

# Sistemas Multimídia

## Aula 2: Fundamentos e Evolução das Comunicações

Professora Ana Luiza Scharf  
IFSC - São José

Departamento de Telecomunicações

19 de Maio de 2026

# Agenda da Aula de Hoje

## Conteúdo Principal

- 1 Revisão histórica das telecomunicações
- 2 Comunicação síncrona vs. assíncrona
- 3 Mundo dos circuitos vs. mundo dos pacotes
- 4 Desafios do tempo real em redes IP
- 5 Qualidade de Serviço (QoS)
- 6 **Conceito Central: Separação Sinalização/Transporte**

## Destaque Especial

**Estudo de caso: Projeto Loon (Google)**

# Objetivos de Aprendizado

Ao final desta aula, você será capaz de:

- Diferenciar comunicação síncrona e assíncrona
- Compreender a evolução das telecomunicações
- Distinguir comutação por circuitos vs. pacotes
- Entender os desafios do tempo real em IP
- Identificar a necessidade de QoS
- **Explicar a separação entre sinalização e transporte**

Conceito Central da Disciplina

**Separação entre Sinalização e Transporte**

# Contextualização: Por Que Estudar Isso?

- Sistemas multimídia precisam de comunicação eficiente
- Internet é baseada em pacotes (não-determinística)
- Precisamos de tempo real sobre rede de "melhor esforço"
- Entender o passado para projetar o futuro

network-evolution.png

Evolução das comunicações

# Evolução Histórica das Comunicações

## Circuitos

- **1876**  
Telefone (Bell)
- **1900–1960**  
Telefonia analógica
- **Até 1980**  
Comutação por circuitos

## Pacotes

- **1969**  
ARPANET
- **1980–1990**  
Redes IP
- **Anos 1990**  
Internet comercial

## Convergência

- **2000–2010**  
VoIP
- **2010–2020**  
WebRTC, streaming
- **Atual**  
5G, IoT, tudo sobre IP

- **Circuitos:** canais dedicados e determinísticos
- **Pacotes:** compartilhamento de recursos
- **Convergência:** múltiplos serviços na mesma rede

# Comunicação: Síncrono vs Assíncrono

## Comunicação Síncrona

- Receptor recebe **durante** a transmissão
- Atraso previsível e curto
- Permite **diálogo** interativo
- **Exemplos:**
  - Telefone tradicional
  - Vídeo chamada
  - Conversa em tempo real

## Comunicação Assíncrona

- Receptor recebe **após** transmissão
- Atraso significativo
- Sem sensação de diálogo
- **Exemplos:**
  - E-mail (anos 90: 24h)
  - Mensagens com atraso
  - Transferência de arquivos

## A Realidade Atual: WhatsApp

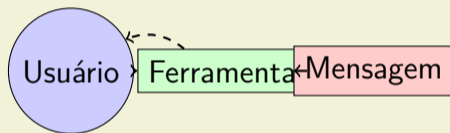
Pode ser **síncrono** (resposta em segundos) ou **assíncrono** (resposta em horas)

**O uso define, não a ferramenta!**

# O Meio Afeta a Mensagem - Marshall McLuhan (1964)

## "O meio é a mensagem"

- A tecnologia usada afeta **como** nos comunicamos
- Mesma ferramenta, diferentes usos
- **Percepção do usuário** é fundamental
- Para sistemas multimídia: projetar para a experiência



### Exemplo Prático

TV a cabo vs TV satélite: narrador grita "gol" em tempos diferentes, mas quem assiste tem **percepção de instantaneidade**.

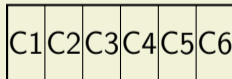
# Comutação por Circuitos: O Mundo Determinístico

## Características Principais

- **Recurso dedicado** (canal físico/lógico)
- **Determinístico**: latência previsível
- **Ordenado**: sequência preservada
- Alocação **prévia** do recurso
- **Custo**: Mantém recurso mesmo sem uso

## Técnicas de Multiplexação

- **FDM**: Divisão por Frequência
- **TDM**: Divisão por Tempo
- 1 físico  $\rightarrow$  N lógicos



Canais dedicados (TDM)

# Analogia: Ponte com Pista Dedicada



**Pista dedicada = Circuito**  
Outros carros não podem usar

- **Vantagem:** Garantia de qualidade
- **Desvantagem:** Custo alto (recurso ocioso)
- **Telefonia analógica:** 1 par físico = 1 conversa

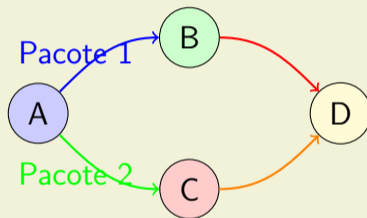
# Comutação por Pacotes: O Mundo Não-Determinístico

## Características

- Recursos compartilhados
- Não-determinístico: latência variável
- Melhor esforço (best effort)
- Alocação sob demanda
- Fragmentação da informação

## Problemas Comuns

- Perda de pacotes
- Atraso variável (jitter)
- Desordenação na chegada
- Competição por recursos



Rotas diferentes

# Tempo Real vs Síncrono - A Diferença Crucial

## Comunicação Síncrona

- Tempo **curto** entre envio/recebimento
- Permite **diálogo** interativo
- Atraso perceptível, mas aceitável
- **Exemplo:** Chat com atraso de segundos
- WhatsApp resposta rápida

## Tempo Real

- Tempo **muito curto** (milissegundos)
- Percepção de **instantaneidade**
- Atraso geralmente imperceptível
- **Exemplo:**
  - Telefonia (<150ms)
  - Vídeo conferência
  - Jogos online competitivos

## Latência Aceitável

- **Voz:** < 150ms (ideal < 100ms)
- **Vídeo:** < 400ms (ideal < 200ms)
- **Jogos:** < 100ms (competitivo < 50ms)

# Infraestrutura Global: Cabos Submarinos

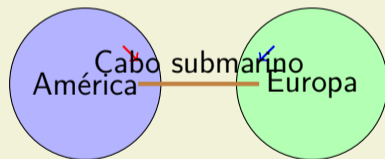
## Submarine Cable Map

<https://www.submarinecablemap.com/>

- **Catalogados:** Principais rotas mundiais
- **Provedores:** Empresas mantenedoras
- **Capacidades:** Taxas de transmissão
- **Brasil:** Múltiplos caminhos disponíveis

### Competição por Recursos

- Múltiplas fontes usam mesmos canais
- Cenário **competitivo**
- Necessidade de gerenciamento inteligente



# Sobreprovisionamento de Recursos

## Campus IFSC São José (Exemplo Real)

- **Enlace externo:** 10 Gbps
- **Uso médio (presencial):** 30 Mbps
- **Ocupação:**  $\frac{30}{10000} = 0.3\%$
- **Margem:** Mais de 300 vezes o uso normal!

# Sobreprovisionamento de Recursos

## Estratégia de Sobreprovisionamento

- Provisionar **muito mais** que o necessário
- Atender picos de demanda
- Reduzir competição
- **Exemplo:** Ponte muito maior que o tráfego normal

## Limitação

- Custo de infraestrutura
- Não elimina competição totalmente
- Picos ainda podem congestionar



# Estudo de Caso: Project Loon (Google X)

Por que descontinuaram?

Custo alto, concorrência com satélites de baixa órbita (Starlink)

# Qualidade de Serviço em Redes IP

## Problema Central

Como garantir comunicação síncrona/tempo real em rede **não-determinística** (melhor esforço)?

### Estratégias QoS:

- 1 **Pré-alocação** (circuitos virtuais)
- 2 **Priorização** (filas diferenciadas)
- 3 **Políticas de descarte**
- 4 **Sobreprovisionamento**

### Elementos de QoS:

- Filas de prioridades
- Políticas de scheduling
- Mecanismos de controle
- Monitoramento de rede

**Para alguém ter QoS, outro pode perder qualidade**

# Separação entre Sinalização e Transporte



### Ideia-chave

Primeiro o sistema **negocia e prepara**. Depois, os dados são **transmitidos**.

# Sinalização vs Transporte

## Sinalização

- Prepara o ambiente de comunicação
- Negocia recursos (codec, banda, endpoints)
- Estabelece e encerra sessões
- **Não transporta mídia**

## Transporte

- Transmite áudio, vídeo ou dados
- Fluxo contínuo
- Sensível a atraso e jitter
- Ocorre após a sinalização

## Exemplo: Telefonia

- **Sinalização:** discar, chamar, atender
- **Transporte:** conversa de voz
- **Protocolos:** SIP (sinalização) e RTP (transporte)

# Por que Separar Sinalização e Transporte?

## Vantagens Técnicas

- **Eficiência:** Não inicia sem condições
- **Flexibilidade:** Adapta-se a capacidades diferentes
- **Controle:** Gerencia múltiplas sessões
- **Interoperabilidade:** Protocolos diferentes

## Vantagens Práticas

- **Escalabilidade:** Facilita crescimento
- **Manutenção:** Isolamento de problemas
- **Segurança:** Controle de acesso antes
- **Qualidade:** Verificação prévia

## Exemplo Prático: Videochamada

- 1 **Sinalização:** Negocia codecs, largura de banda, endpoints
- 2 **Transporte:** Transmite áudio e vídeo em tempo real

# Sistemas Autônomos e Perda de Controle

## Definição de Sistema Autônomo (AS)

- Rede sob administração única
- Políticas próprias de roteamento
- Autonomia para decisões internas
- **Exemplo:** Provedor de internet, universidade

## Problema para QoS End-to-End

- Controle **perdido** ao sair do AS local
- Dependência de outros provedores
- Dificuldade de garantir QoS global
- **Exemplo:** Chamada IFSC → Europa

# Sistemas Autônomos e Perda de Controle

## Solução Possível

- Acordos comerciais entre AS
- Serviços premium (pagamento)
- QoS apenas dentro do AS controlado

# Resumo dos Conceitos Fundamentais

## Evolução Tecnológica

- Circuitos → Pacotes
- Determinístico → Melhor esforço
- Dedicado → Competitivo
- Síncrono → Tempo real

## Comunicação

- Assíncrono: atraso significativo
- Síncrono: diálogo, tempo curto
- Tempo real: instantaneidade

## Arquitetura Essencial

- Sinalização  $\neq$  Transporte
- Preparação vs Execução
- Separação clara e necessária

## Desafios e Soluções

- QoS: Priorização, pré-alocação
- Latência: Compensação, predição
- Competição: Sobreprovisionamento

**Conceito Central:**  
**Separação Sinalização/Transporte**

## Resumo Comparativo: Circuitos vs Pacotes

Comutação por Circuitos	Comutação por Pacotes
Determinístico Previsível em todos os aspectos	Não-determinístico Comportamento variável
Dedicado Recurso exclusivo	Compartilhado Competição por recursos
Caro Custo fixo alto	Econômico Custo por uso baixo
Limitado Restrições físicas	Escalável Expansão flexível
Ideal nativo para tempo real Garantia intrínseca	Requer adaptação Necessita QoS
Exemplos: POTS, TDM, FDM	Exemplos: Internet, VoIP, Vídeo

### Tendência Atual

Tudo converge para redes IP, mas precisamos implementar QoS efetiva!

# Próximos Passos e Atividades

## Links e Recursos Importantes

- **Repositório exemplo:** [github.com/barba\\_da\\_cara\\_preta/SM2021](https://github.com/barba_da_cara_preta/SM2021)
- **Submarine Cable Map:** [submarinecablemap.com](https://submarinecablemap.com)
- **Project Loon:** [x.company/projects/loon](https://x.company/projects/loon)
- **Material da aula:** SIGA da disciplina

## Dúvidas e Considerações Finais

### Alguma dúvida sobre os conceitos apresentados?

- Diferença síncrono/tempo real?
- Comutação circuitos vs pacotes?
- Separação sinalização/transporte?
- Desafios de latência em tempo real?
- Projeto Loon e suas lições?

**Próxima aula: Protocolos de sinalização na prática**