



# **Fundamentos de Redes de Computadores**

## **Arquitetura de Rede em Camadas**

# Introdução

## Objetivos:

- Entender os modelos de referência em camadas;
- Visão geral;
- Terminologia.

## Abordagem:

- Descritiva e utilizando a Internet como exemplo.

## Visão Geral:

- Arquitetura em camadas
- Camadas
- Modelo OSI
- Modelo TCP/IP
- Estrutura da Internet
- História

# Camadas de Protocolos

## Redes são complexas

- Possui muitos componentes:
  - hosts
  - roteadores
  - enlaces de vários tipos
  - aplicações
  - protocolos
  - Hardware
  - Software

# Por quê camadas?

- A arquitetura em camadas permite entender o isolamento de funções e o relacionamento entre elas
  - **modelo de referência** em camadas permite a discussão da arquitetura
  - Protocolos e serviços relacionados são agrupados na mesma camada
- **modularização** facilita a manutenção e atualização do sistema.
  - Ocorre um encapsulamento e as mudanças na implementação de uma camada são transparentes para o resto do sistema se a interface de comunicação for mantida
  - Ex: novo protocolo em uma camada de roteamento, não implica na mudança dos meios físicos

# Modelo de referência ISO/OSI

- OSI - Open Systems Interconnection ou Interconexão de Sistemas Abertos.
- É um modelo de referência utilizado para padronizar a implementação de sistemas de comunicação.
- Define funções genéricas e NÃO se refere a nenhum hardware ou software específico.
- Também NÃO especifica serviços ou protocolos de cada camada.
- É uma arquitetura dividida em 7 camadas.

# Modelo de referência ISO/OSI

- **Serviço:** representa um conjunto de funções que uma camada oferece à camada acima dela. O serviço é o que a camada faz, não importando como isso é feito.
- **Interface:** é o meio pelo qual os serviços de uma camada podem ser requisitados por outra camada.
- **Protocolo:** conjunto de regras que define o serviço. Como ocorre um encapsulamento, o protocolo pode ser alterado ou substituído, mas se for mantida a mesma interface, não há alteração nas outras camadas.
- **Entidade:** elemento ativo da camada, podendo ser software (ex: processo) ou hardware (ex: placa de interface de rede). Entidades usam os protocolos para ter acesso ou prover serviços. Entidade da mesma camada em hosts diferentes é chamada de **entidade par** ou parceira. Entidades pares podem comunicar-se diretamente, ou por intermediários, denominados entidades relay.

# 7 camadas do modelo OSI





# Modelo OSI: Camada Física

- Fornece as características mecânicas, elétricas, funcionais e de procedimento para ativar, manter e desativar conexões físicas para a transmissão de bits entre entidades.
- Responsável pela transmissão dos bits. O significado do que está sendo transmitido, a verificação e correção de erros não fazem parte das atividades da camada física.
- Define características como: forma de representação do bit (ex: pulso elétrico, laser, microondas, etc), tempo de duração do bit (intervalo de sinalização), tipo de transmissão (half ou full-duplex), como estabelecer e cancelar a conexão, quantos pinos terá o conector da rede, etc.
- Alguns parâmetros que indicam a qualidade da camada física envolvem: taxa de erro; disponibilidade da rede; taxa de transmissão; atraso de propagação; atraso no estabelecimento da conexão física; etc.



# Modelo OSI: Camada de Enlace

- Realiza a transferência dos bits, agrupados em quadros, até o próximo nó da rede em redes ponto a ponto, ou todos os vizinhos em redes broadcast.
- Torna o canal de transmissão da camada física confiável para a camada de rede.
- Serviços comuns encontrados na camada de enlace são:
  - Delimitação de quadro (enquadramento)
  - Controle de acesso ao meio
  - Detecção de erros (com o uso de Frame Check Sequence)
  - Correção de erros
  - Sequencialização
  - Controle de fluxo
  - Endereçamento físico

# Modelo OSI: Camada de Rede

- Responsável pelo roteamento dos pacotes, ou seja, definição das rotas (estática ou dinâmica) a serem utilizadas na transmissão, da origem até o destino. Essas rotas podem variar dentro da mesma transmissão.
- A camada de rede permite interligar redes distintas, mesmo que utilizem outras faixas de endereçamento, protocolos diferentes, tamanho máximo de pacotes diferentes.
- Deixa transparente para as camadas superiores o modo como os recursos dos níveis inferiores (enlace e física) serão usados para implementar a conexão.
- Além do roteamento, também é responsável por endereçar logicamente os hosts.

# Modelo OSI: Camada de Transporte

- Realiza a transferência fim a fim entre processos.
- Permite múltiplas conexões de rede no host (multiplexação), através do uso de sockets.
- Recebe os dados da camada de sessão, divide em unidades menores se for necessário, repassa a camada de rede.
- Provê serviço confiável orientado à conexão, ou não orientado à conexão (não confiável), para atender os diferentes requisitos da aplicação.
- Alguns serviços encontrados na camada de transporte são:
  - Conexão de processos;
  - Controle de fluxo;
  - Controle de congestionamento;
  - Verificação de erros ;
  - Sequencialização; entre outros.

# Modelo OSI: Camada de Sessão

- Permite que as aplicações de rede estabeleçam sessões de comunicação entre hosts diferentes.
- Para isso, irá controlar e gerenciar as trocas de mensagens entre os processos participantes, realizando a autenticação dos usuários ou hosts, estabelecendo pontos de sincronização e ordenando a realização de ações.
- Em caso de erros durante a transmissão, podem ser utilizados pontos de sincronização para continuar a comunicação do ponto interrompido.
- Em redes que adotam QoS (Quality of Service), mensagens de baixa prioridade podem ser interrompidas para o envio de mensagens de maior prioridade, retomando do ponto de sincronização.

# Modelo OSI: Camada de Apresentação

- Realiza todas as transformações necessárias para que a comunicação funcione.
- Pode modificar os dados antes do seu envio, para que sejam representados corretamente em todos os hosts, bem como otimizem a transmissão e garantam a confidencialidade durante o tráfego.
- Os dados podem ser criptografados, compactados, convertidos para outro padrão de terminal, entre outras modificações que podem ser necessárias.
- Para executar estas atividades o nível de apresentação deve conhecer a sintaxe do sistema local e do sistema de transferência.

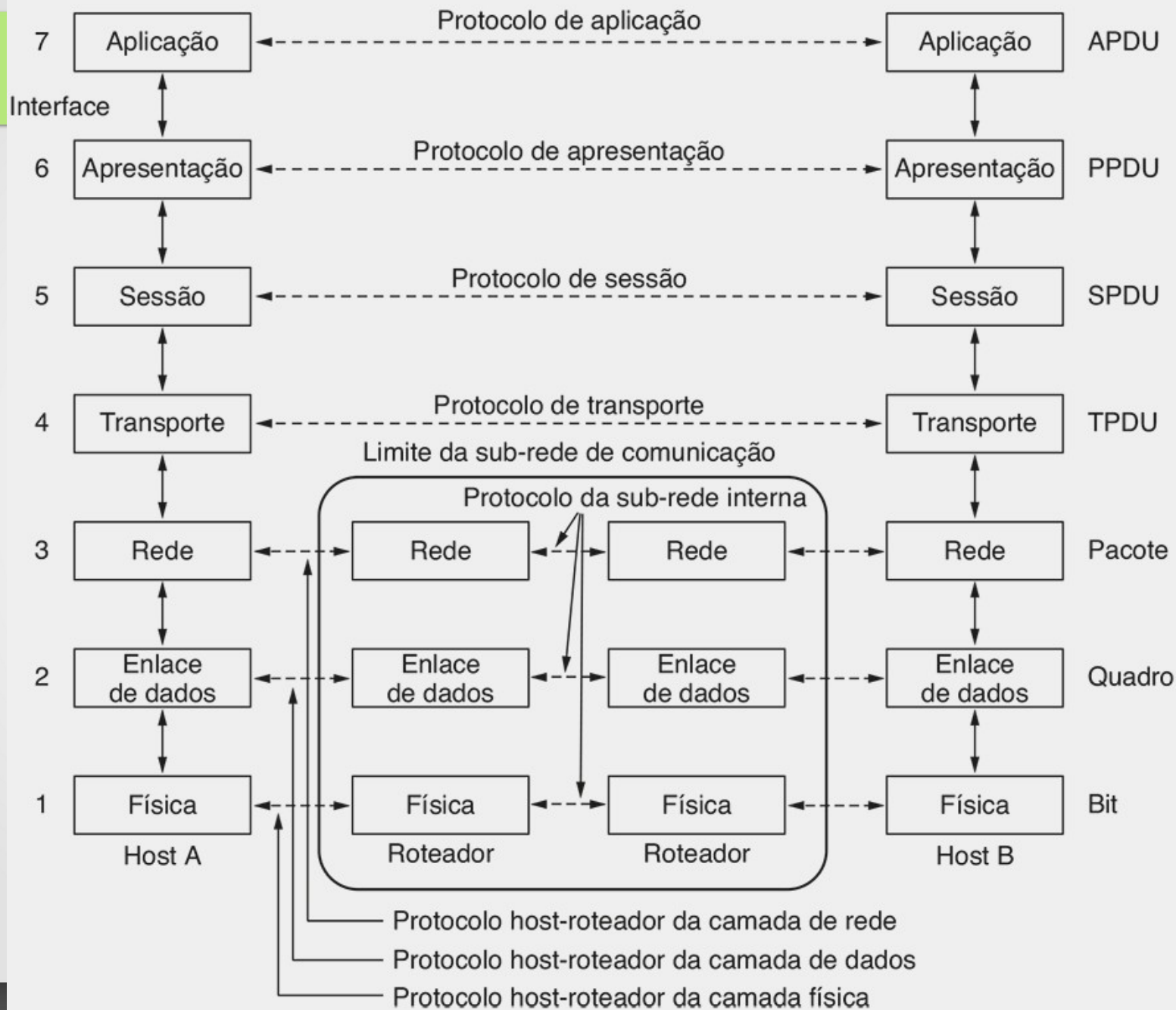
# Modelo OSI: Camada de Aplicação

- Nessa camada são providos os serviços necessários para dar suporte ao funcionamento de aplicações distribuídas.
- Em resumo, é responsável pelas funções como:
  - Gerenciamento da rede e da aplicação;
  - Estabelecer e terminar conexões;
  - Serviços de transferência de arquivos;
  - Serviços de correio;
  - Emulação de Terminais;
  - Identificação dos pares na comunicação (nome ou endereço);
  - Determinar a qualidade mínima aceitável para o serviço;
  - Definir responsabilidades na recuperação de erros;
  - Especificação de aspectos relativos a segurança de acesso e integridade de dados, etc.

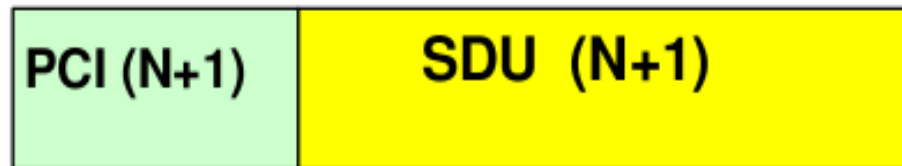
# Modelo OSI: Transmissão

- A comunicação se inicia na Camada de Aplicação (7), mas os dados não são enviados diretamente para a camada par no destino, mas “descem” (verticalmente) até a Camada Física (1), para depois “subir” (verticalmente) por cada camada até a camada de aplicação destino.
- Ao receber dados para efetuar um serviço, uma camada N precisa incluir um cabeçalho com as informações relativas à sua camada, que serão lidos pela camada par em outros nós.
- Esse cabeçalho é chamado de Informação de Controle do Protocolo - PCI (Protocol Control Information).
- Os dados recebidos são chamados de Unidade de dados do Serviço - SDU (Service Data Unit).
- Ao conjunto formado por PCI + SDU damos o nome de Unidade de Dados do Protocolo - PDU (Protocol Data Unit). O PDU será utilizado pela camada par.

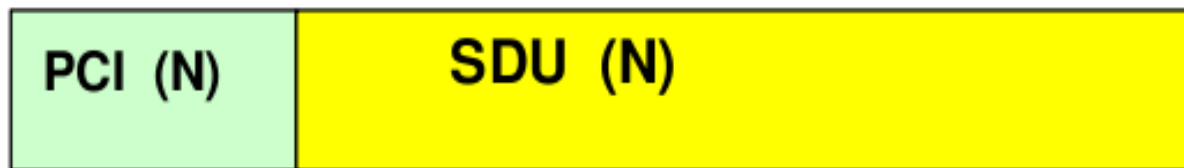




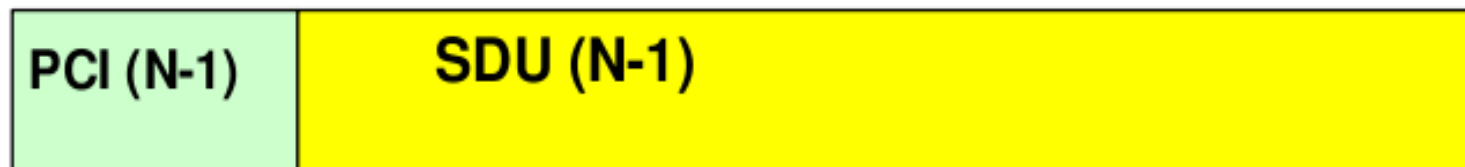
PDU da camada (N+1)



PDU da camada (N)



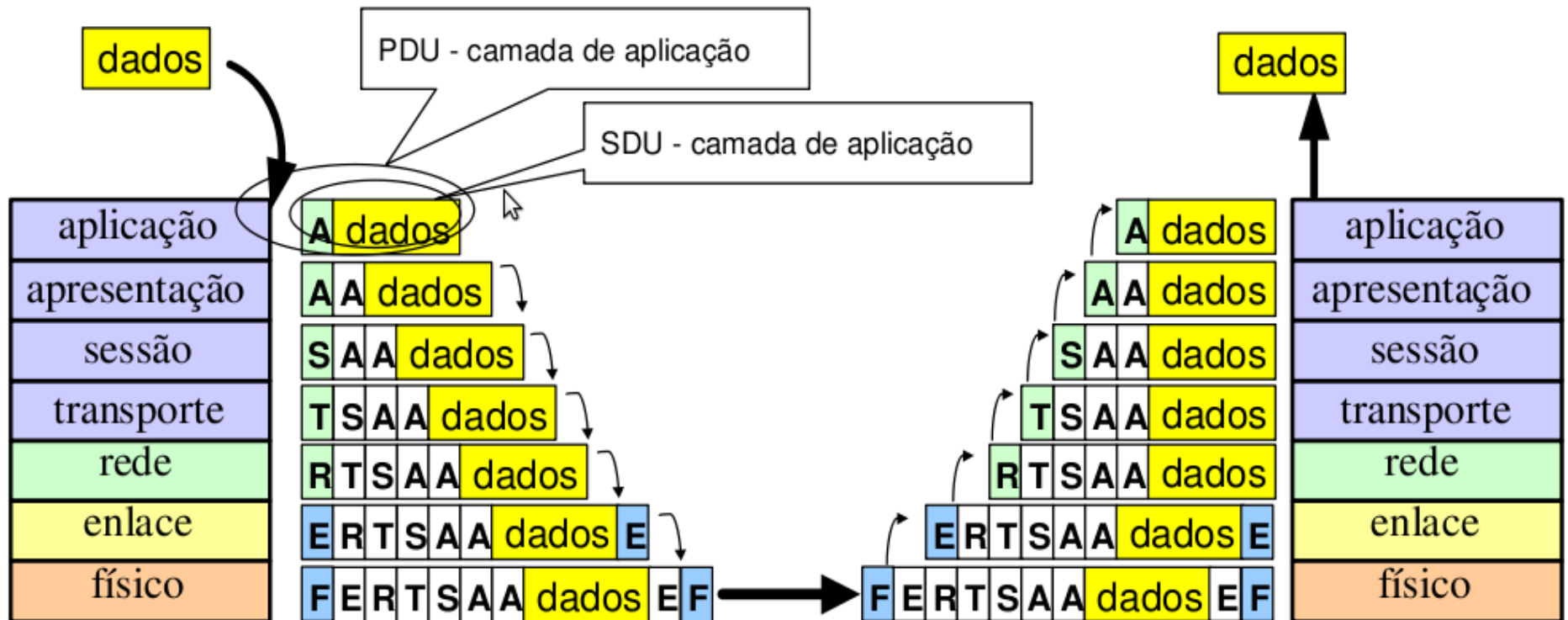
PDU da camada (N-1)



# Modelo OSI: Passos da transmissão

- Inicia-se com a entrega dos dados do usuário (SDU) a uma entidade na camada de aplicação, que irá adicionar o seu cabeçalho (PCI aplicação).
- Formado a PDU, o mesmo será enviado à camada de apresentação.
- A PDU recebida da camada de aplicação, é a SDU para a camada de apresentação.
- A camada de apresentação adiciona o seu cabeçalho (PCI) e forma a sua PDU para repasse à camada de Sessão.
- O processo é então repetido nas camadas de sessão, transporte e rede.
- Ao chegar na camada de enlace, será adicionado também um Frame Check Sequence (FCS), que é um conjunto de bits utilizado para detectar erros. A PDU do nível de enlace é transmitida pelo nível físico através do meio de transmissão.
- Ao chegar no destinatário o processo se inverte.
- Cada camada pega a PDU, retira o cabeçalho (PCI) de sua camada, e repassa à camada superior, realizando um processo de desencapsulamento.
- O processo é finalizado quando alcança a camada de aplicação do destino.

# Modelo OSI: Passos da transmissão



# Modelo TCP/IP

- O modelo TCP/IP é o utilizado na Internet e maioria das redes locais.
- Diferente do modelo OSI, que é uma referência, o modelo TCP/IP é composto por uma pilha de protocolos reais, largamente utilizado e que se tornou o padrão mais reconhecido da área de redes.
- Possui uma arquitetura em camadas composta por 5 níveis.

# TCP/IP: Pilha de protocolos da Internet

- **aplicação:** suporta as aplicações de rede
  - Ex: ftp, smtp, http, etc
- **transporte:** transferência de segmentos fim a fim entre processos
  - tcp, udp
- **rede:** roteamento de datagramas da origem ao destino
  - ip, protocolos de roteamento
- **enlace:** transferência de quadros entre elementos vizinhos da rede
  - ppp, ethernet, wi-fi
- **física:** características físicas da comunicação, para levar os bits de um nó a outro.

**aplicação**

**transporte**

**rede**

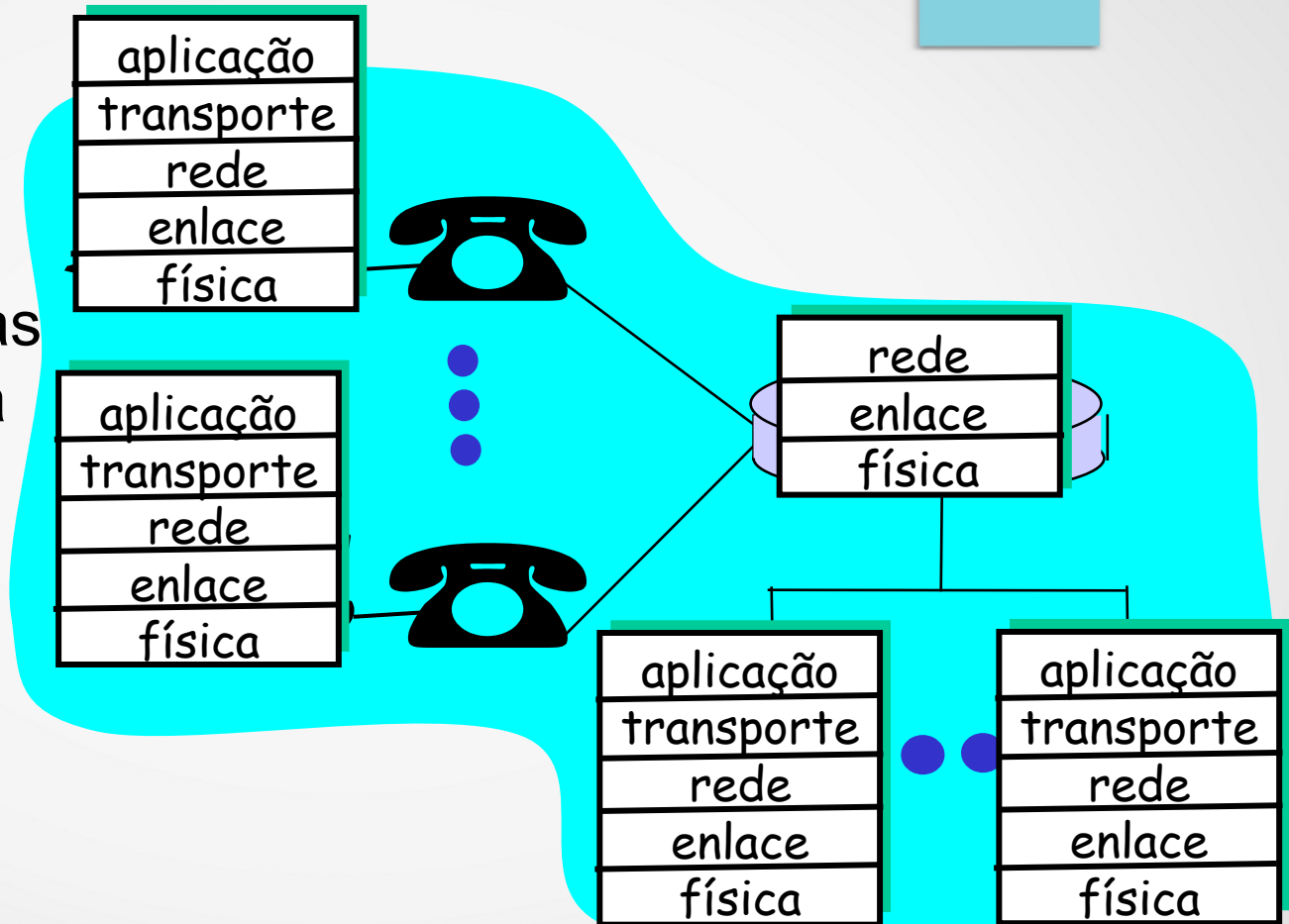
**enlace**

**física**

# TCP/IP: comunicação lógica em camadas

Cada camada:

- É distribuída
- Possui “entidades” que implementam as funções da camada em cada nó
- entidades realizam ações, trocam mensagens entre pares

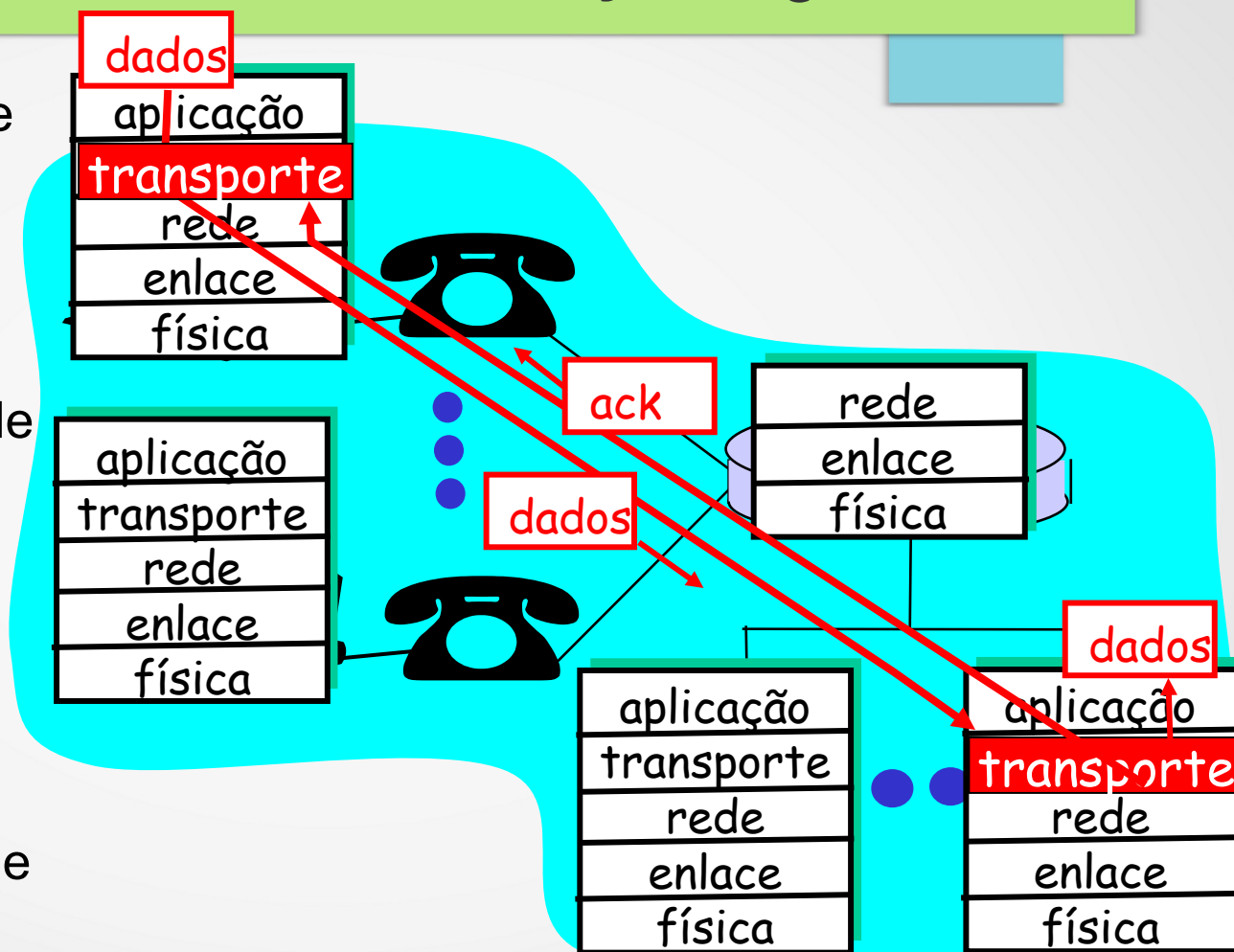




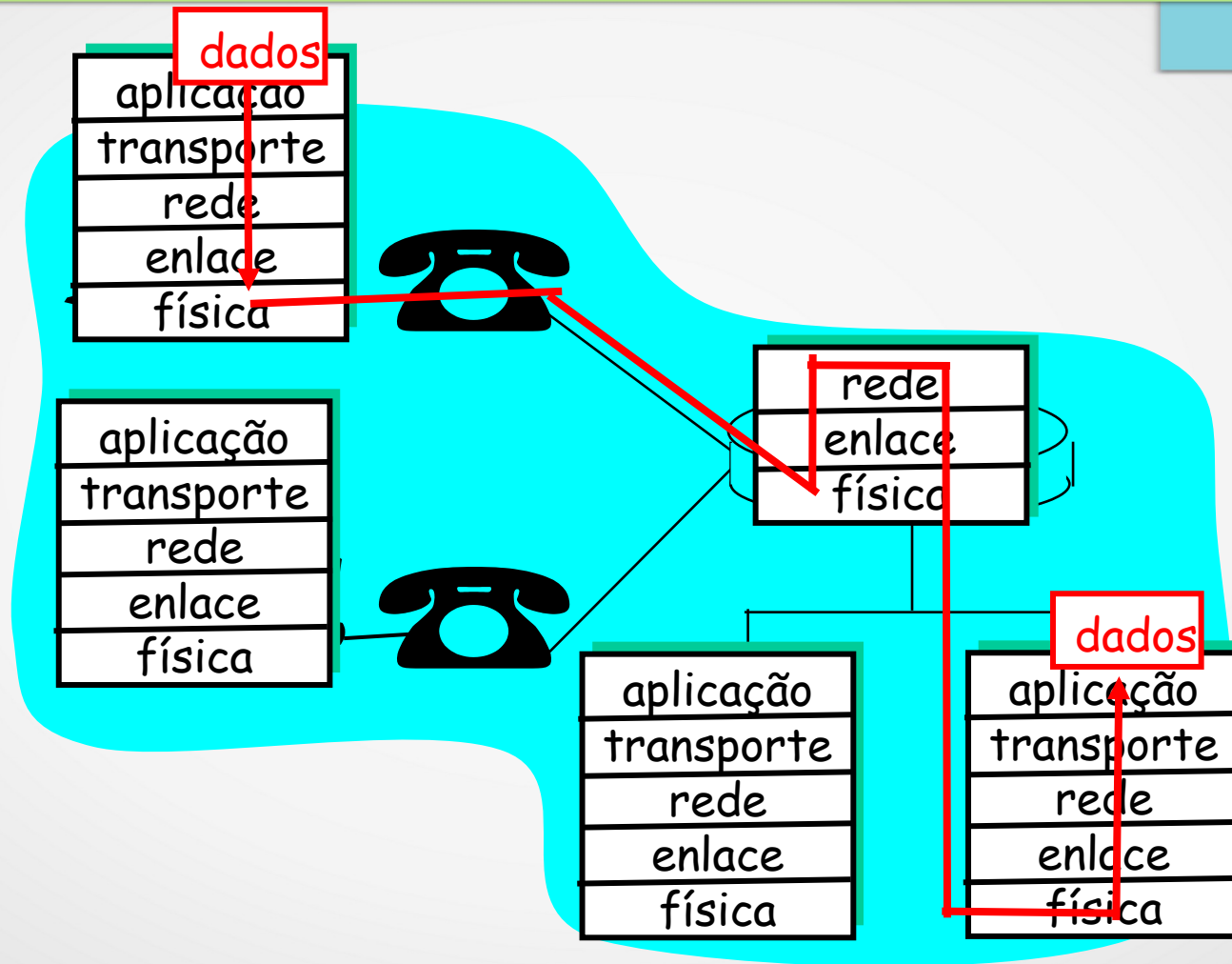
# Divisão em camadas: comunicação lógica

Ex.: Camada de transporte é fim a fim, ou seja, não costuma ser implantada nos nós intermediários, apenas na origem e no destino, então a camada de transporte da origem, se comunica com a camada de transporte do destinatário.

Outras camadas são implementadas em mais nós, como a de enlace e de rede.



# Divisão em camadas: comunicação física



# Camadas de Protocolos e dados

- De modo similar ao modelo OSI, cada camada irá:
  - receber os dados da camada de cima
  - acrescentar um cabeçalho de informação para criar uma nova unidade de dados
  - passar a nova unidade de dados para a camada abaixo

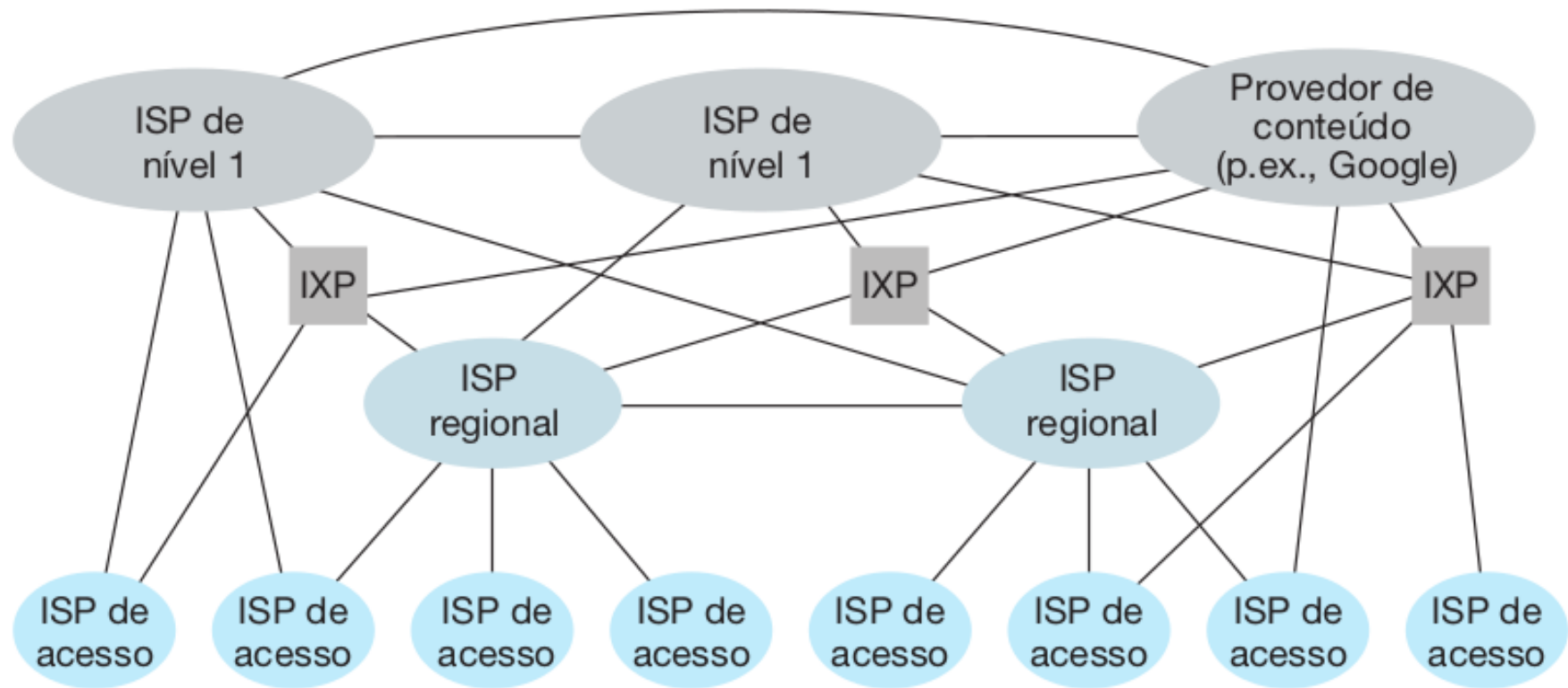


# Estrutura da Internet: rede de redes

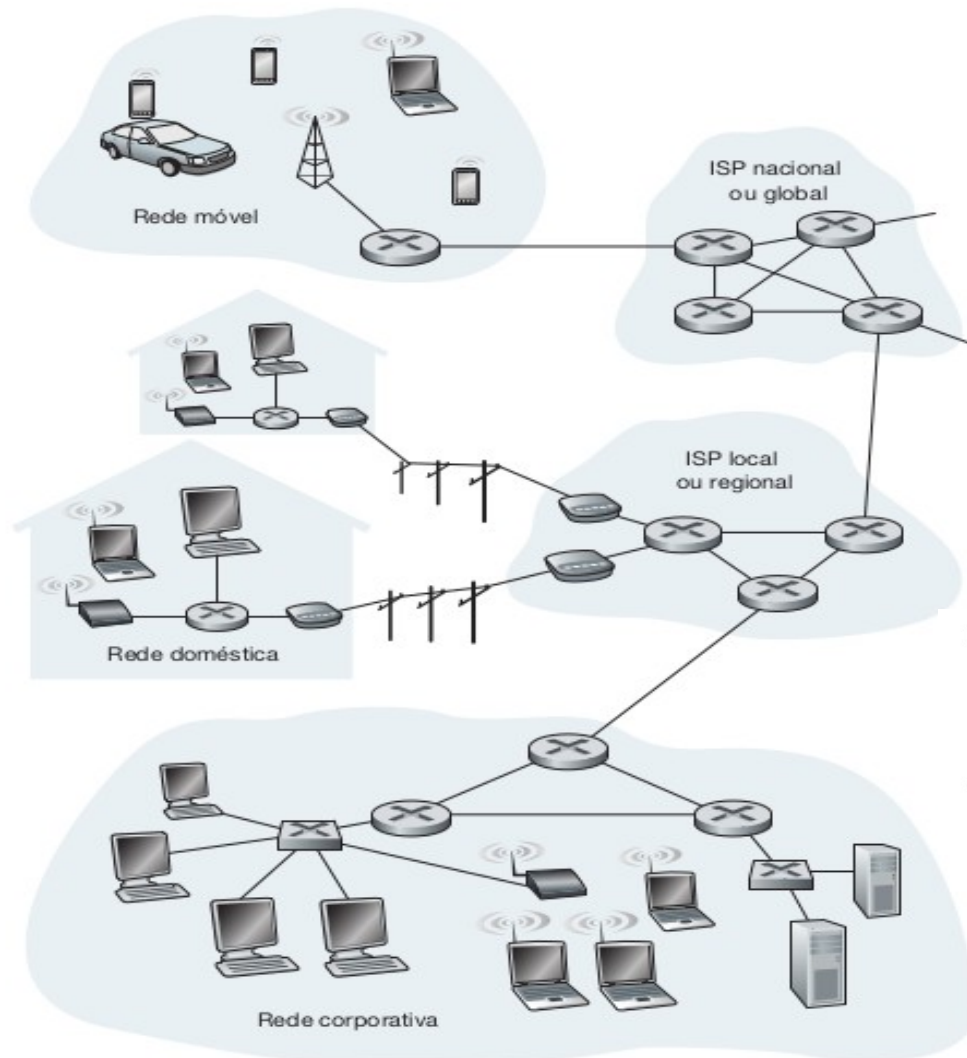
- **ISP de nível 1:** Conectam-se entre si e provê acesso a provedores menores; Podem prover acesso internacionais.
- **ISP regional:** Conecta-se aos ISPs de nível 1 e provê acesso a provedores de acesso
- **ISPs de acesso:** Provê acesso direto aos clientes e se conecta aos provedores regionais ou de nível 1, para acesso a outras redes
- **PTT – Ponto de troca de tráfego (IXP em inglês):** Locais em que o tráfego de redes de provedores diferentes podem se interconectar
- **Provedor de conteúdo:** Redes em que o conteúdo de empresas que possuem grande demanda de acesso são disponibilizados, ex: facebook, google, etc.

# Estrutura da Internet: rede de redes

## INTERCONEXÃO DE ISPs



# Estrutura da Internet: rede de redes



Legenda:





# Provedor de Nível 1 Norte Americano (Sprint)

cogent

## Cogent's Tier-1 Optical IP Network - Statistics - Q3-2024



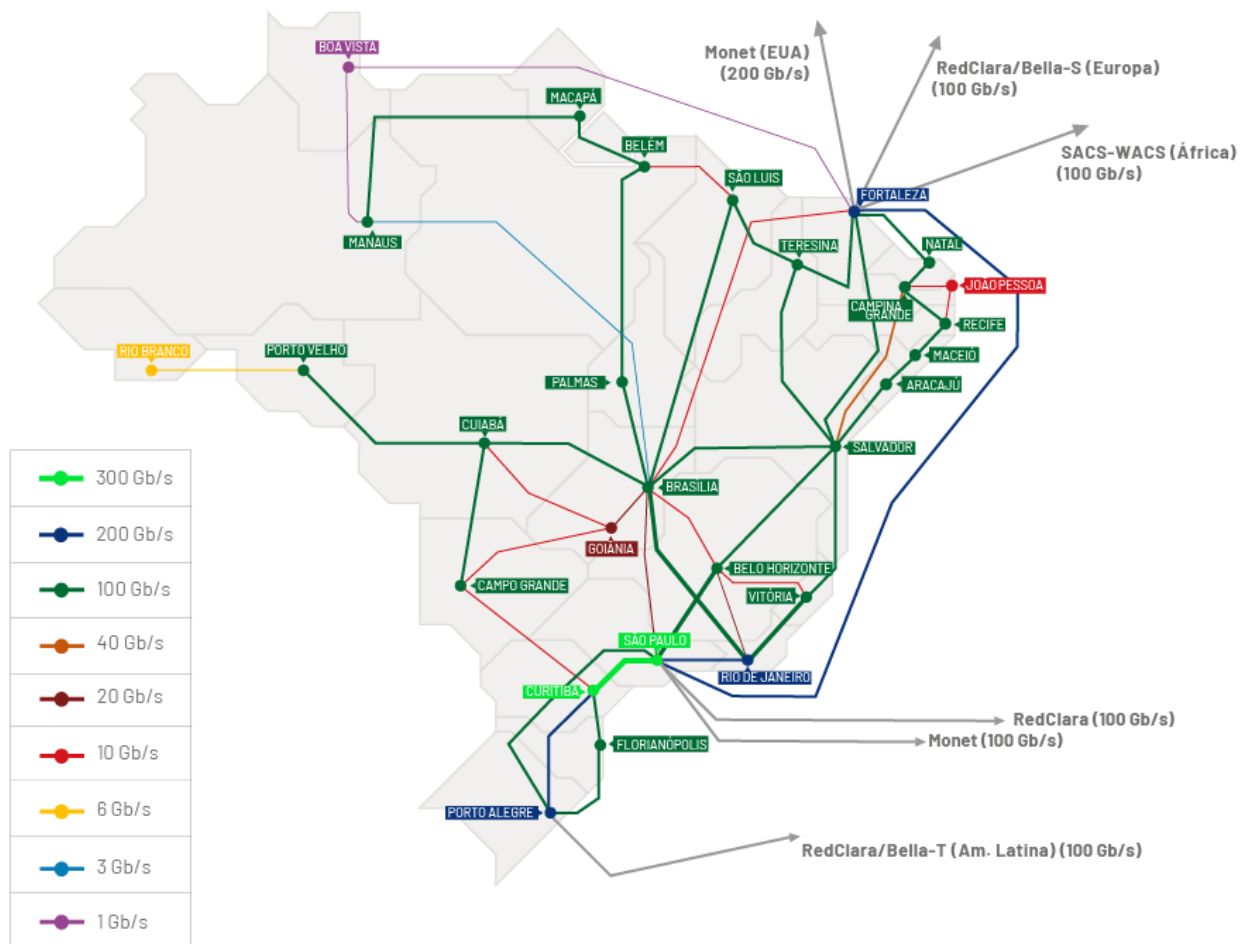


# RNP Rede Ipê - ISP de Nível 1 Brasileiro

CONEXÃO | DEZEMBRO/23

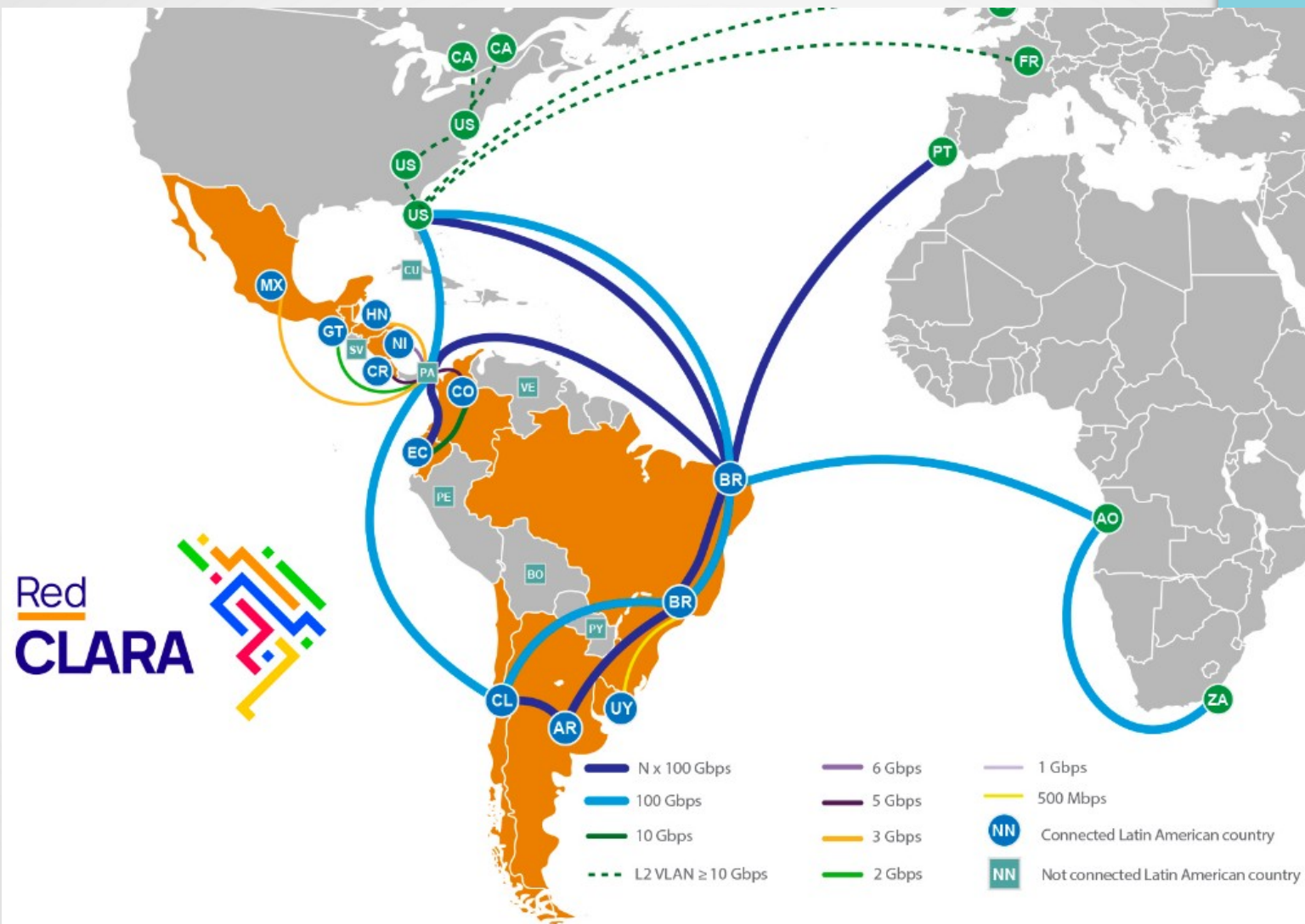
Capacidade agregada 3,82 Tb/s

Capacidade internacional 600 Gb/s



Fonte:  
<https://www.rnp.br/sistema-rnp/rede-ipe>

# ISP de Nivel 1 internacional



# História da Internet

## *1961-1972: primeiros princípios da comutação de pacotes*

- **1961:** Kleinrock - teoria das filas mostra a efetividade da comutação de pacotes
- **1964:** Baran - comutação de pacotes em redes militares
- **1967:** ARPAnet concebida pela Advanced Research Projects Agency
- **1969:** primeiro nó da ARPAnet operacional
- **1972:**
  - ARPAnet é demonstrada publicamente
  - NCP (Network Control Protocol) primeiro protocolo host-host
  - primeiro programa de e-mail
  - ARPAnet cresce para 15 nós

# História da Internet

## *1972-1980: Inter-redes, redes novas e proprietárias*

- **1970:** ALOHAnet rede via satellite no Hawai
- **1973:** tese de PhD de Metcalfe propõem a rede Ethernet
- **1974:** Cerf and Kahn - arquitetura para interconexão de redes
- **final dos anos 70:** arquiteturas proprietárias: DECnet, SNA, XNA
- **final dos anos 70:** comutação com pacotes de tamanho fixo (precursores do ATM )
- **1979:** ARPAnet cresce para 200 nós

### **Cerf and Kahn's princípios de interconexão de redes:**

- minimalismo, autonomia - não se exigem mudanças internas para interconexão de redes
- modelo de serviço: melhor esforço
- roteadores "stateless"
- controle descentralizado

**Define a arquitetura Internet de hoje**

# História da Internet

*1980-1990: novos protocolos, uma proliferação de redes*

- 1983: desenvolvimento do TCP/IP
- 1982: smtp é definido
- 1983: DNS definido para tradução de nomes em endereços IP
- 1985: ftp é definido
- 1988: Controle de congestionamento do TCP
- novas redes nacionais: Csnet, BITnet, NSFnet, Minitel
- 100.000 hosts conectados à confederação de redes

# História da Internet

*anos 90: comercialização, a WWW*

- **Início dos anos 90:** ARPAnet descomissionada
- **1991:** NSF retira restrições sobre o uso comercial da NSFnet
- **Início dos anos 90:** WWW
  - hypertext [Bush 1945, Nelson 1960's]
  - HTML, http: Berners-Lee
  - 1994: Mosaic, depois Netscape
- **Final dos anos 90:** comercialização da WWW
  - est. 50 milhões de comput e 100 milhões usuários na Internet
  - enlaces de backbone operando a 1 Gbits/s
- **Atual:** Infinitude de aplicações, velocidade de Tbits/s nos backbones, predominância de dispositivos e redes móveis.

# Introdução: Sumário

## Cobrimos vários tópicos nessas 2 semanas!

- Visão geral da Internet
- O que é um protocolo?
- borda da rede, núcleo, rede de acesso
- performance: perda, atraso
- camadas e modelos de serviços
- backbones, NAPs, ISPs
- História

## Você agora tem:

- contexto, visão geral, terminologia das redes