

# Redes de Dados II

**3º Ano**

**Licenciatura em  
Engenharia Informática**

acunha@utad.pt

1

## WAN

Finalidade das WANs:

Explicar a finalidade de uma WAN.

Operações de WAN:

Explicar como as WANs funcionam.

Conectividade WAN tradicional:

Compare as opções tradicionais de conectividade WAN.

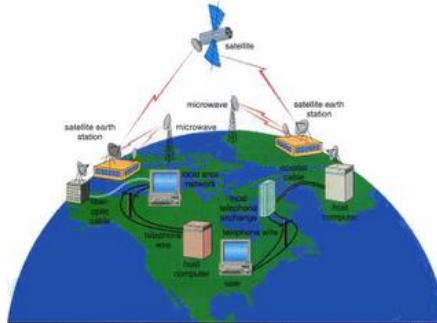
Conectividade da WAN:

Compare as opções modernas de conectividade WAN.

2

# Introdução

- Redes locais
  - Já estudado.
- Mas, se a rede for:
  - uma empresa grande
  - uma empresa global

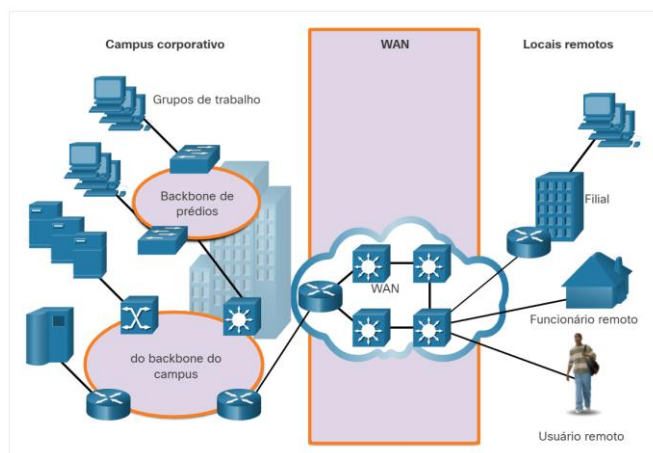


Objetivo:  
Explicar como as tecnologias de acesso WAN podem ser usadas para atender os requerimentos das empresas.

Redes de Computadores

3

## LANs e WANs



São necessários serviços para interconectar uma rede de campus empresarial a LANs remotas em sites de filiais, locais de trabalho remoto e usuários remotos.

Redes de Computadores

4

## Diferenças entre LANs e WANs

Redes locais (LANs)	Redes de longa distância (WANs)
As LANs fornecem serviços de rede dentro de uma pequena área geográfica (isto é, rede doméstica, rede de escritórios, rede de construção ou rede de campus).	As WANs fornecem serviços de rede em grandes áreas geográficas (ou seja, em e entre cidades, países e continentes).
LANs são usadas para interconectar computadores locais, periféricos e outros dispositivos.	As WANs são usadas para interligar utilizadores remotos, redes e sites.
Uma LAN é propriedade e gerida por uma organização ou usuário doméstico.	As WANs são propriedade e geridas por serviços de internet, telefone, cabo e provedores de satélite.
Além dos custos de infraestrutura de rede, não há taxa para usar um LAN.	Os serviços de WAN são fornecidos por uma taxa.
As LANs fornecem altas velocidades de largura de banda usando Ethernet com fio e Wi-Fi compartilhados.	Os provedores de WANs oferecem velocidades de largura de banda baixa a alta, em longas distâncias usando redes físicas complexas.

### Redes de Computadores

5

## WANs privadas e públicas

- WANs Públicas => diferentes tipo de organizações
  - Uma organização que deseja ligar utilizadores em locais diferentes
  - Um ISP que deseja ligar clientes à Internet
  - Um ISP ou telecomunicações que deseja inter-ligar ISPs
- WAN privada => ligação dedicada a um só cliente!
  - Nível de serviço garantido
  - Largura de banda consistente
  - Segurança

### Redes de Computadores

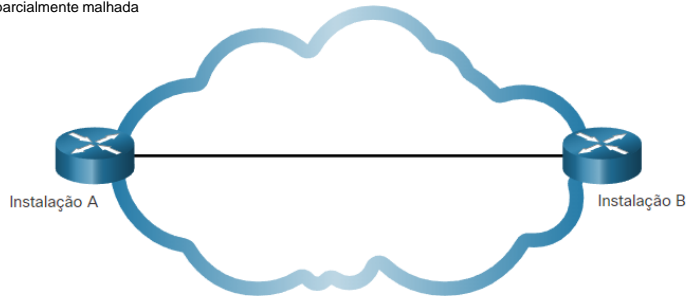
6

# As topologias de WAN

## ■ As topologias WAN podem ser

### □ Ponto-a-Ponto

- Hub-and-Spoke
- dual-homed
- totalmente em malha
- parcialmente malhada



Redes de Computadores

7

# As topologias de WAN

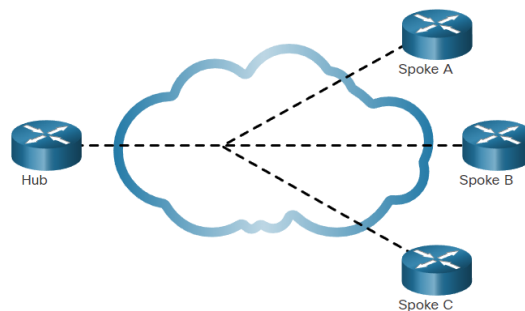
## ■ As topologias WAN podem ser

### □ Ponto-a-Ponto

### □ Hub-and-Spoke

- dual-homed
- totalmente em malha
- parcialmente malhada

- permite que uma única interface no roteador do hub seja compartilhada por todos os circuitos de spoke.
- Um só ponto de falha!



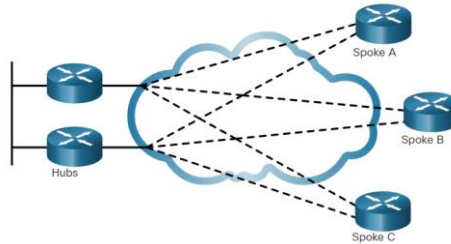
Redes de Computadores

8

# As topologias de WAN

## ■ As topologias WAN podem ser

- ☐ Ponto-a-Ponto
- ☐ Hub-and-Spoke
- ☐ dual-homed
- ☐ totalmente em malha
- ☐ parcialmente malhada



## ■ Exemplo figura

- ☐ Utiliza dois roteadores de hospedagem dupla para se ligar a três roteadores de raios numa nuvem WAN.
- ☐ Oferece redundância, balanceamento de carga e distribuição de computação e processamento, além de permitir a implementação de ligações de backup com provedores de serviços.

- No entanto, é mais cara de implementar do que as topologias de hospedagem única e pode ser mais complexa de configurar.

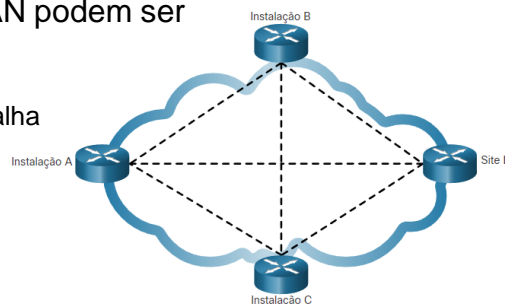
## Redes de Computadores

9

# As topologias de WAN

## ■ As topologias WAN podem ser

- ☐ Ponto-a-Ponto
- ☐ Hub-and-Spoke
- ☐ dual-homed
- ☐ totalmente em malha
- ☐ parcialmente malhada



- Uma topologia totalmente malhada usa vários circuitos virtuais para conectar todos os sites, conforme mostrado na figura.
- Esta é a topologia mais tolerante a falhas dos cinco mostrados.
  - Por exemplo, se o site B perdesse a conectividade com o site A, ele poderia enviar os dados através do site C ou do site D.

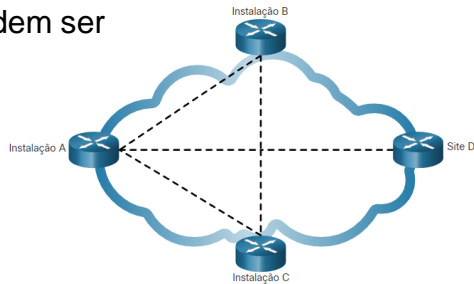
## Redes de Computadores

10

# As topologias de WAN

## ■ As topologias WAN podem ser

- ☐ Ponto-a-Ponto
- ☐ Hub-and-Spoke
- ☐ dual-homed
- ☐ totalmente em malha
- ☐ parcialmente malhada



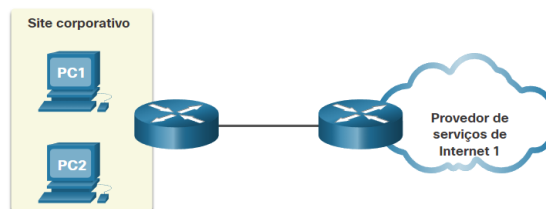
- Uma topologia parcialmente malhada conecta muitos sites, mas não todos.
- Por exemplo,
  - os locais A, B, C ainda estão totalmente malhados. O local D deve se conectar ao local A para chegar aos locais B e C.

## Redes de Computadores

11

# Conexões da operadora

## ■ Conexão WAN de uma única portadora



Uma conexão de uma única transportadora é quando uma organização se conecta a apenas um provedor de serviços

A **desvantagem** desse projeto é que a conexão da transportadora e o provedor de serviços são pontos únicos de falha.

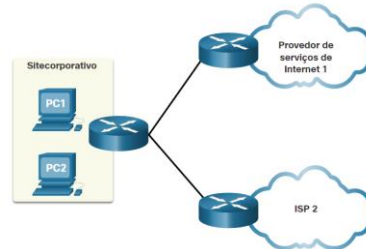
## Redes de Computadores

12

## Conexões da operadora

### ■ Conexão WAN de portadora dupla

- fornece redundância e aumenta a disponibilidade da rede,
- Usa dois provedores de serviços diferentes.
- Embora seja mais dispendiosa
  - a segunda conexão pode ser usada para redundância como um link de backup.
  - Ele também pode ser usado para melhorar o desempenho da rede e balancear a carga do tráfego da Internet.



#### Redes de Computadores

13

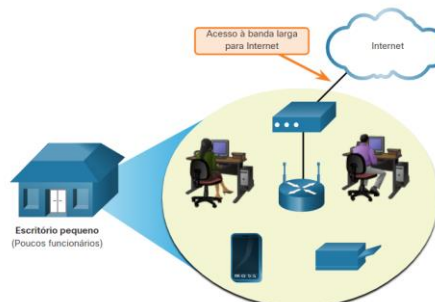
## Redes em evolução

**Início:** Pequeno rede

A empresa, com 15 funcionários:

A utiliza

- uma única LAN conectada a um roteador sem fio para compartilhar dados e periféricos.
- A conexão com a Internet é feita através de um serviço de banda larga comum chamado DSL (Digital Subscriber Line), fornecido pelo provedor local de serviços telefônicos.
- Para dar suporte aos seus requisitos de TI, eles contrataram serviços do provedor DSL.



#### Redes de Computadores

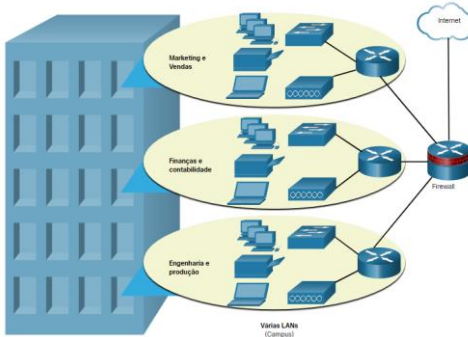
14

# Redes em evolução

## Alguns anos depois:

### Rede de campo

empresa de pequeno a médio porte, vários andares



Redes de Computadores

### A empresa

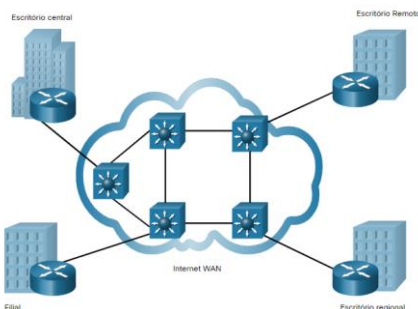
- Rede de Área de Campus (CAN).
  - Liga várias LANs dentro de uma área geográfica limitada.
  - As LANs segmentam os vários departamentos que estão se ligados vários switches em um ambiente de rede do campus.
- A rede inclui servidores
  - dedicados para e-mails, transferência de dados e armazenamento de arquivos, bem como ferramentas de produtividade e aplicativos baseados na Web.
  - Uma firewall protege o acesso à Internet para usuários corporativos.
  - A empresa agora tem equipe de TI interna para dar suporte e manter a rede.

15

# Redes em evolução

## Mais tarde: Rede de filiais

Grande sucesso, a empresa abriu pequenas filiais próximas dos locais dos projetos.



Redes de Computadores

### A empresa

- precisava de uma **MAN** para interconectar locais dentro da cidade. Um MAN é maior que uma LAN, mas menor que uma WAN.
- Para se **ligar ao escritório central**, as filiais nas cidades próximas podem usar **linhas dedicadas** particulares através de seu provedor de serviços local.
- **Escritórios em outras cidades e países** exigem os serviços de uma WAN ou podem usar serviços de internet para conectar locais distantes.
- **A Ligação dos escritórios por meio da internet é mais econômica**,
  - **MAS** ela traz problemas de segurança e privacidade que a equipe de TI deve resolver.

16



# Redes em evolução

**Agora...** Com milhares de funcionários distribuídos em escritórios ao redor do mundo.



Para reduzir os custos de rede,

- Incentivo às equipes de teletrabalho e virtuais
- Uso de aplicativos baseados na Web, incluindo conferência na Web, e-learning e ferramentas de colaboração on-line para aumentar a produtividade e reduzir custos.
- As redes privadas virtuais (VPNs), permitem que a empresa use a Internet para se conectar de maneira fácil e segura com funcionários e instalações em todo o mundo.

## Redes de Computadores

17

# Tecnologia WAN Visão Geral



## ■ Os protocolos **Camada 1**

- descrevem como fornecer conexões elétrica, mecânica, operacional e funcional com os serviços de uma operadora de comunicação.

## ■ Os protocolos **Camada 2**

- definem como os dados são encapsulados para transmissão em um local remoto e os mecanismos para transferir os quadros resultantes.

· Serviços de WAN

Descreve como os dados serão encapsulados em um quadro.

Descreve os componentes elétricos, mecânicos e operacionais para transmitir bits.

## Redes de Computadores

18

# Tecnologia WAN Visão Geral

Os protocolos **Camada 1**

- ISPs usam **fibra óptica** de alta largura de banda para abranger longas distâncias
- Padrões de protocolo de fibra óptica de Camada 1
  - Hierarquia digital síncrona (SDH)
  - Rede óptica síncrona (SONET)
  - Multiplexação de divisão por comprimento de onda denso (DWDM)

Nota:

- SDH e SONET essencialmente fornecem os mesmos serviços.
- A sua capacidade de transmissão pode ser aumentada usando a tecnologia DWDM.



## Redes de Computadores

19

# Tecnologia WAN Visão Geral

Os protocolos **Camada 2**

- DSL e cabo - Banda larga
- Sem fio
- Metro Ethernet - WAN Ethernet
- MPLS - Multiprotocol Label Switching
- HDLC - Controle de Enlace de Dados de Alto Nível
- Menos usado
  - PPP - Protocolo ponto a ponto
- Protocolo “legados”
  - Frame Relay
  - ATM - Modo de transferência assíncrona



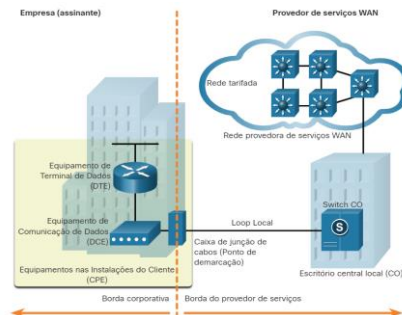
## Redes de Computadores

20

# Terminologia WAN

## Lado da empresa (cliente)

- Equipamento local do cliente (CPE, Customer Premises Equipment)
  - os dispositivos e a cablagem interna localizados no local do assinante e conectados ao canal de telecomunicação de uma operadora.
  - O assinante tem o CPE ou aluga o CPE da operadora.
  - Nesse contexto, um assinante é uma empresa que solicita serviços WAN a um provedor de serviços ou operadora.
- Equipamento de comunicação de dados (DCE, Data Communications Equipment)
  - DCE consiste em dispositivos que colocam dados no loop local.
  - O DCE fornece principalmente uma interface para conectar assinantes a um link de comunicação na nuvem WAN.



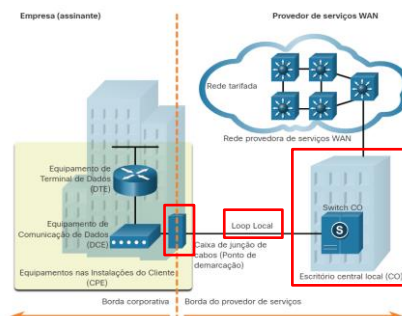
## Redes de Computadores

21

# Terminologia WAN

## Lado do Provedor (Operadora)

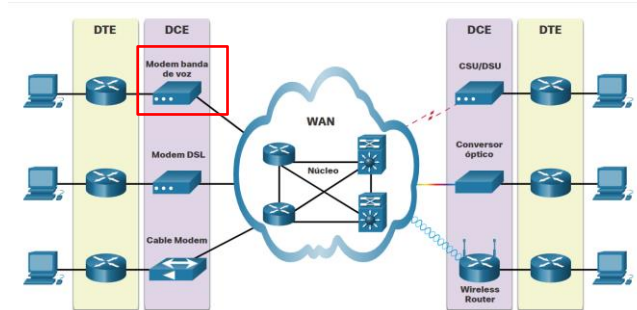
- Ponto de demarcação
  - É um ponto estabelecido num edifício ou complexo para separar o equipamento do cliente do equipamento da operadora.
  - Fisicamente, o ponto de demarcação é a caixa de junção do cabeamento, localizado no local do cliente, que conecta a fiação CPE ao loop local.
  - Ele costuma ser colocado tendo em vista um acesso facilitado por um técnico.
  - O ponto de demarcação é o local onde a **responsabilidade da conexão passa do usuário para a operadora**.
  - Isso é **muito importante** porque quando surgem problemas, **é necessário determinar se o usuário ou a operadora é responsável por solucionar problemas ou repará-los**.
- Loop local
  - É o cabo telefónico de cobre ou fibra que conecta o CPE no local do assinante ao CO da operadora.
- Central da operadora (CO, Central Office)
  - uma instalação ou prédio da operadora local onde os cabos telefónicos locais são vinculados a linhas de comunicação de longa distância, totalmente digitais de fibra ótica por meio de um sistema de switches e outro equipamento.



## Redes de Computadores

22

# Terminologia WAN



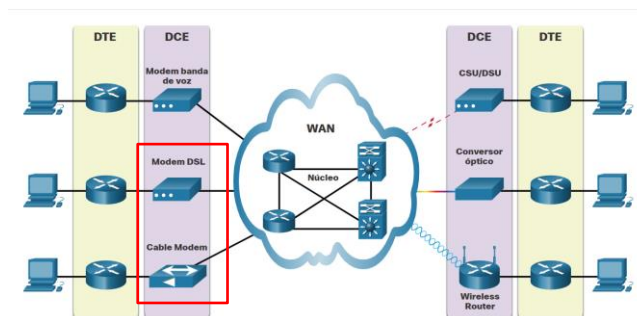
## ■ Modem banda de voz

- Também conhecido como modem dial-up.
- Dispositivo legado que converteu (ou seja, modulou) os sinais digitais produzido por um computador em frequências de voz analógicas.
- Usa linhas telefônicas para transmitir dados.

### Redes de Computadores

23

# Terminologia WAN



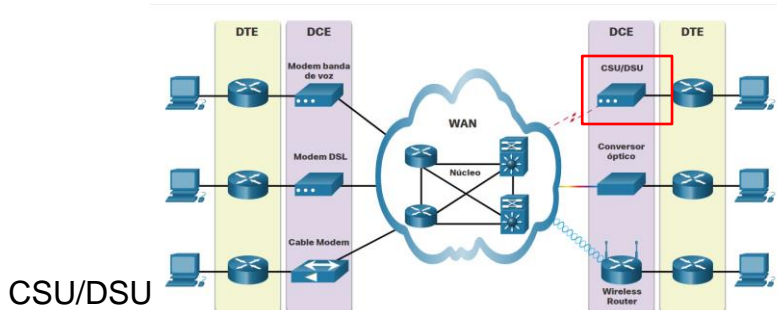
## ■ Modem DSL e Modem Cabo

- Conhecidos como modems de banda larga, esses os modems se conectam ao roteador DTE usando Ethernet.
  - Os modems DSL se conectam à WAN usando linhas telefônicas.
  - Os modems a cabo se conectam à WAN usando linhas coaxiais.
- Ambos operam de forma semelhante ao modem de banda de voz, mas usam frequências de banda larga e velocidades de transmissão mais elevadas.

### Redes de Computadores

24

# Terminologia WAN



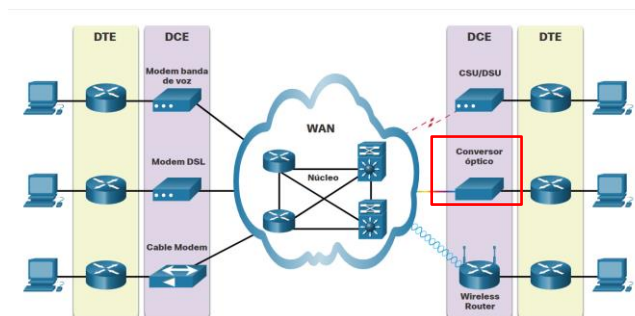
## CSU/DSU

- As linhas alugadas digitais requerem uma CSU e uma DSU.
- Ele conecta um dispositivo digital a uma linha digital.
- Uma CSU / DSU pode ser um dispositivo separado como um modem ou pode ser um em um roteador.
- A CSU fornece terminação para o sinal digital e garante integridade da conexão através da correção de erros e monitoramento de linha.
- O DSU converte os quadros de linha em quadros que a LAN pode interpretar e vice-versa.

## Redes de Computadores

25

# Terminologia WAN



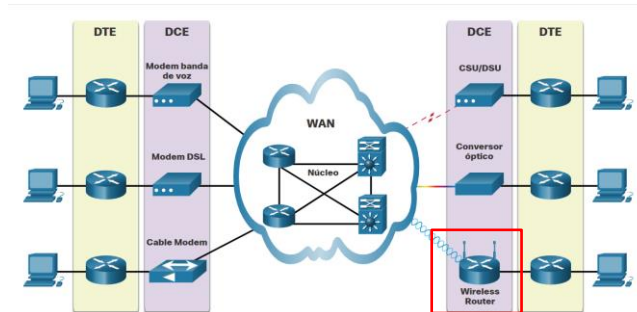
## ■ Conversor óptico

- Também conhecido como conversor de fibra óptica.
- Esses dispositivos conectam o meio de fibra ótica a mídia de cobre e convertem sinais ópticos para pulsos eletrônicos.

## Redes de Computadores

26

# Terminologia WAN

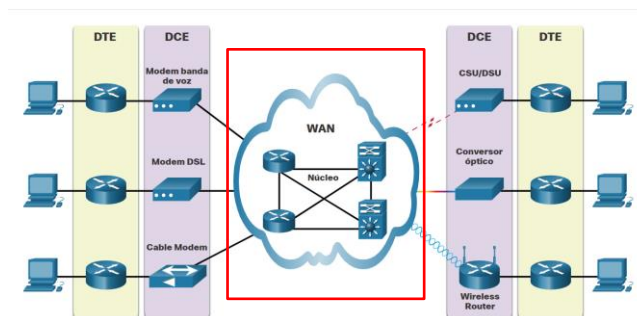


- Roteador sem fio ou ponto de acesso
  - Os dispositivos são usados para se conectar sem fio a um provedor de WAN.
  - Os roteadores também podem usar conectividade sem fio celular

## Redes de Computadores

27

# Terminologia WAN



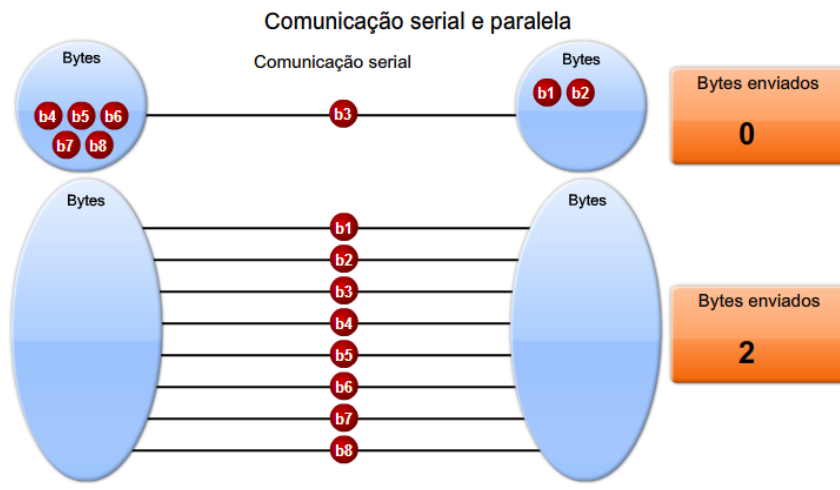
- Dispositivos WAN Core
  - O backbone WAN consiste em vários roteadores de alta velocidade e Switches Camada 3
  - Um roteador ou switch multicamadas deve ser capaz de suportar várias interfaces de telecomunicações da mais alta velocidade utilizada na WAN Núcleo
  - Ele também deve poder encaminhar pacotes IP a toda velocidade em todos os essas interfaces.
  - O roteador ou switch multicamada também deve suportar o roteamento protocolos que estão sendo usados no núcleo.

## Redes de Computadores

28



## Comunicação Série Vs Paralela



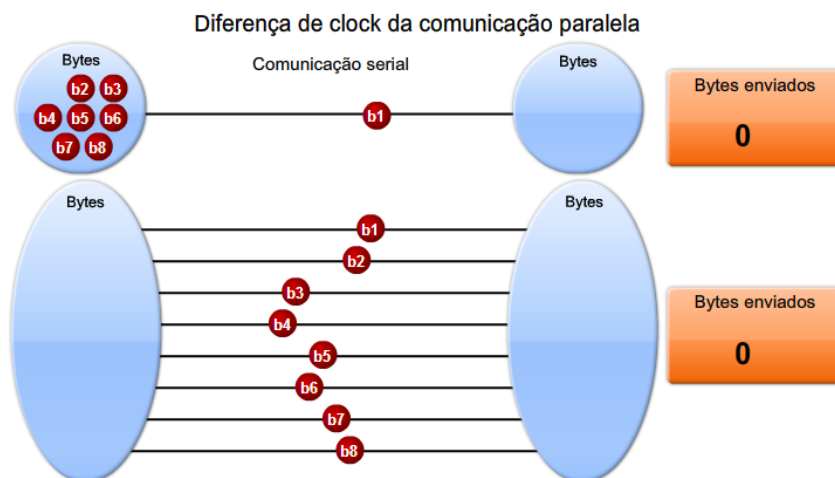
Redes de Computadores

29



Problema 1:

## Diferença de clock – Comunicação Paralela

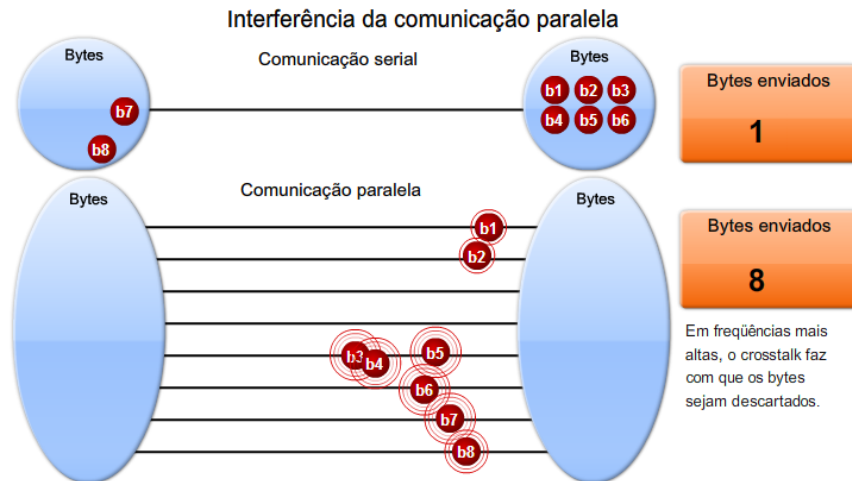


Redes de Computadores

30

## Problema 2:

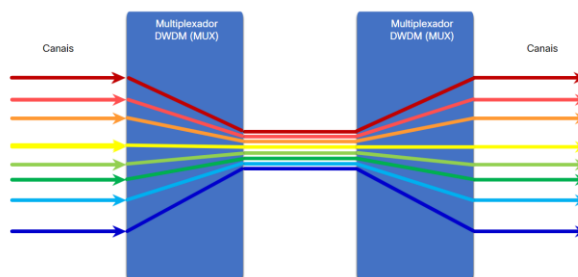
# Interferências — Comunicação Paralela



## Redes de Computadores

31

# SDH, SONET e DWDM



### ■ O DWDM tem as seguintes características

- Suporta padrões SONET e SDH.
- multiplexar mais de 80 canais de dados (comprimentos de onda) por fibra
- Cada canal é capaz de transportar um sinal multiplexado de 10 Gb/s.
- Atribui sinais ópticos de entrada para comprimentos de onda específicos de luz (ou seja, frequências).

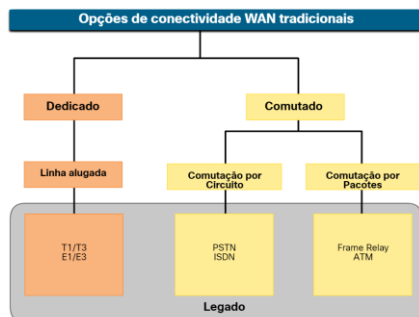
**Nota:** Os circuitos DWDM são usados em sistemas de longo curso e modernos sistemas de cabos de comunicações submarinas.

## Redes de Computadores

32



# Conectividade WAN tradicional



WAN desde o início

Quando as LANs apareceram na década de 1980, as organizações precisavam que suas redes se conectassem ao loop local de um provedor de serviços.

Isso foi realizado usando linhas dedicadas ou usando serviços comutados de um provedor de serviços.

## Redes de Computadores

33

Conectividade WAN tradicional

## Linhas alugadas

Vantagens	
Simplicidade	Links de comunicação ponto a ponto requerem conhecimento mínimo para instalar e manter.
Qualidade	Os links de comunicação ponto a ponto geralmente oferecem um serviço de alta qualidade, se tiverem largura de banda adequada. A capacidade dedicada remove a latência ou jitter entre os pontos finais.
Disponibilidade	A disponibilidade constante é essencial para alguns aplicativos, como E-commerce. Os links de comunicação ponto a ponto fornecem recursos permanentes, capacidade dedicada que é necessária para VoIP ou Vídeo sobre IP.
Desvantagens	
Custo	Os links ponto a ponto são geralmente o tipo mais caro de WAN seguro. O custo das soluções de linha alugada pode se tornar significativo quando eles são usados para conectar muitos sites em distâncias crescentes. Além disso, cada nó de extremidade requer uma interface no roteador, que aumenta os custos do equipamento.
Flexibilidade limitada	O tráfego WAN é frequentemente variável e as linhas alugadas têm uma capacidade fixa, para que a largura de banda da linha raramente corresponda exatamente à necessidade. Qualquer mudança na linha alugada geralmente requer uma visita ao ISP pessoal para ajustar a capacidade.

## Redes de Computadores

34



Conectividade WAN tradicional

## Opções de comutação de circuitos

---

### Rede telefónica de serviço público (PSTN)

- Acesso de WAN dialup usa o PSTN como sua conexão WAN.
  - Os loops locais tradicionais podem transportar dados binários do computador pela rede telefônica de voz usando um modem de banda de voz.
  - O modem modula os dados digitais em um sinal analógico na fonte e desmodula o sinal analógico em dados digitais no destino.
  - As características físicas do loop local e sua conexão com o PSTN **limitam a taxa do sinal a menos de 56 kbps.**
- O acesso discado é considerado “**legada**”.
  - No entanto, ainda pode ser uma solução viável *quando nenhuma outra tecnologia WAN estiver disponível.*

Redes de Computadores

PSTN - Public Switched Telephone Network

35



Conectividade WAN tradicional

## Opções de comutação de circuitos

---

### Rede Digital de Serviços Integrados (ISDN)

- ISDN é uma tecnologia de comutação de circuitos
  - que permite que o circuito local PSTN transporte sinais digitais. Isso proporcionava conexões comutadas de maior capacidade do que o acesso dial-up.
  - O ISDN fornece taxas de dados de **45 Kbps a 2,048 Mbps.**
- A RDIS diminuiu muito em popularidade
  - devido à DSL de alta velocidade e outros serviços de banda larga.
  - A ISDN é considerada uma tecnologia legada
  - **A maioria dos principais provedores descontinuando esse serviço.**

Redes de Computadores

36



Conectividade WAN tradicional

## Opções de comutação de pacotes

---

### Frame Relay

- Tecnologia WAN simples de acesso múltiplo (NBMA)
  - de camada 2 sem broadcast, usada para interconectar LANs corporativas.
  - Uma única interface de roteador pode ser usada para conectar-se a vários sites usando PVCs diferentes.
  - Os PVCs são usados para transportar tráfego de voz e dados entre uma fonte e um destino, e suportam taxas de dados de até 4 Mbps, com alguns provedores oferecendo taxas ainda mais altas.
- Cria PVCs que são identificados
  - unicamente por um DLCI (data-link connection identifier, identificador de conexão de enlace de dados).
  - Os PVCs e DLCIs garantem a comunicação bidirecional de um dispositivo DTE para outro.

As redes de Frame Relay foram amplamente substituídas por Metro Ethernet e soluções baseadas na Internet mais rápidas.

Redes de Computadores

37



Conectividade WAN tradicional

## Opções de comutação de pacotes

---

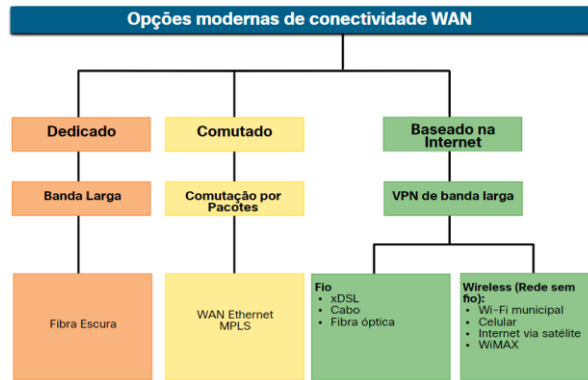
- A tecnologia ATM (Asynchronous Transfer Mode)
  - é capaz de transferir voz, vídeo e dados por meio de redes públicas e privadas.
  - arquitetura **baseada em células pequenas** de comprimento fixo são adequadas para transportar tráfego de voz e vídeo, pois esse tráfego não tolera atrasos.
  - A célula ATM de 53 bytes é menos eficiente do que os quadros e pacotes maiores do Frame Relay.
  - Uma linha **ATM típica precisa de cerca de 20%** a mais de largura de banda do **que o Frame Relay** para transportar o mesmo volume de dados da camada de rede.

As redes ATM foram amplamente substituídas por Metro Ethernet e soluções baseadas na Internet mais rápidas.

Redes de Computadores

38

# WANs modernas



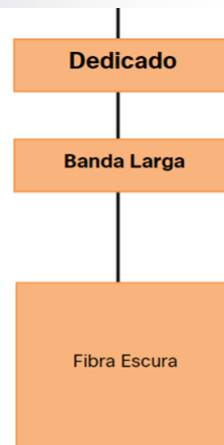
- As WANs modernas têm mais opções de conectividade que as WANs tradicionais.
- As empresas agora exigem opções de conectividade WAN mais rápidas e flexíveis.

## Redes de Computadores

39

# Banda dedicada

- Final da década de 1990,
  - Operadores construíram redes de fibra óptica ... suficientes para a próxima geração.
- Entretanto,
  - tecnologias ópticas WDM foram desenvolvidas e aumentaram drasticamente a capacidade de transmissão.
  - Consequentemente, muitos cabos de fibra óptica não estão em uso.
- “Fibra escura”
  - Podem ser alugadas ou comprada a um fornecedor.
  - O leasing geralmente é mais caro do que qualquer outra opção de WAN disponível atualmente.
  - No entanto, ele fornece a maior flexibilidade, controle, velocidade e segurança.



## Redes de Computadores

Nota: “Fibra escura” – não iluminada, i.e., não está a ser usada!

40

# Comutação por Pacotes

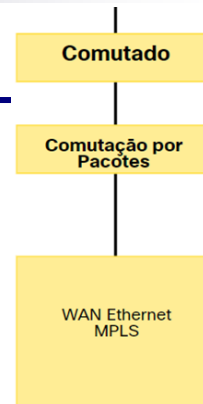
Duas opções de rede WAN comutada por pacote estão disponíveis.

## ■ Metro Ethernet

- fornece links de largura de banda rápida e
- Veio substituir opções tradicionais WAN.

## ■ Multi-Protocol Label Switching (MPLS)

- permite que a rede do provedor de WAN transporte qualquer protocolo (por exemplo, pacotes IPv4, pacotes IPv6, Ethernet, DSL)
- Isso permite que sites diferentes se conectem à rede do provedor, independentemente de suas tecnologias de acesso.



Redes de Computadores

41

# Banda larga baseada na Internet

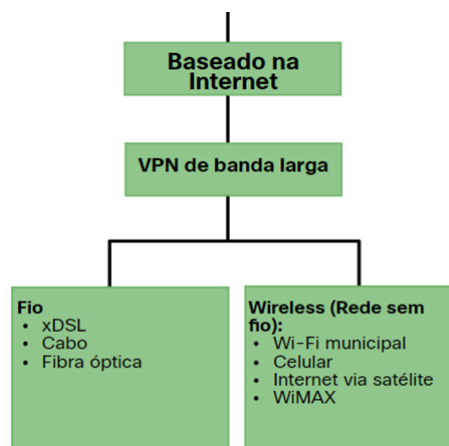
As organizações usam agora a infraestrutura global da Internet para conectividade WAN.

## ■ Tecnologias VPN

- Resolvem os problemas de segurança,

## ■ As opções WAN válidas

- DSL (Digital Subscriber Line),
- cabo,
- wireless e
- fibra.



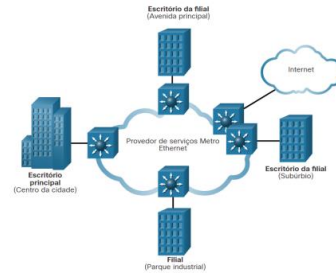
Redes de Computadores

42

# Ethernet WAN

## Tecnologia Ethernet

- Inicialmente era para LAN
  - devido principalmente à distância limitada fornecida pela mídia de cobre.
- Mas Fibra ótica
  - viabilizaram a Ethernet para WAN
  - Por exemplo,
    - o padrão IEEE 1000BASE-LX comporta cabos de fibra **óptica de 5 km de comprimento**
    - o padrão IEEE 1000BASE-ZX comporta cabos de **até 70 km de comprimento**.

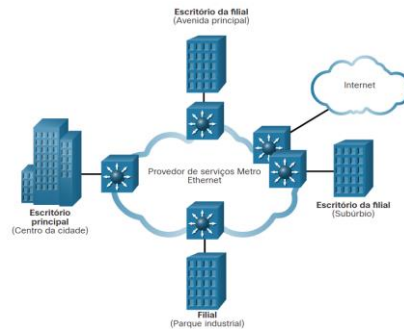


Redes de Computadores

43

# Ethernet WAN

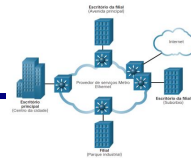
- O serviço Ethernet WAN
  - Metropolitan Ethernet (MetroE)
  - Ethernet over MPLS (EoMPLS)
  - Serviços de LAN privada virtual (VPLS)



Redes de Computadores

44

# Benefícios da Ethernet WAN



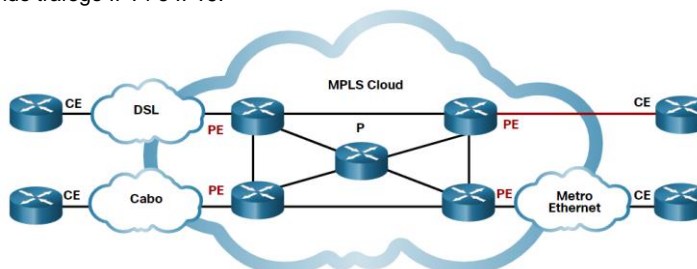
- Redução de despesas e administração
  - A Ethernet WAN (rede comutada de Camada 2), largura de banda alta capaz de gerenciar dados, voz e vídeo, todos na mesma infraestrutura.
  - Isso elimina conversões caras para outras tecnologias WAN.
  - Permite que as empresas conectem economicamente diversos locais entre si e à Internet em uma área metropolitana.
- Integração fácil com as redes atuais
  - reduzindo custos e tempo de instalação.
- Avanço na produtividade da empresa
  - permite que as empresas tirem proveito de aplicativos IP que aprimoram a produtividade e
  - são difíceis de implementar em redes TDM ou Frame Relay,
  - como comunicações IP hospedadas, VoIP e fluxo e transmissão de vídeo.

## Redes de Computadores

45

# MPLS Multiprotocol Label Switching

- Tecnologia de roteamento WAN de alto desempenho
  - para interconectar clientes sem levar em conta o método de acesso ou a carga útil.
- Suporta Ethernet, DSL, Cable, Frame Relay.
- Pode encapsular todos os tipos de protocolos, incluindo tráfego IPv4 e IPv6.



Um roteador MPLS:

- pode ser um roteador de borda do cliente (CE),
- um roteador de borda do provedor (PE) ou
- um roteador de provedor interno (P)

## Redes de Computadores

46



## Bibliografia

---

- CCNA Rede corporativa, segurança e automação
- Capítulo 7

**Redes de Computadores**

48