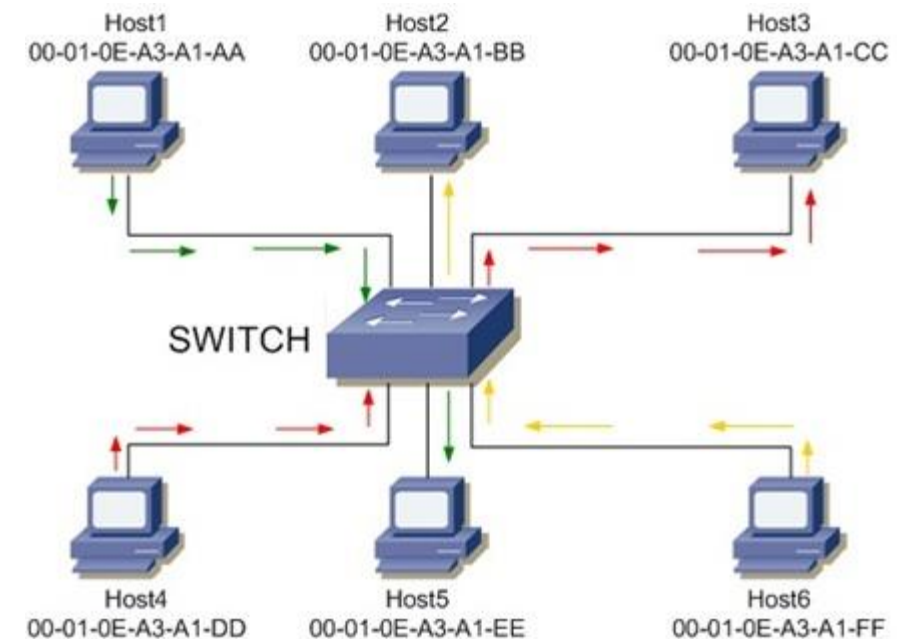
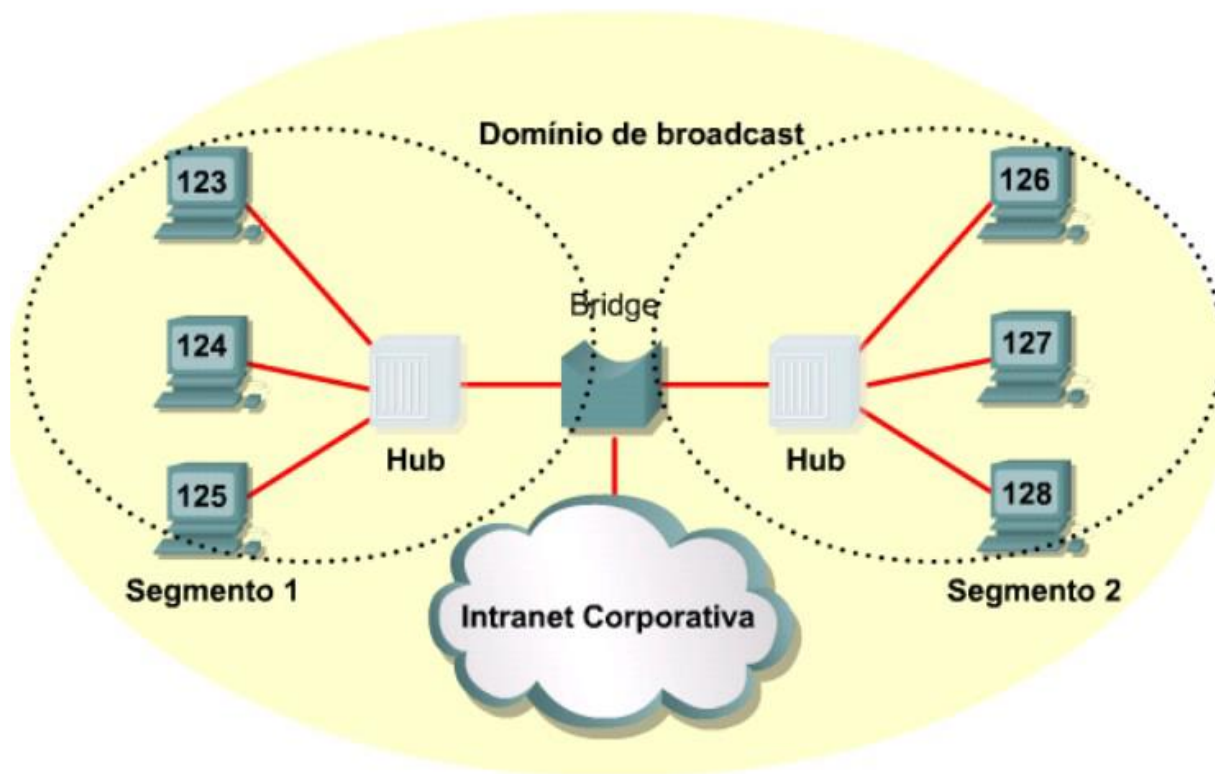
- Quando aumentamos o número de dispositivos em um seguimento de rede aumentamos também o domínio de colisão.
- Uma possível solução é adicionarmos bridges de Camada 2 para dividir o domínio de colisão em seguimentos menores.
- Uma bridge de Camada 2 aprendem os endereços físicos conectados a cada uma das suas portas e encaminha o tráfego entre elas quando necessário.
- Possui duas portas e apesar de dividir o domínio de colisão, não divide o domínio de broadcast.
- Um switch é uma bridge multiportas.
- Switches suportam full-duplex (dependendo da NIC) e assim não existe competição para o uso do meio.





**SATC**  
EDUCAÇÃO E NEGÓCIOS

# Comutação Ethernet

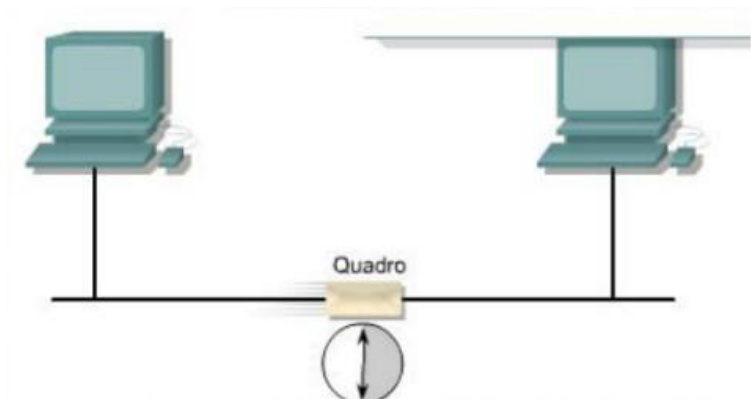




# Comutação Ethernet

## Latência

- Atraso que um quadro sofre para ir da origem até o destino.
- Meio físico, software utilizado nas decisões de comutação, conteúdo do quadro e o processamento do quadro ao longo do caminho são variáveis que contribuem para a latência em comutação de camada 2.



# Spanning-Tree Protocol

- Topologias de rede com caminhos redundantes entre switches para disponibilidade gerou um problema grave para ser resolvido: loops de Camada 2.
- Os loops de Camada 2 causam problemas graves, entre eles:
  - **Broadcast Storms** – quando um switch recebe um quadro de broadcast ele o encaminha para todas as outras portas, havendo um loop na rede esse quadro pode circular infinitamente na rede consumindo toda a largura de banda disponível, causa sobrecarga nos dispositivos e deixa a rede indisponível.
  - **Múltiplo Encaminhamento de Quadros Unicast** – mesmo quadros unicasts podem ser transmitidos em duplicidade levando a processamentos desnecessários e causando confusão no destino.
  - **Instabilidade na Tabela MAC** – o switch mantém uma tabela que relaciona endereços MAC com as portas dos switches, é assim que ele sabe para qual porta encaminhar cada quadro. Um loop pode levar o switch a receber o mesmo endereço MAC por diversas portas necessitando assim atualizar a tabela constantemente e causando problemas no encaminhamento.

# Spanning-Tree Protocol

- Para evitar que loops de camada 2 foi desenvolvido o protocolo Spanning-Tree.
- Através do STP os switches conseguem montar uma topologia lógica da rede e eliminar (bloquear as portas) que possuem loops detectados.
- Apesar de eliminar os loops físicos de camada 2, o STP mantém os links redundantes como “backups”.
- Os switches utilizam mensagens chamadas de BPDU (Bridge Protocol Data Units) e através delas é que o controle do STP é realizado.

# Spanning-Tree Protocol

## Funcionamento

### 1. Eleição do Root Bridge

- Todos os switches da rede iniciam se anunciando como Root Bridge enviando BPDUs.
- Os BPDUs contêm informações da Bridge ID que é composta pela prioridade da bridge (valor configurável – Default = 32768) e o endereço MAC do switch.
- Os switches recebem os BPDUs e comparam os BID, o switch com a menor BID (menor prioridade e em caso de empate menor MAC) é eleito Root Bridge da rede.
- Uma vez que um switch recebe uma BPDU com uma BID inferior à sua própria, ele para de se anunciar como raiz e passa a encaminhar as BPDUs superiores que recebe da Root Bridge eleita.
- A Root Bridge é o ponto central da topologia STP. Idealmente, ela deve ser um switch com alta confiabilidade e localizado em um ponto central da rede





# Spanning-Tree Protocol

## 2. Eleição das Root Ports

- Cada switch não Root deve selecionar uma única porta Root.
- Porta Root é a porta com melhor caminho (menor custo) para o Root Bridge.
- O custo é calculado pela largura de banda das portas, maior largura de banda = menor custo. Esse valor pode ser alterado pelo administrador da rede.
- O switch examina o custo dos BPDUs recebidos e seleciona a porta onde o custo indicado for menor para a Root Port.
- Essa porta está sempre em modo **Forwarding**, pois é o caminho principal para o Root Bridge.





# Spanning-Tree Protocol

## 3. Eleição das Designated Ports

- Em cada segmento de rede uma porta é eleita como Designada.
- São as portas responsáveis por encaminhar o tráfego para o seguimento de rede.
- Se o outro segmento for um switch Root, no outro extremo do segmento a porta será designada, mas se for um switch não Root, a porta será uma porta Raiz.

## 4. Bloqueio de Non-Designated Ports

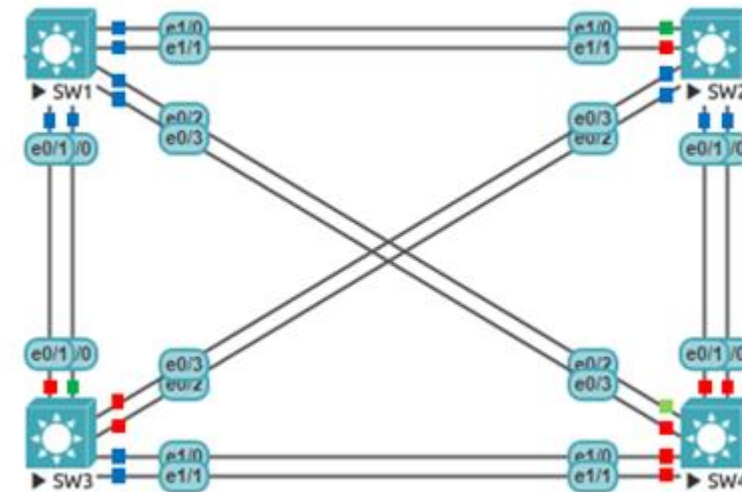
- Todas as outras portas do switch, que não são Root ou Designadas são colocadas em modo de bloqueio.
- Portas em estado de bloqueio não encaminham dados e evitam assim loops.
- Apesar de não encaminhar dados elas continuam ouvindo os BPDUs, e se necessário, são colocadas em modo de encaminhamento para restaurar a conectividade.



# Spanning-Tree Protocol

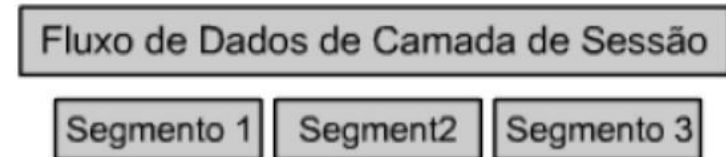
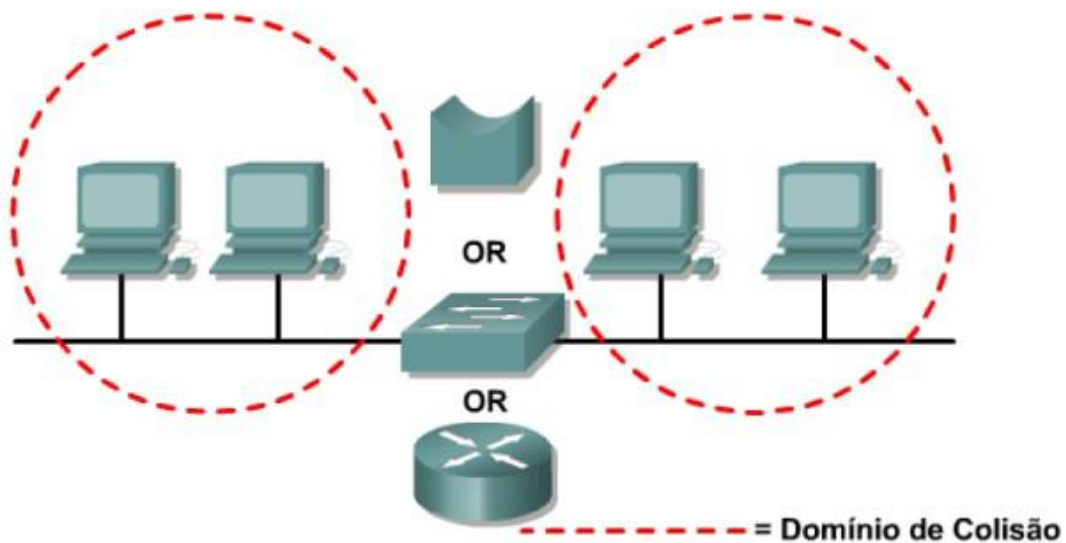
## Estado das portas

- **Blocking:** A porta não encaminha tráfego e apenas ouve BPDUs.
- **Listening:** A porta não encaminha tráfego, mas envia e recebe BPDUs, participando da eleição da Bridge Raiz, Portas Raiz e Portas Designadas.
- **Learning:** A porta não encaminha tráfego, mas aprende endereços MAC.
- **Forwarding:** A porta encaminha tráfego de dados. Apenas as Portas Raiz e Designadas alcançam este estado.
- **Disabled:** A porta está administrativamente desativada e não participa do STP.

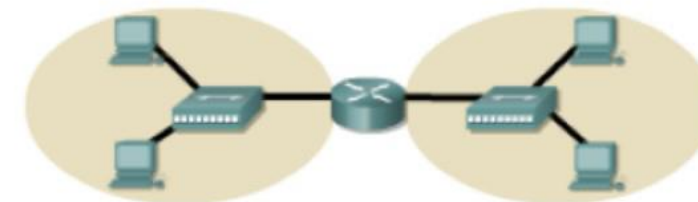




# Segmento de Rede



## Segmentação de Fluxo de Dados



## Dois Segmentos de Redes

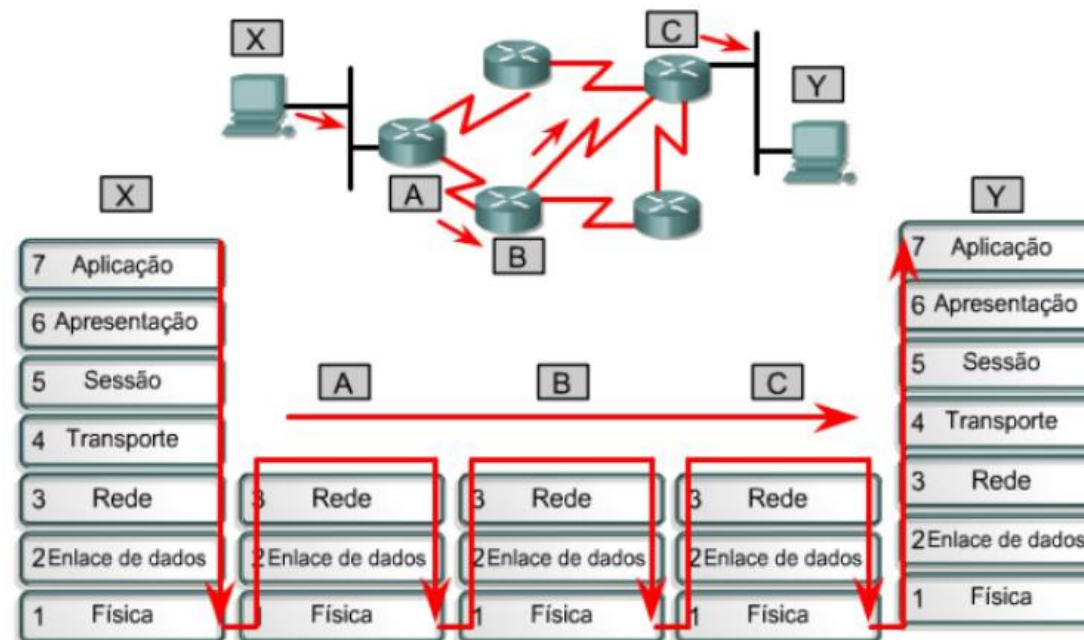


## Segmento de Fio



# Fluxo de Dados de Rede

## Fluxo de Dados através de uma Rede

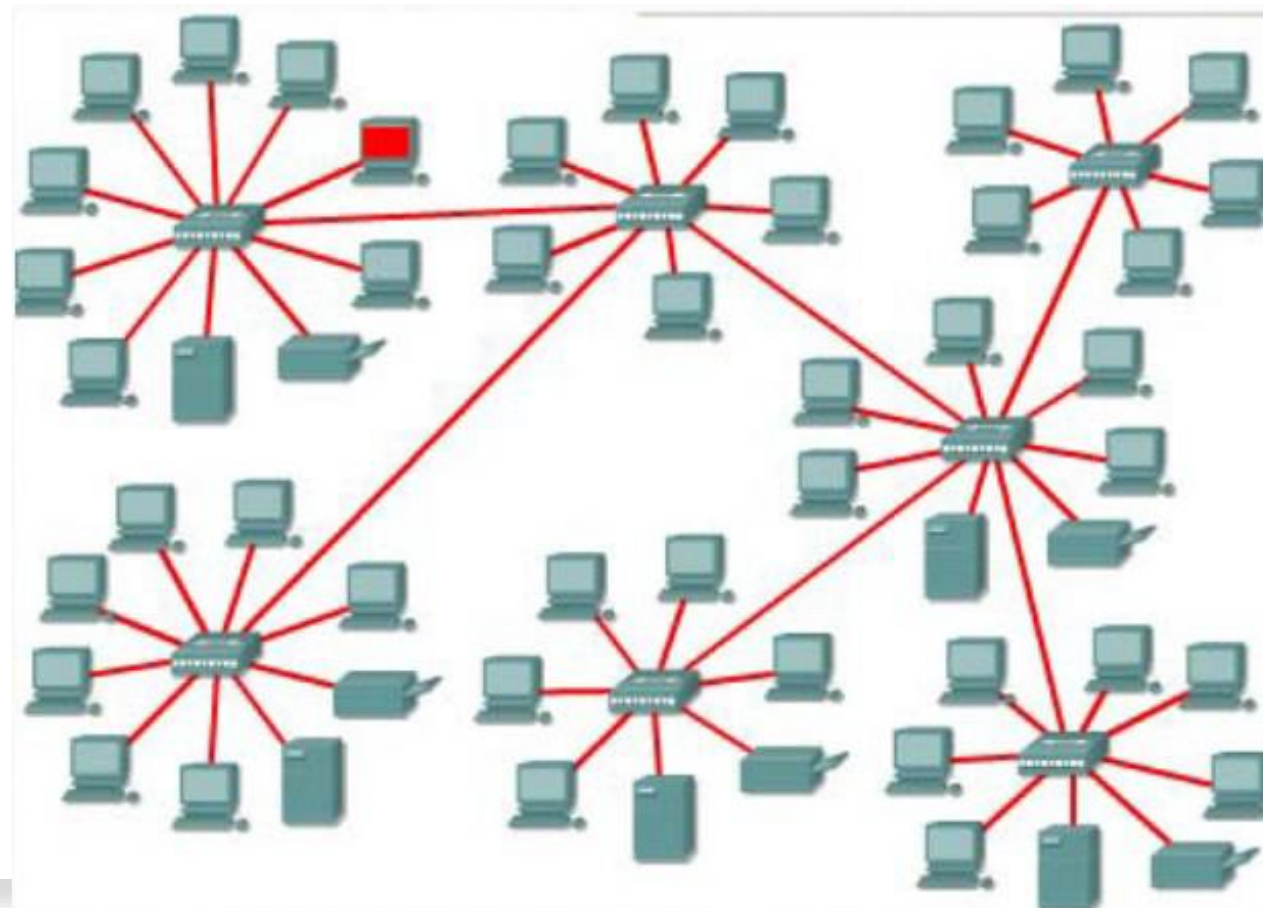


Os fluxos de dados em uma rede são focalizados nas camadas um, dois e três do modelo OSI. Isso é depois de ter sido feita a transmissão pelo host de envio e antes da chegada ao host de recepção.



**SATC**  
EDUCAÇÃO E NEGÓCIOS

# Domínios de Colisão







**SATC**  
EDUCAÇÃO E NEGÓCIOS

# Domínios de Broadcast

