

# Atraso



## Aula 5: Atrasos

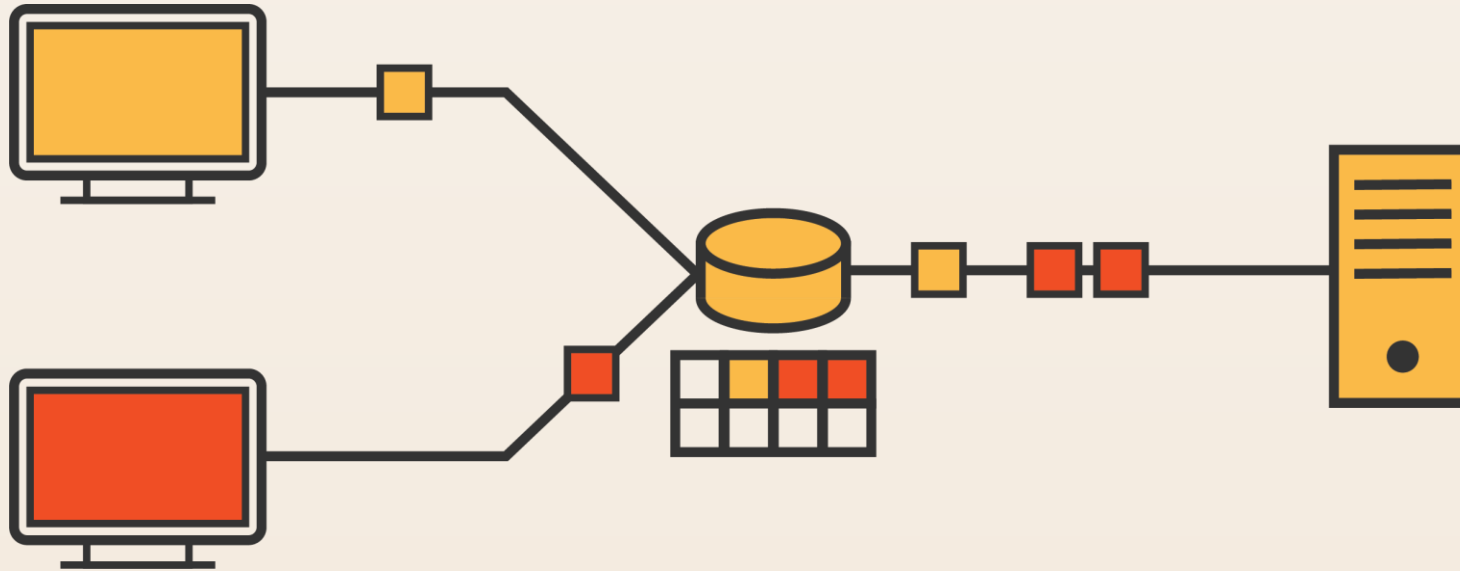
Atraso, perda e vazão nas redes comutadas por pacotes



Windson Viana

# O que é e como ocorre?

---



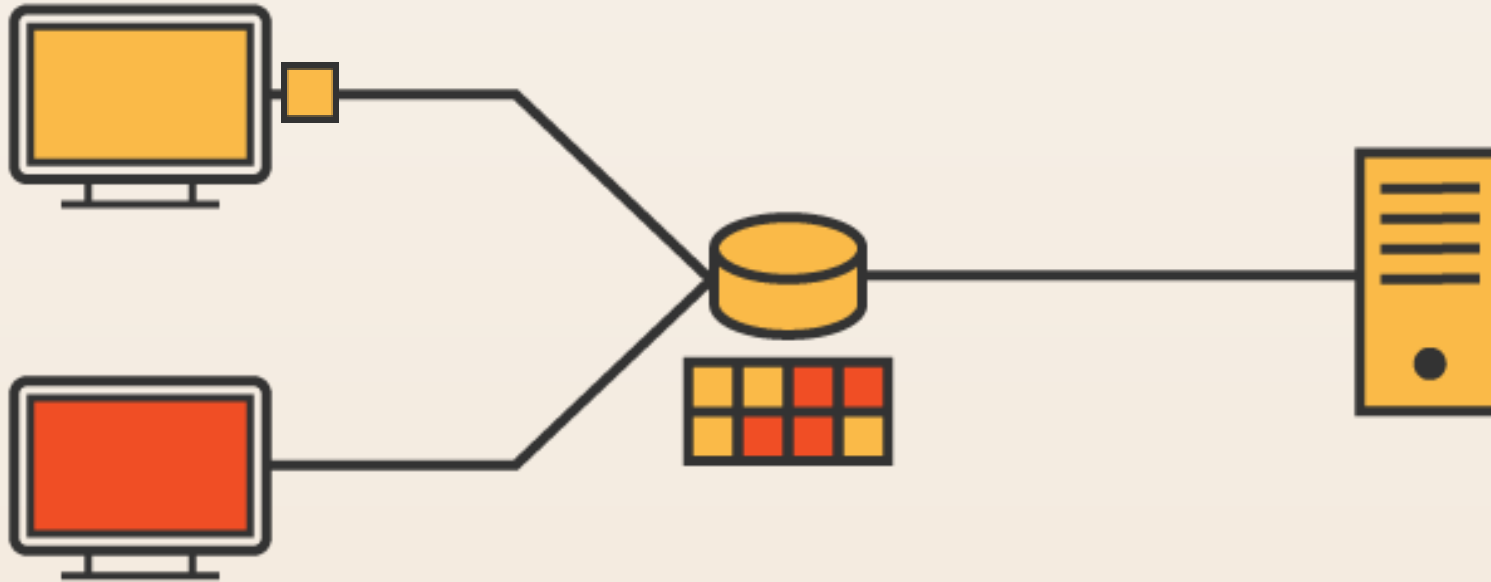
Pacotes são enfileirados em '**buffers**' do roteador. Quando, durante transmissão de pacotes, ocorre algum atraso em alguma parte do processo, é chamado o **Atraso**.

Exemplos:

- ◆ Taxa de chegada de pacotes ao enlace ultrapassa a capacidade de saída do enlace
- ◆ Pacotes enfileirados aguardando sua vez

# Perda de Pacotes

---

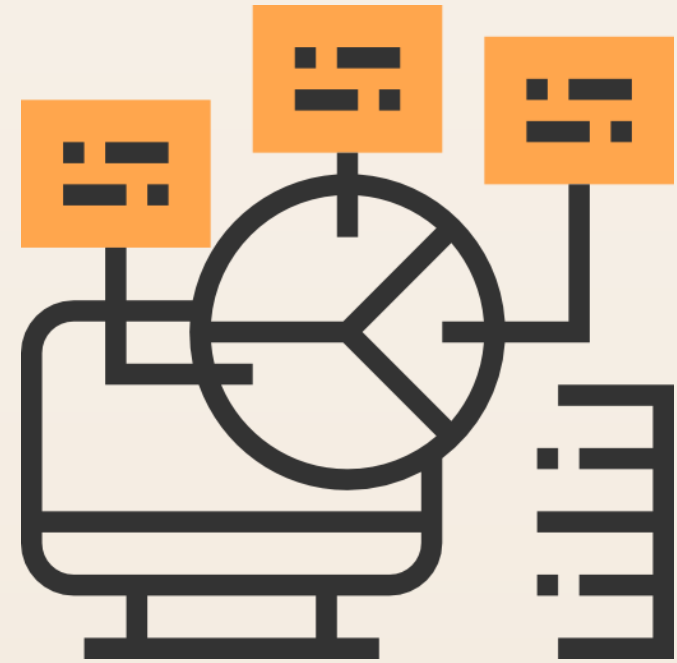


Os **buffers** dos roteadores tem capacidade máxima **finita**.

- ◆ Ocorre **perda** quando pacotes chegam no buffer cheio
  - ◆ Último pacote pode ser **retransmitido** pelo nó anterior, pela origem ou de forma nenhuma

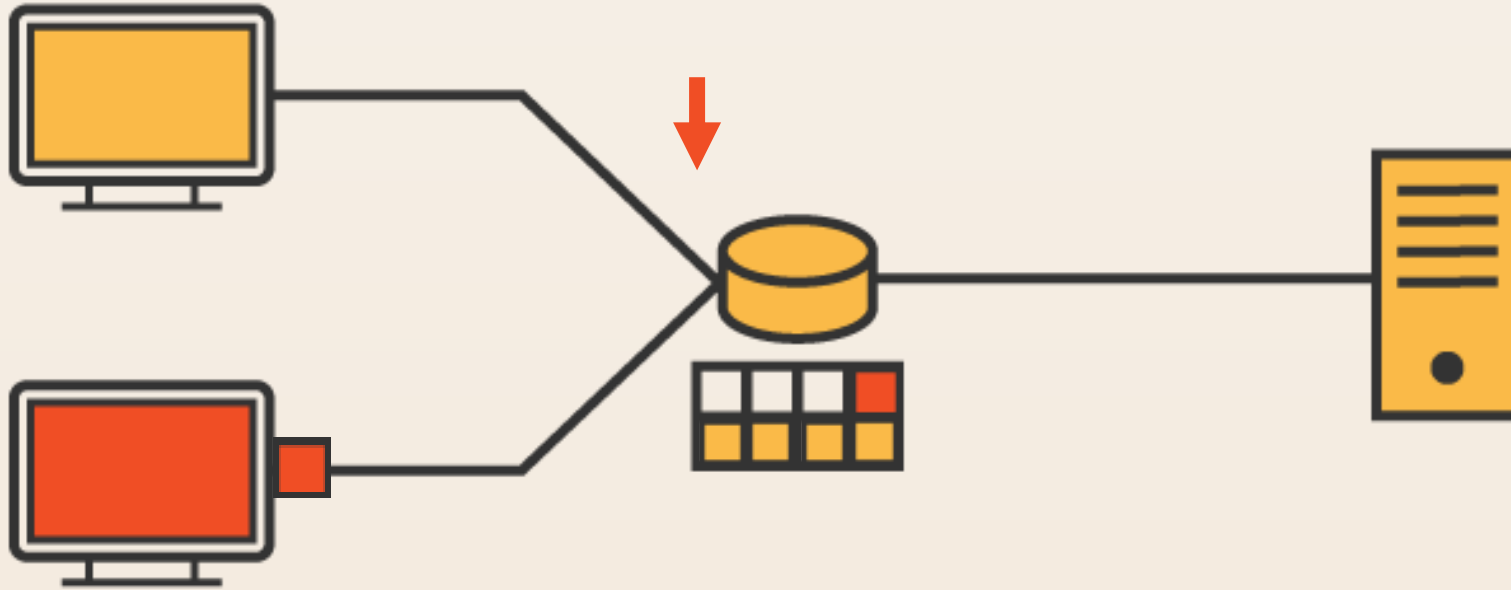
# Tipos de Atraso

---



# Atraso de Processamento

---

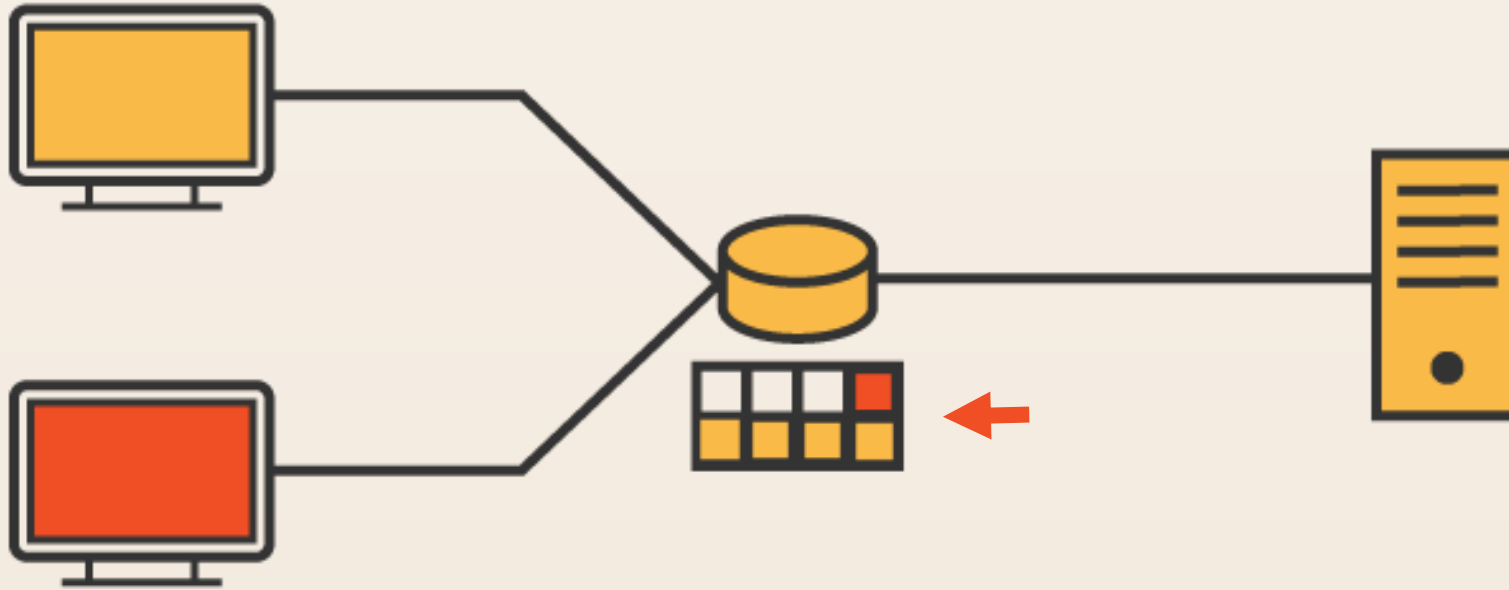


Ocorre logo após a chegada do pacote no roteador.

- ◆ Roteador examina o header do pacote
  - ◆ Verifica a presença de erros de bit
  - ◆ Determina enlace de saída

# Atraso de Enfileiramento

---



Ocorre depois do Atraso de Processamento, quando o pacote entra na **fila**.

- ◆ O pacote espera na fila a sua transmissão
  - ◆ Depende do nível de congestionamento do roteador. Quanto mais pacotes estiverem presentes, maior será o **delay**

# Atraso de Enfileiramento

A intensidade do tráfego pode ser calculada da seguinte forma:

Tamanho do pacote (bits)

$$\frac{La}{R}$$

Taxa média de chegada do pacote

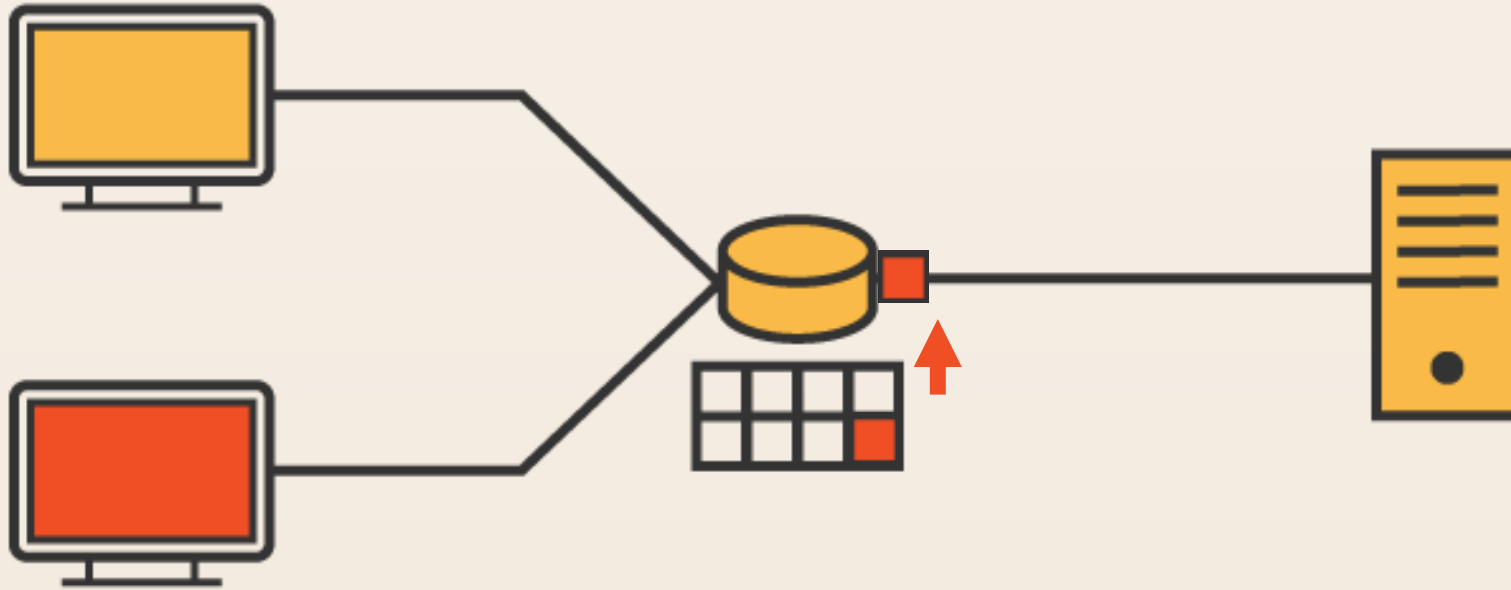
Largura de banda do enlace (bps)

Dependendo do resultado, podemos inferir a intensidade do tráfego de pacotes no enfileiramento

$$\frac{La}{R}$$

$< 1$	Atraso pequeno
$= 1$	Atraso significativo
$> 1$	<b>Sobrecarregado!</b>

# Atraso de Transmissão:



Quando chega a sua vez, o pacote é transmitido para a rede. Esse é o tempo requerido para que seja realizada a transmissão dos seus bits para o enlace.

É calculado da seguinte forma:

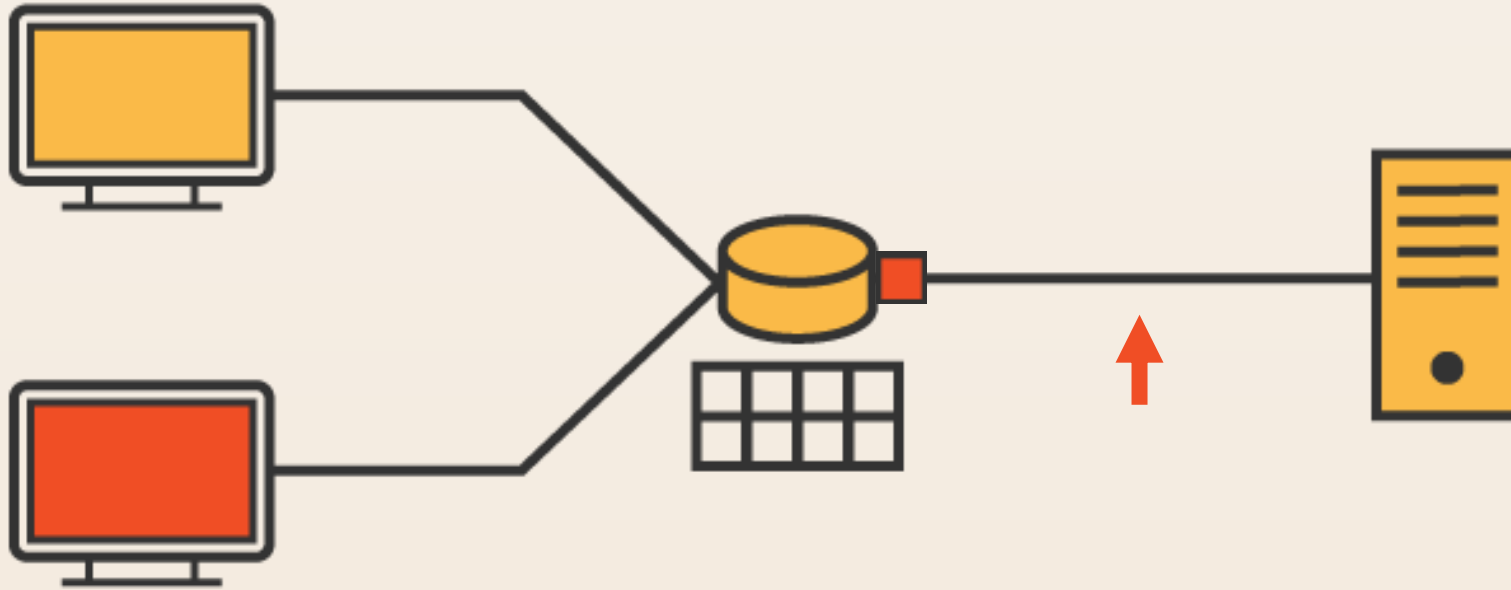
**Tamanho do pacote**  
(bits)

$$L/R$$

**Largura de banda do enlace**  
(bps)



# Atraso de Propagação



Quando o pacote é transmitido para o enlace, esse é o tempo de duração da transmissão do emissor para o receptor.

É calculado da seguinte forma:

$$\text{Tamanho do enlace físico} \leftarrow \frac{D}{S} \rightarrow \text{vel. de propagação no meio}$$

( $\sim 2 \times 10^8 \text{ m/s}$ )

# Atraso Nodal

---

Normalmente, poucos  
microssegundos ou menos

**Atraso de Processamento**

Significativo para enlaces  
com baixa velocidade

**Atraso de Transmissão**

$$d_{nodal} = d_{proc} + d_{fila} + d_{trans} + d_{prop}$$

**Atraso de Enfileiramento**

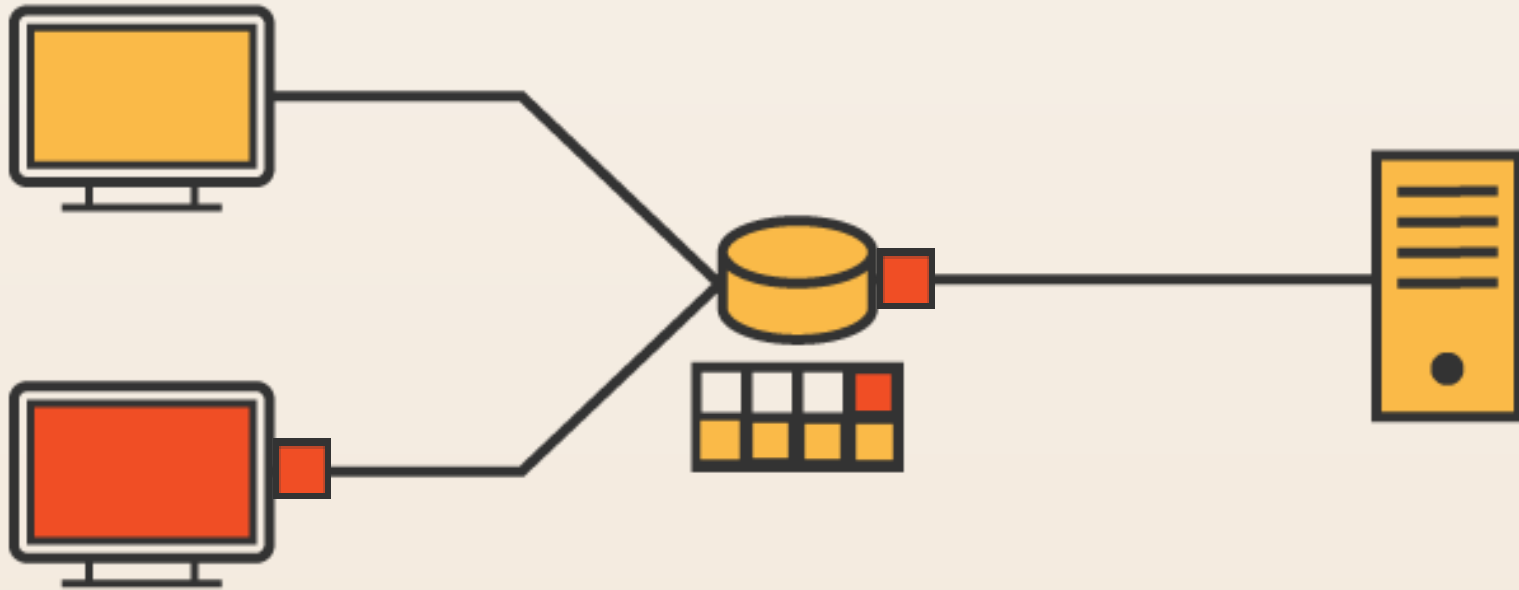
Depende do congestionamento

**Atraso de Propagação**

De alguns microssegundos  
à centenas de ms

# Atraso Nodal

---



# Analogia da Caravana

---





1. 10 carros que se “propagam” a 100 km/h
2. Cabines de pedágio levam 12 s para atender carro (tempo de transmissão)
3. Carro → Bit  
Caravana → Pacote

**P.: Quanto tempo para a caravana formar fila antes da 2ª cabine?**

1. Tempo para “empurrar” caravana inteira pela cabine na estrada:  
 $12 \times 10 = 120 \text{ s}$
2. Tempo para último carro se propagar da 1ª à 2ª cabine de pedágio:  
 $100 \text{ km} / (100 \text{ km/h}) = 1 \text{ h}$

**Resposta.:** 62 minutos



1. Carros agora se "propagam" a 1000 km/h
2. Cabines agora levam 1 min para atender

**P.: Os carros chegarão à 2ª cabine antes que todos os carros sejam atendidos na 1ª cabine?**

**Resposta.:**

- ◆ Sim! Após 7 min, 1º carro na 2ª cabine e 3 carros ainda na 1ª cabine.
- ◆ 1º bit do pacote pode chegar ao 2º roteador antes que o pacote seja totalmente transmitido no 1º roteador!

# Atrasos e Rotas reais da internet

---

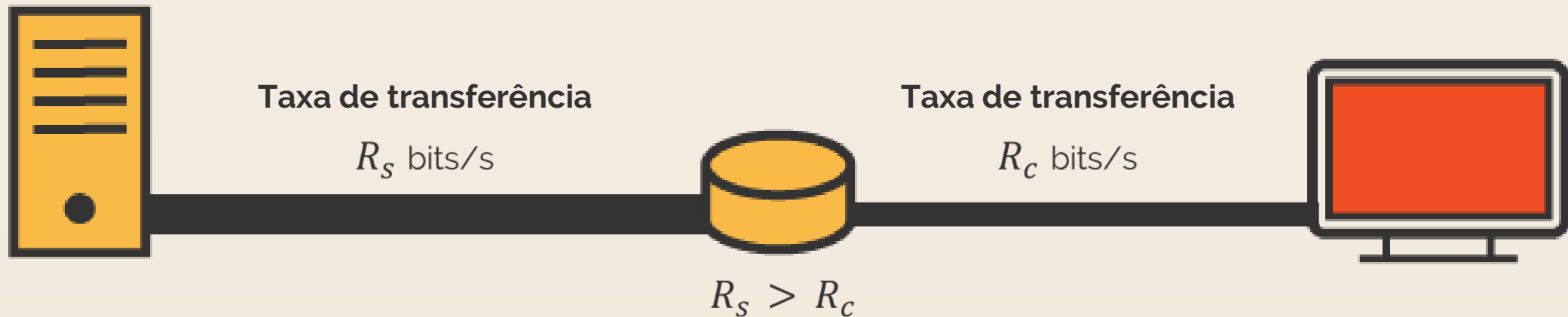


# Vazão

Taxa de transferência dos bits entre emissor e receptor, representada por bits/unidade de tempo.

- ♦ **Instantânea:** taxa em determinado ponto no tempo
- ♦ **Média:** taxa por período de tempo maior

Diferentes cabeios suportam vazões diferentes.



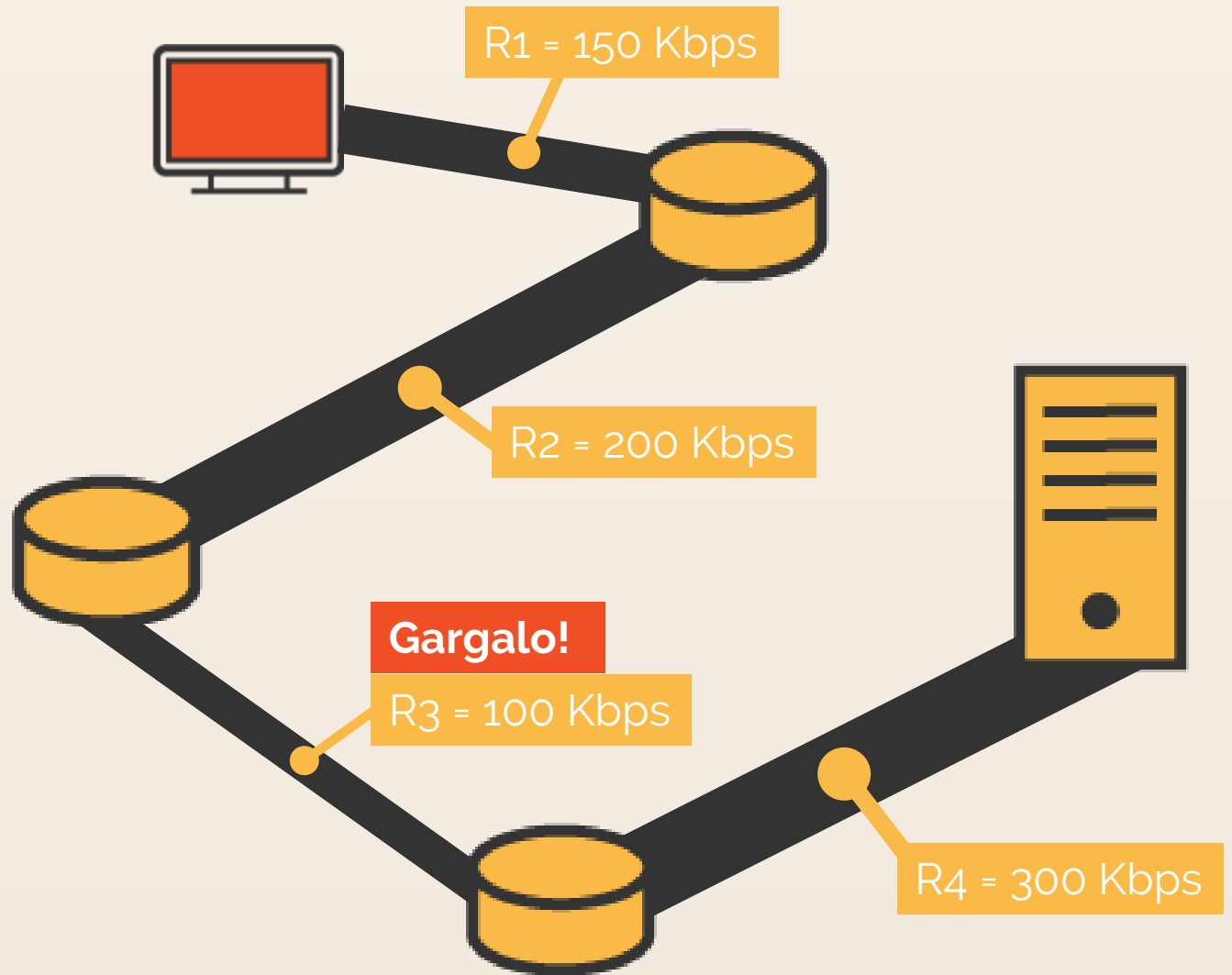


# Enlace de Gargalo

A conexão é limitada pelo enlace de **menor** taxa de transferência.

Vazão de fim a fim por conexão:

$$\min(R_1, R_2, R_3, R_4)$$

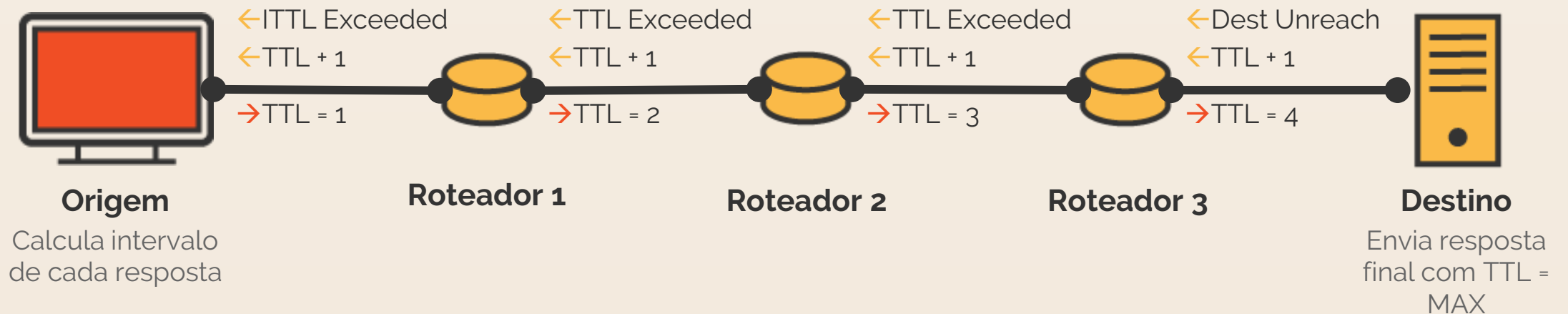


# O que é Traceroute?

Fornece medida do atraso da origem até cada roteador no caminho, até o destino final.

Para todo roteador  $i$ :

- ◆ São enviados três pacotes que alcançarão roteador  $i$  no caminho para o destino
- ◆ Roteador  $i$  retornará pacotes ao emissor
- ◆ Emissor temporiza intervalo entre transmissão e resposta



C:\> Administrador: Prompt de Comando

Microsoft Windows [versão 10.0.16299.98]

(c) 2017 Microsoft Corporation. Todos os direitos reservados.

C:\WINDOWS\system32>tracert google.jp

Rastreando a rota para google.jp [172.217.29.227]

com no máximo 30 saltos:

1	<1 ms	1 ms	1 ms	192.168.0.1
2	1 ms	1 ms	1 ms	RAFAEL-PC [10.0.0.1]
3	26 ms	15 ms	23 ms	172.20.0.1
4	4 ms	7 ms	5 ms	radio-baturite.staynet.com.br [201.12.117.105]
5	5 ms	7 ms	5 ms	192.168.181.93
6	7 ms	8 ms	7 ms	192.168.158.169
7	47 ms	87 ms	5 ms	192.168.166.1
8	32 ms	4 ms	5 ms	192.168.237.10
9	50 ms	51 ms	51 ms	as15169.saopaulo.sp.ix.br [187.16.218.58]
10	53 ms	55 ms	52 ms	108.170.245.161
11	51 ms	56 ms	54 ms	72.14.236.203
12	61 ms	56 ms	54 ms	gru06s28-in-f3.1e100.net [172.217.29.227]

Rastreamento concluído.

# Créditos



Slides por Rafael Avilar, Rafael Camurça e Ricardo Elesbao

Alguns ícones cedidos de **Flaticon**.