

# Análise das Tecnologias Bluetooth e Wi-Fi: Conexões Sem Fio

José Otávio R. Baggio  
*Ciência da Computação*  
*Universidade Franciscana*  
Santa Maria, RS, Brasil  
jose.baggio@ufn.edu.br

**Abstract**—Este artigo apresenta uma análise detalhada das tecnologias Bluetooth e Wi-Fi, com foco em suas definições, funcionamento, motivações de desenvolvimento, faixas de frequência e aplicações. Realizado no âmbito da disciplina de Comunicação de Dados, sob orientação do professor Sylvio Vieira, o estudo inspira-se na conexão física de cabos NULL Modem DB9 para explorar a conectividade sem fio moderna. Enriquecido com detalhes técnicos sobre camadas de protocolo, mecanismos de segurança e avanços recentes, o artigo serve como um recurso abrangente para preparação para provas.

**Index Terms**—Bluetooth, Wi-Fi, Comunicação Sem Fio, Frequências, Redes

## I. INTRODUÇÃO

Este artigo examina as tecnologias Bluetooth e Wi-Fi, fundamentais para a comunicação sem fio. Inspirado pela conexão física proporcionada por cabos NULL Modem DB9, que permitem comunicação serial direta, este estudo explora como Bluetooth e Wi-Fi eliminam conexões físicas, oferecendo flexibilidade e escalabilidade. Desenvolvido para a disciplina de Comunicação de Dados, sob orientação do professor Sylvio Vieira, o trabalho aborda definições, funcionamento, propósitos de desenvolvimento, faixas de frequência e aplicações, complementado com detalhes técnicos sobre protocolos, segurança e avanços para auxiliar na preparação para provas. Organizado no formato IEEE, o artigo oferece uma visão técnica e estruturada dessas tecnologias.

## II. REFERENCIAL TEÓRICO

Este artigo baseia-se em documentação oficial e fontes acadêmicas reconhecidas, como os padrões IEEE 802.11 para redes Wi-Fi, as especificações do Bluetooth SIG, além de publicações históricas sobre o desenvolvimento de tecnologias sem fio. As informações técnicas foram organizadas com base na estrutura das camadas de protocolo e aspectos comparativos, fundamentando-se em fontes primárias disponíveis online e literatura especializada.

## III. METODOLOGIA

A análise foi conduzida com base em pesquisa documental, envolvendo a comparação entre as tecnologias Bluetooth e Wi-Fi segundo critérios técnicos: frequência, alcance, taxa de dados, segurança, protocolos e aplicações. As informações foram compiladas a partir de fontes oficiais e literatura técnica recente, organizadas em tópicos e representadas em tabela comparativa. A conexão com os conceitos físicos da comunicação serial (via cabo NULL Modem) foi mantida como base didática de referência.

## IV. TECNOLOGIA BLUETOOTH

### A. O que é?

O Bluetooth é uma tecnologia de comunicação sem fio de curto alcance para redes de área pessoal (PANs). Desenvolvida pela Ericsson em 1994, permite a troca de dados entre dispositivos como smartphones, fones de ouvido e periféricos sem cabos, semelhante à conectividade direta de

um cabo NULL Modem DB9 em comunicação serial [1].

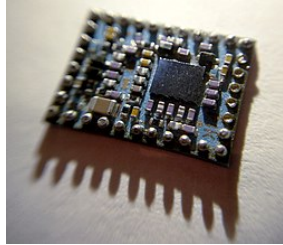


Fig. 1. Módulo Ericsson Bluetooth PBA 313 01/2S R2A.

### B. Como funciona?

O Bluetooth opera no modelo mestre-escravo, formando piconets onde um dispositivo mestre coordena até sete escravos. Utiliza a técnica de Espalhamento Espectral por Salto de Frequência (FHSS) na faixa de 2,4 GHz, alternando entre 79 canais a até 1600 saltos por segundo para evitar interferências. A pilha de protocolos inclui o Link Manager Protocol (LMP) para gerenciamento de conexões e o Logical Link Control and Adaptation Protocol (L2CAP) para multiplexação de dados. O pareamento usa autenticação e criptografia, como o Secure Simple Pairing (SSP) com AES-128, garantindo segurança similar à precisão de pinagens em cabos NULL Modem [1]. O Bluetooth Low Energy (BLE), introduzido na versão 4.0, otimiza o consumo de energia para dispositivos IoT, usando uma pilha simplificada com Attribute Protocol (ATT) e Generic Attribute Profile (GATT).



Fig. 2. Fone de ouvido Bluetooth, utilizado para celulares nos anos 2000.

### C. Por que foi construída?

O Bluetooth foi criado para substituir conexões cabeadas em curtas distâncias, oferecendo baixo consumo de energia, baixo custo e interoperabilidade entre dispositivos. Seu objetivo era simplificar a conectividade, eliminando configurações físicas complexas, como cabos NULL Modem DB9, e possibilitar a transferência de dados em dispositivos pessoais [2].

### D. Frequências

O Bluetooth opera na faixa de 2,400–2,4835 GHz, na banda ISM, dividida em 79 canais de 1 MHz. A técnica FHSS reduz interferências com outras tecnologias na mesma faixa, como Wi-Fi. O BLE usa 40 canais com espaçamento de 2 MHz, aumentando a eficiência para aplicações de baixa potência [1].

### E. Onde é utilizada?

O Bluetooth é amplamente utilizado em:

- Dispositivos de áudio sem fio, como fones de ouvido e caixas de som.
- Periféricos de computador, como teclados e mouses.
- Smartphones para transferência de arquivos e conexão com acessórios.
- Dispositivos IoT, como rastreadores de fitness e sensores médicos, usando BLE.
- Sistemas automotivos para chamadas mãos-livres e streaming de áudio.



Fig. 3. Imagem mostrando as possíveis implementações do Bluetooth no cotidiano.

## V. TECNOLOGIA WI-FI

### A. O que é?

O Wi-Fi, baseado nos padrões IEEE 802.11, é uma tecnologia de rede sem fio que conecta

dispositivos a redes locais (LANs) e à Internet. Diferentemente do cabo NULL Modem DB9, que conecta dois dispositivos diretamente, o Wi-Fi suporta acesso em redes de maior escala, essencial para ambientes domésticos, corporativos e públicos [3].

#### B. Como funciona?

O Wi-Fi opera em uma topologia em estrela, com dispositivos conectando-se a pontos de acesso (roteadores) por ondas de rádio. Utiliza o protocolo Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA) para gerenciar a transmissão de dados. A pilha de protocolos inclui a Camada Física (PHY) para modulação e a Camada de Controle de Acesso ao Meio (MAC) para controle de acesso. A segurança é garantida por protocolos como WPA3, que usa criptografia AES-256. O Wi-Fi 6 (802.11ax) introduz Orthogonal Frequency-Division Multiple Access (OFDMA) e MU-MIMO para maior eficiência e capacidade, suportando múltiplas conexões simultâneas [3].

#### C. Por que foi construída?

O Wi-Fi foi desenvolvido para oferecer conectividade sem fio de alta velocidade, eliminando cabos Ethernet e promovendo mobilidade. Seu objetivo era suportar acesso escalável à Internet e a redes locais, superando as limitações físicas de cabos como o NULL Modem DB9 [4].

#### D. Origem e Contribuição de Hedy Lamarr

Hedy Lamarr, nascida Hedwig Eva Maria Kiesler em 1914, em Viena, Áustria, foi uma atriz e inventora cuja inovação foi fundamental para o Wi-Fi. Durante a Segunda Guerra Mundial, em colaboração com o compositor George Antheil, ela desenvolveu o salto de frequência (frequency hopping) para evitar interferências em comunicações de rádio, inicialmente para guiar torpedos aliados sem bloqueio inimigo. Inspirada por sua exposição a tecnologias militares durante seu casamento com o fabricante de armas Friedrich Mandl, Lamarr patenteou o "Sistema de Comunicação Secreta"

em 1942 (Patente dos EUA 2.292.387) [5]. Embora inicialmente ignorada pela Marinha dos EUA, essa tecnologia de espalhamento espectral tornou-se a base para comunicações sem fio modernas, incluindo Wi-Fi e Bluetooth [6].

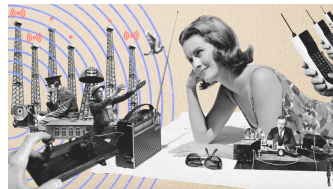


Fig. 4. Hedy Lamarr, inventora do conceito de salto de frequência que influenciou o Wi-Fi.

#### E. Frequências

O Wi-Fi opera nas faixas de 2,4 GHz, 5 GHz e, com o Wi-Fi 6E, 6 GHz. A banda de 2,4 GHz oferece maior alcance, mas é mais suscetível a interferências, com 11–14 canais de 20 MHz (dependendo da região). As bandas de 5 GHz e 6 GHz proporcionam maior largura de banda e menor latência, com canais mais largos (até 160 MHz no Wi-Fi 6/6E), reduzindo congestionamentos [3].

#### F. Onde é utilizada?

O Wi-Fi é utilizado em:

- Redes domésticas para dispositivos como TVs, computadores e smartphones.
- Redes corporativas para conectividade e acesso à nuvem.
- Pontos de acesso públicos em aeroportos, cafés e campi.
- Sistemas IoT, incluindo dispositivos domésticos inteligentes como câmeras de segurança.
- Aplicações industriais para automação e monitoramento.

## VI. COMPARAÇÃO ENTRE BLUETOOTH E Wi-Fi

Ambas as tecnologias eliminam a necessidade de conexões físicas, como o cabo NULL Modem DB9, mas têm propósitos distintos. O Bluetooth

é otimizado para conexões de curto alcance e baixo consumo, enquanto o Wi-Fi suporta redes de alta velocidade e maior alcance. A tabela a seguir resume suas diferenças:

TABLE I  
COMPARAÇÃO ENTRE BLUETOOTH E WI-FI

Característica	Bluetooth	Wi-Fi
Faixa de Frequência	2,4 GHz	2,4 GHz, 5 GHz, 6 GHz
Alcance	Até 10 m (clássico), 100 m (BLE)	Até 100 m
Taxa de Dados	Até 3 Mbps (clássico), 2 Mbps (BLE)	Até 9,6 Gbps (Wi-Fi 6)
Consumo de Energia	Baixo (otimizado no BLE)	Alto
Camadas de Protocolo	LMP, L2CAP, ATT/GATT	PHY, MAC, OFDMA
Segurança	SSP, AES-128	WPA3, AES-256
Aplicação Principal	Conexões de dispositivos pessoais	Acesso a LAN/Internet

## VII. AVANÇOS RECENTES

Avanços recentes aprimoraram ambas as tecnologias:

- **Bluetooth 5.x:** Aumenta o alcance (até 200 m com BLE), taxas de dados (até 2 Mbps) e melhora a transmissão para aplicações IoT, como tecnologia de beacons [1].
- **Wi-Fi 6/6E:** Introduz OFDMA para uso eficiente de canais, Target Wake Time (TWT) para economia de energia e suporte à banda de 6 GHz para menor interferência e maior capacidade. O Wi-Fi 7 (802.11be) está emergindo com velocidades de até 30 Gbps [3].

Esses avanços melhoram desempenho, escalabilidade e eficiência energética, tornando ambas as tecnologias essenciais para ecossistemas sem fio modernos.

## VIII. CONCLUSÃO

Este artigo analisou as tecnologias Bluetooth e Wi-Fi, detalhando suas definições, funcionamento, motivações, faixas de frequência e aplicações. Inspirado pela conectividade direta do cabo NULL Modem DB9, o estudo destaca como essas tecnologias possibilitam comunicação sem fio, com o Bluetooth ideal para dispositivos pessoais de baixo consumo e o Wi-Fi para redes de alta velocidade. A inovação de Hedy Lamarr no salto de frequência foi crucial para o Wi-Fi. Com detalhes sobre protocolos, segurança e avanços como Bluetooth 5.x e Wi-Fi 6/6E,

este trabalho oferece um recurso abrangente para preparação para provas em Comunicação de Dados.

## REFERENCES

- [1] Bluetooth SIG, “Especificação do Núcleo Bluetooth v5.3,” Bluetooth SIG, 2021. [Online]. Disponível: <https://www.bluetooth.com/specifications>.
- [2] J. Haartsen, “O Sistema de Rádio Bluetooth,” *IEEE Personal Communications*, vol. 7, no. 1, pp. 28–36, Fev. 2000.
- [3] IEEE, “Padrão IEEE para Tecnologia da Informação—Telecomunicações e Troca de Informações entre Sistemas de Redes Locais e Metropolitanas—Requisitos Específicos - Parte 11: Controle de Acesso ao Meio (MAC) e Especificações da Camada Física (PHY) para LANs Sem Fio,” *IEEE Std 802.11-2020*, 2021.
- [4] Wi-Fi Alliance, “Wi-Fi: A Jornada da Inovação,” Wi-Fi Alliance, 2023. [Online]. Disponível: <https://www.wi-fi.org>.
- [5] H. K. Markey e G. Antheil, “Sistema de Comunicação Secreta,” Patente dos EUA 2.292.387, 11 Ago. 1942.
- [6] R. Rhodes, *Hedy’s Folly: A Vida e as Invenções Inovadoras de Hedy Lamarr, a Mulher Mais Bonita do Mundo*, Nova York: Doubleday, 2011.