



**UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA**
Centro de Ciências, Tecnologias
e Saúde - CTS

**TESTE DE ENVIO DE ARQUIVOS EM
DIFERENTES REDES SEM FIO**

RESULTADOS DO ESTUDO

DISCIPLINA
DEC7563 - Redes sem Fios

DOCENTE
Roberto Rodrigues Filho, Ph.D.

DISCENTES
Jose Norberto Fagundes Isaías (19202785)
Vinícius Souza Capistrano (18204884)



SUMÁRIO

SUMÁRIO	2
Introdução	3
Objetivo Geral	3
Objetivos Específicos	3
Metodologia	4
Cenários de Teste	4
Procedimento de Envio de Arquivos	4
Resultados	5
Análise dos Resultados	6
Estrutura do Código	7
Código do Wi-Fi (ESP_Receptor_Wifi_Web_Final.ino)	7
Código do Bluetooth (ESP_Receptor_BT3.ino)	7
Imagem das Interfaces	8
Conclusão	9
Recomendações	9
Próximos Passos	9



Introdução

Com a crescente demanda por conectividade e a expansão do uso de dispositivos móveis e IoT, o desenvolvimento de sistemas de comunicação sem fio robustos e eficientes tornou-se essencial. No entanto, o planejamento e a implementação de redes sem fio eficazes nem sempre acompanharam a rápida evolução tecnológica. O surgimento de plataformas como o ESP32 e Arduino, capazes de operar com diferentes tecnologias como Wi-Fi e Bluetooth, destaca a necessidade de uma análise comparativa detalhada dessas tecnologias sob diversas condições de uso.

Na prática, a transferência de arquivos em ambientes sem fio pode ser desafiadora, enfrentando problemas de latência, taxa de erro e limitações de alcance, especialmente em ambientes urbanos densos onde o espectro de RF é frequentemente saturado. Neste contexto, nosso software é desenvolvido com o objetivo de maximizar a eficiência das transferências de arquivos através de diferentes tecnologias sem fio, permitindo uma avaliação precisa da viabilidade técnica e prática de cada uma delas em variadas condições ambientais.

Este projeto pretende fornecer insights valiosos sobre as capacidades e limitações de Wi-Fi e Bluetooth em contextos práticos de uso, utilizando dispositivos de hardware comuns e acessíveis. Com esse estudo, esperamos identificar a tecnologia mais adequada para diferentes tipos de aplicação, baseados na eficiência, confiabilidade e praticidade em cenários de uso real.

Objetivo Geral

Desenvolver uma solução robusta para avaliar e comparar a performance de diferentes tecnologias de comunicação sem fio (Wi-Fi e Bluetooth) no envio de arquivos em variadas condições ambientais. Esse estudo visa identificar a tecnologia mais eficiente e confiável para a transferência de arquivos em ambientes urbanos e rurais, contribuindo para melhorar a conectividade e a comunicação em dispositivos móveis e IoT.

Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste projeto são detalhados a seguir:

- **Desenvolvimento de um sistema de avaliação:** Criar uma aplicação integrada utilizando ESP32 para Wi-Fi e Bluetooth, que permita o envio e recebimento de arquivos de diversos formatos e tamanhos sob diferentes condições de teste.
- **Análise comparativa das tecnologias:** Comparar as taxas de transferência, a latência e as taxas de erro das diferentes tecnologias em diversos ambientes, para



determinar qual tecnologia é mais adequada para aplicativos específicos baseados em eficiência e confiabilidade.

Este documento apresenta os resultados do estudo preliminar realizado para comparar a performance das tecnologias Wi-Fi e Bluetooth na transferência de arquivos em diferentes condições ambientais, utilizando dispositivos ESP32.

Metodologia

Configuração dos Dispositivos

- **ESP32:** Dois dispositivos ESP32 configurados um para Wi-Fi e um para Bluetooth.
- **Fonte de Alimentação:** Conexão a uma fonte de alimentação estável (carregador portátil).
- **Sistema de Arquivos:** Utilização do SPIFFS para armazenamento dos arquivos.

Cenários de Teste

- **Distância:** Testes realizados a distâncias de 15m, 30m, 60m e 100m.
- **Obstáculos:** Testes com linha de visão direta e com obstáculos (paredes, móveis).
- **Ambiente:** Testes em áreas urbanas com alta densidade de dispositivos.

Procedimento de Envio de Arquivos

1. Carregamento do código nos ESP32.
2. Inicialização do servidor Web-Wifi e Bluetooth.
3. Envio e recepção de arquivos de diferentes tamanhos:
 - a. 100KB - pequeno;
 - b. 500KB - médio;
 - c. 1MB - grande.
4. Coleta de dados sobre tempo de transferência, latência, jitter e pacotes enviados.
5. Repetição dos testes para garantir consistência.



Resultados

Os resultados foram coletados em condições climáticas de chuvas leves, temperatura de aproximadamente 14°C e umidade aproximada de 91%.

Cenário	Distância	Obstáculos	Ambiente	Tipo de Arquivo	Tamanho do Arquivo	Duração (ms) Bluetooth	Duração (ms) Wifi	Jitter (ms) Wifi	Packets Wifi	RSSI
Teste 01	15m	Não	Urbano	Imagem	100 KB	6435	7645	97	71	-55 a -65
Teste 02	15m	Não	Urbano	Imagem	500 KB	33224	40072	99	358	-55 a -66
Teste 03	15m	Não	Urbano	Imagem	1 MB	68718	102194	98	732	-55 a -67
Teste 04	15m	Paredes	Urbano	Imagem	100 KB	6426	7563	94	71	-75
Teste 05	15m	Paredes	Urbano	Imagem	500 KB	84368	40685	102	358	-75
Teste 06	15m	Paredes	Urbano	Imagem	1 MB	252886	102673	98	732	-75
Teste 07	30m	Não	Urbano	Imagem	100 KB	6411	7537	101	71	-60 a -65
Teste 08	30m	Não	Urbano	Imagem	500 KB	35569	40399	98	358	-60 a -66
Teste 09	30m	Não	Urbano	Imagem	1 MB	70035	101994	98	732	-60 a -67
Teste 10	30m	Paredes	Urbano	Imagem	100 KB	NF	7710	100	71	-90
Teste 11	30m	Paredes	Urbano	Imagem	500 KB	NF	NF	NF	358	-90
Teste 12	60m	Não	Urbano	Imagem	100 KB	6386	7502	100	71	-60 a -70



Teste 13	60m	Não	Urbano	Imagem	500 KB	34048	40183	96	358	-60 a -71
Teste 14	60m	Não	Urbano	Imagem	1 MB	53340	102577	98	732	-60 a -72
Teste 15	60m	Paredes	Urbano	Imagem	100 KB	NF	NF	NF	NF	NF
Teste 16	60m	Paredes	Urbano	Imagem	500 KB	NF	NF	NF	NF	NF
Teste 17	100m	Não	Urbano	Imagem	1 MB	NF	7728	100	71	-60 a -72
Teste 18	100m	Não	Urbano	Imagem	100 KB	NF	40153	95	358	NF
Teste 19	100m	Não	Urbano	Imagem	500 KB	NF	104054	102	732	NF

Análise dos Resultados

1. Taxa de Transferência:

- **Bluetooth:** Demonstrou uma taxa de transferência geralmente superior, mas com variabilidade significativa conforme a distância e a presença de obstáculos.
- **Wi-Fi:** Apresentou tempos de transferência mais consistentes, embora mais longos em comparação ao Bluetooth.

2. Latência e Jitter:

- **Wi-Fi:** Apresentou jitter maior, o que pode indicar variabilidade na qualidade de serviço, especialmente em distâncias maiores e com obstáculos.
- **Bluetooth:** Notamos um jitter insignificante entre 0 e 1.

3. RSSI (Indicador de Força de Sinal):

- **Wi-Fi:** A força do sinal variou entre -55 a -72 dBm, indicando uma conexão razoavelmente forte, porém em condições com obstáculos obtivemos um sinal abaixo de -80 inclusive a perda de sinal.
- **Bluetooth:** Não especificado diretamente, mas inferido a partir dos RSSI do Wifi.



Estrutura do Código

O projeto é dividido em dois códigos para utilizar o ESP32 em diferentes modos de comunicação (Wi-Fi e Bluetooth) para gerenciar e exibir informações de dispositivos conectados. O código Wi-Fi oferece uma interface web para visualização e download de arquivos, enquanto o código Bluetooth se concentra na recepção e exibição de dados via monitor serial.

Código do Wi-Fi (ESP_Receptor_Wifi_Web_Final.ino)

O código para Wi-Fi no ESP32 implementa um servidor web que permite a visualização e gerenciamento de dispositivos conectados. As funcionalidades principais incluem:

- **Configuração da Rede Wi-Fi:** Conexão à rede Wi-Fi com SSID e senha definidos.
- **Servidor Web:** Configuração de um servidor web que disponibiliza uma página para exibir informações.
- **Exibição de Informações:** A página web mostra o IP do ESP32, dispositivos conectados e suas informações de RSSI (força do sinal).
- **Atualização em Tempo Real:** A página é atualizada a cada segundo para refletir o status atual dos dispositivos conectados e o estado da transferência de arquivos.
- **Download de Arquivos:** Permite o download dos arquivos que foram carregados para o ESP32.

Código do Bluetooth (ESP_Receptor_BT3.ino)

O código para Bluetooth no ESP32 foca na comunicação Bluetooth para receber dados de dispositivos conectados. As funcionalidades principais incluem:

- **Configuração do Bluetooth:** Inicialização do módulo Bluetooth do ESP32.
- **Recepção de Dados:** Recebe dados via Bluetooth e processa esses dados conforme necessário.
- **Visualização Serial:** Exibe no monitor serial o IP do ESP32, dispositivos conectados, status da transferência de arquivos (sucesso ou falha).
- **Atualização de Estado:** Mantém e atualiza o estado dos dispositivos conectados via Bluetooth.

Códigos disponíveis em https://github.com/VCapis/esp32_wifi_bt.git.



Imagem das Interfaces

Terminal

Upload File Block 4089/4102 CANCEL

```
11:51:09.121 Jitter (ms): 0
11:51:09.121 Avg Latency (ms): 0
11:51:09.121 Max Latency (ms): 1
11:51:09.121 Min Latency (ms): 0
11:51:09.121 Success Packets: 408
11:51:09.121 Error Packets: 434
11:51:09.121 =====
11:51:10.234 ===== Estatísticas =====
11:51:10.234 Filename:/received_data.txt
11:51:10.234 Size (bytes):512
11:51:10.234 Start Time(ms):2394612
11:51:10.234 End Time (ms): 2394624
11:51:10.234 Duration (ms): 12
11:51:10.234 Jitter (ms): 0
11:51:10.234 Avg Latency (ms): 0
11:51:10.234 Max Latency (ms): 1
11:51:10.234 Min Latency (ms): 0
11:51:10.234 Success Packets: 272
11:51:10.234 Error Packets: 240
11:51:10.234 =====
11:51:11.308 ===== Estatísticas =====
11:51:11.308 Filename:/received_data.txt
11:51:11.308 Size (bytes):512
11:51:11.308 Start Time(ms):2395743
11:51:11.308 End Time (ms): 2395754
11:51:11.308 Duration (ms): 11
11:51:11.308 Jitter (ms): 0
11:51:11.308 Avg Latency (ms): 0
11:51:11.308 Max Latency (ms): 1
11:51:11.308 Min Latency (ms): 0
11:51:11.308 Success Packets: 252
11:51:11.308 Error Packets: 260
11:51:11.308 =====
```

M1 M2 M3 M4 M5 M6 M7 M8 M9 M10

192.168.4.1

ESP32 File Receiver

Escolher arquivo Nenhum arquivo escolhido
Upload
Delete All Files

SPIFFS Info:

- Total space: 1.26 MB
- Used space: 0 B
- Free space: 1.26 MB

Files:

Connected Devices:

- MAC: 7e:a6:35:f3:a7:6a - RSSI: -80

File Logs:

Filename	Size (bytes)	Type	Start Time(ms)	End Time (ms)	Duration (ms)	Jitter (ms)	Packets	Avg Latency (ms)	Max Latency (ms)	Min Latency (ms)	Success Packets	Error Packets
/image_100KB.png	101916	image/png	469479	477124	7645	97	71	106	381	11	33	38
/image_500KB.png	512838	image/png	595465	635537	40072	99	358	111	291	11	182	176
/image_1MB.png	1049939	image/png	1392954	1495148	102194	98	732	139	560	9	365	367
/image_100KB.png	101916	image/png	1653617	1661154	7537	101	71	105	335	11	33	38
/image_500KB.png	512838	image/png	1732002	1772401	40399	98	358	112	320	9	173	185
/image_1MB.png	1049939	image/png	1814240	1916234	101994	98	732	138	574	11	359	373
/image_100KB.png	101916	image/png	2144347	2151849	7502	100	71	104	342	11	35	36
/image_500KB.png	512838	image/png	2226293	2266476	40183	96	358	111	329	8	183	175



Conclusão

Os testes mostraram que, enquanto o Bluetooth oferece maiores velocidades de transferência, ele é mais suscetível a interferências e obstáculos. O Wifi, apesar de ser mais lento, proporciona uma conexão mais estável e consistente independente da distância ou interferências.

Recomendações

1. **Bluetooth:** Recomendado para ambientes onde a velocidade é crítica e a interferência é mínima.
2. **Wi-Fi:** Adequado para ambientes onde a estabilidade e distância são importantes.

Próximos Passos

- Realizar testes adicionais com diferentes tipos de arquivos para validar ainda mais os resultados.
- Considerar a integração de outras tecnologias emergentes para comparar desempenho.
- Desenvolvimento de uma aplicação mobile a fim de executar as mesmas funcionalidades de um ESP.