



# **Protocolo de Ligação de Dados**

**1º Trabalho Laboratorial**

**Redes de Computadores  
Turma 13**

Gonçalo Miguel Ferreira Santos (up202306340)  
João Pedro Nunes Ferreira (up202305204)

5 de novembro de 2025

# Sumário

Este trabalho no âmbito da unidade curricular de Redes de Computadores visa a implementação de um protocolo de comunicação de dados para a transmissão de ficheiros utilizando a Porta Série RS-232.

Através deste projeto conseguimos fazer uso da matéria lecionada nas aulas teóricas para implementar o protocolo em questão, considerando assim o funcionamento da estratégia Stop-and-Wait.

## Introdução

O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento e implementação de um protocolo de ligação de dados, de acordo com as especificações presentes no guião, para transferir um ficheiro através da porta de série.

## Metodologia

A montagem experimental consistiu num computador Linux interligado através de uma ligação série RS-232, simulada pelo programa **cable.c**, que permite ajustar os parâmetros baudrate (C), bit error rate (BER), o atraso de propagação (*Tprop*) e o tamanho do frame (L).

Durante a experiência, variou-se separadamente C, o frame error rate (FER), L e *Tprop*.

Para avaliar o desempenho do protocolo Stop-and-Wait ARQ, foram medidas repetidamente as durações de transferência do ficheiro e, a partir delas, calculou-se o throughput (*R*) e a eficiência medida (*S*) segundo as fórmulas:

$$R = \frac{\text{Tamanho do ficheiro (bits)}}{\text{Tempo de transferência(s)}}$$
$$S = \frac{R}{C} \times 100\%$$

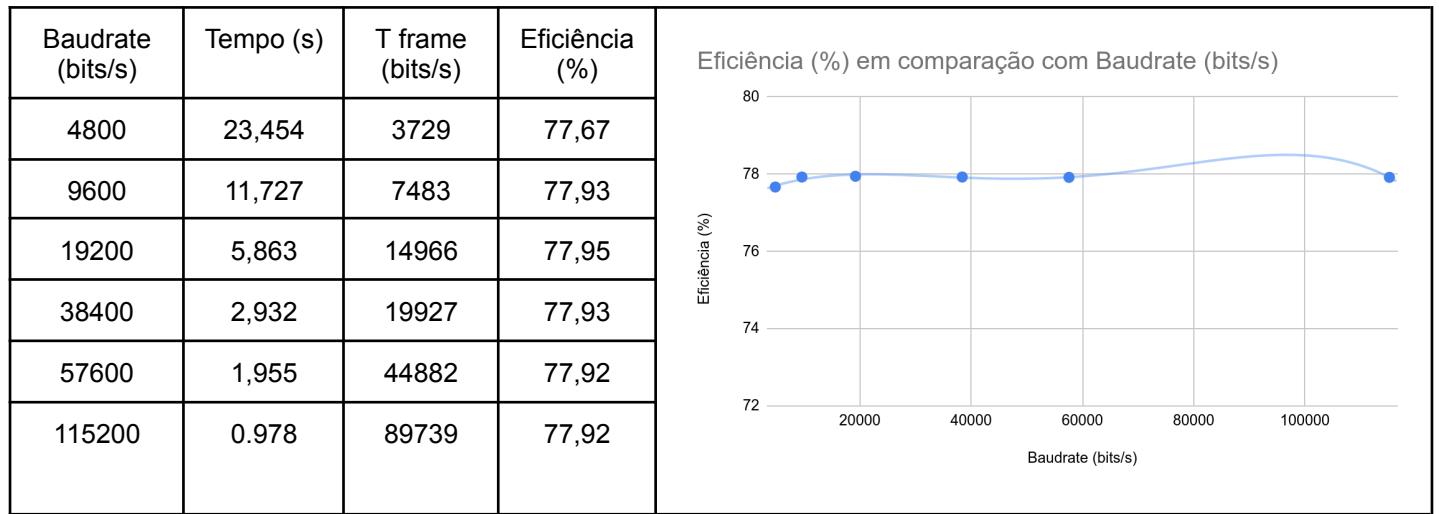
Todas as medições foram repetidas em condições idênticas, de forma a reduzir a variabilidade causada por atrasos aleatórios ou carga do sistema.

A eficiência teórica depende do parâmetro:  $a = \frac{T_{prop}}{T_{frame}}$  e, quando apenas o atraso de propagação varia, usa-se:  $S_{(teórica)} = \frac{1}{1+2a} \times 100\%$ . Quando apenas o FER varia, utiliza-se o modelo probabilístico:  $S_{(teórica)} = \frac{1-FER}{1+2a} \times 100\%$ .

## Resultados

O ficheiro transmitido tem 10968 bytes, com uma baudrate fixa de 9600 bits/s e um tamanho do frame de 1000 bytes.

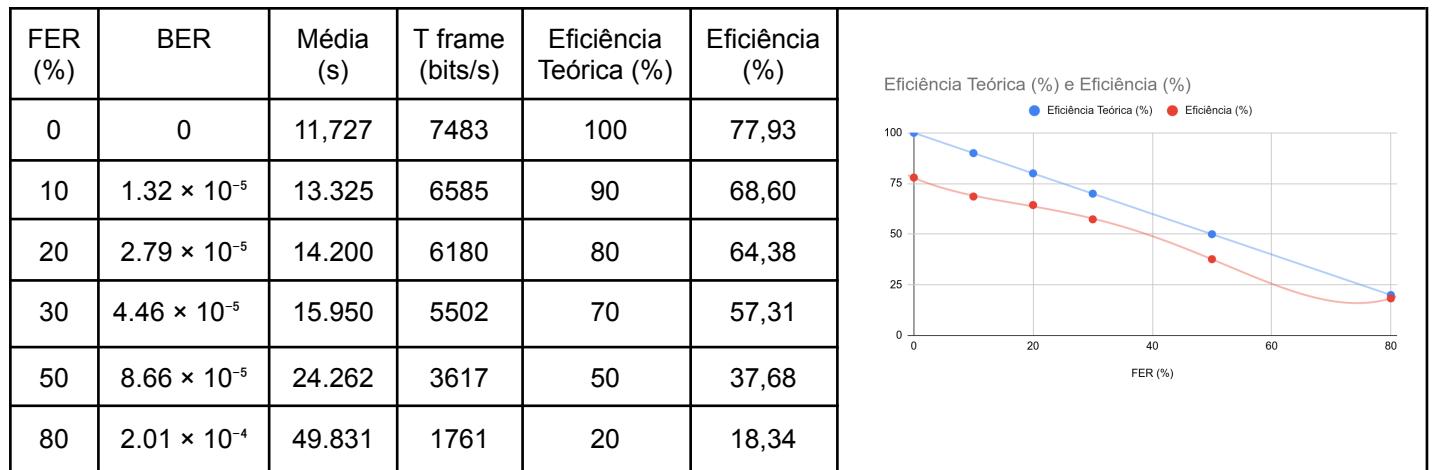
## Variação de Baudrate



**Tabela 1 – Resultados de eficiência para diferentes valores de baudrate**

A eficiência mantém-se praticamente constante, apesar do aumento da taxa de transmissão. Isso confirma o impacto do fator  $a = \frac{T_{prop}}{T_{frame}}$ , que se torna mais relevante com o aumento de C.

## Variação de FER

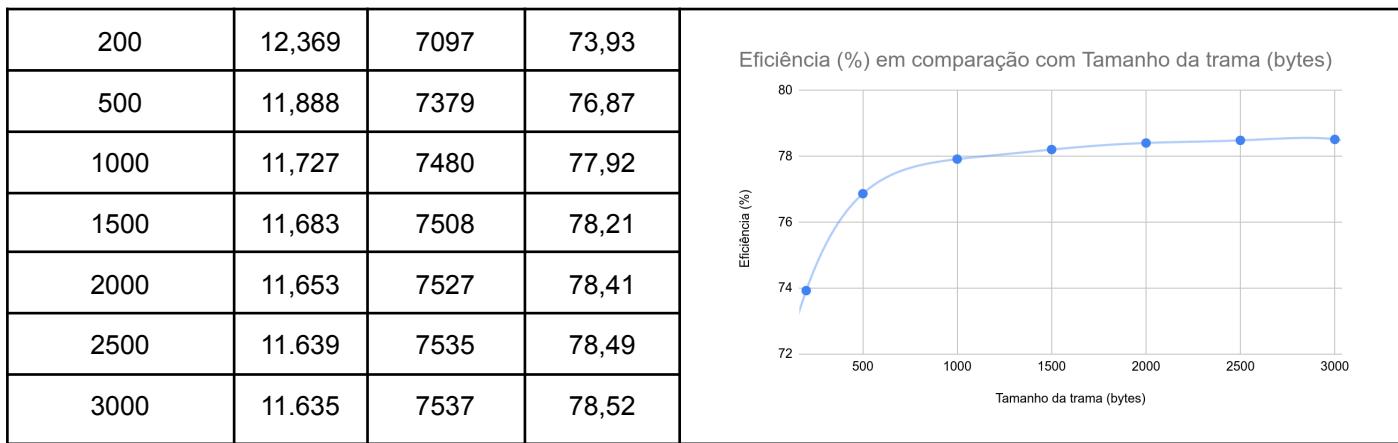


**Tabela 2 – Resultados de eficiência para diferentes valores de FER**

À medida que o Frame Error Rate (FER) aumenta, tanto a eficiência medida como a eficiência teórica diminuem de forma praticamente linear. Taxas de erro mais elevadas provocam mais retransmissões, o que reduz diretamente o throughput (R) do protocolo e, consequentemente, diminui a eficiência.

## Variação do tamanho do frame

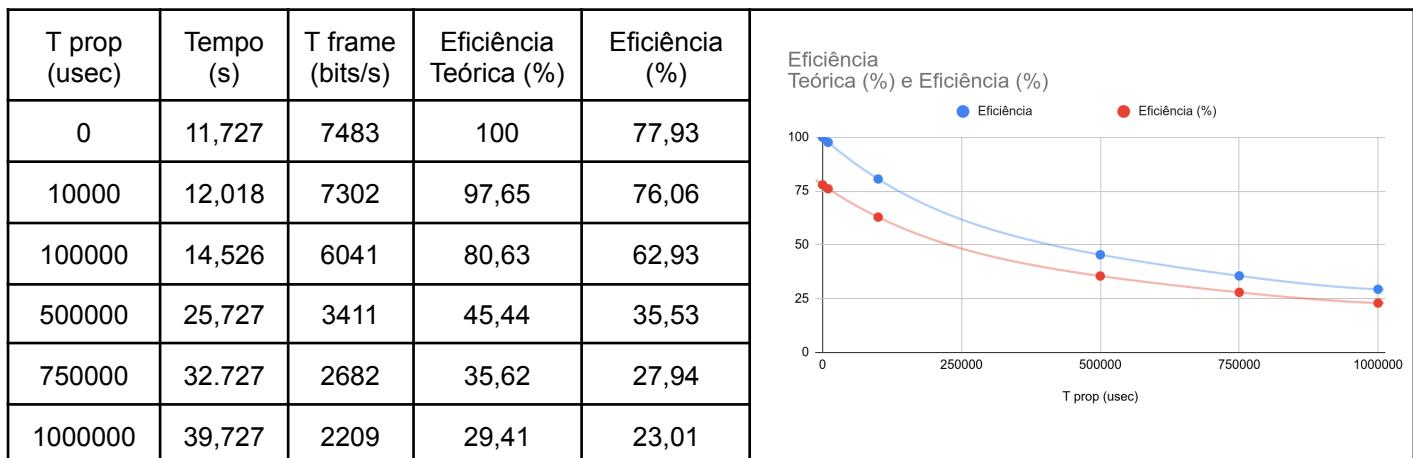
Tamanho do frame (bytes)	Tempo (s)	T frame (bits/s)	Eficiência (%)	



**Tabela 3 – Resultados de eficiência para diferentes tamanhos do frame**

Com os resultados obtidos, verificamos que a eficiência melhora com o aumento do tamanho do frame, começando a estabilizar a partir dos 1000 bytes. Isto dá-se porque, ao aumentar o tamanho do frame, a proporção de bits de controlo (como headers) em relação aos bits úteis diminui, havendo mais dados “úteis” transmitidos por unidade de tempo.

### Variação de propagation delay



**Tabela 4 – Resultados de eficiência para diferentes valores de propagation delay**

O aumento do atraso de propagação reduz a eficiência devido ao maior tempo ocioso entre transmissões, evidenciando a limitação do Stop-and-Wait em canais de alta latência.

**Nota:** Nos ensaios de variação de baudrate e frame size, foi considerado Tprop = 0, o que implica a = 0 e, consequentemente, uma eficiência teórica constante de 100%. Como tal, optamos por não incluir essa coluna, uma vez que seria redundante.

## Conclusões

Os resultados mostram que os valores teóricos prevêem corretamente as variações da eficiência, mas os valores medidos são menores devido a atrasos no processamento, à sobrecarga do software em si, entre outros fatores. O trabalho permitiu aplicar os conhecimentos na prática e identificar as limitações de protocolos simples.