

Conexão Bluetooth

Maria Antônia Espinosa Woltmann
Curso de Ciência da Computação
Universidade Franciscana
CEP 97010-032 – Santa Maria, RS, Brasil
maria.aewoltmann@ufn.edu.br

Luiza Lewandowski Karlec
Curso de Ciência da Computação
Universidade Franciscana
CEP 97010-032 – Santa Maria, RS, Brasil
luiza.karlec@ufn.edu.br

Vanessa Cezar do Nascimento
Curso de Ciência da Computação
Universidade Franciscana
CEP 97010-032 – Santa Maria, RS, Brasil
vanessa.cezar@ufn.edu.br

Sylvio André Garcia Vieira
Curso de Ciência da Computação
Universidade Franciscana
CEP 97010-032 – Santa Maria, RS, Brasil
sylvio@ufn.edu.br

I. INTRODUÇÃO

À medida que os anos se passam, a quantidade de informações trafegadas em um barramento começou a aumentar consideravelmente, fazendo com que novos meios de sistemas de comunicação fossem criados, visando a minimização de complexidade entre a interligação de dispositivos e seus processos. Dessa maneira, redes sem fio passaram a se destacar por ter a capacidade de aperfeiçoar ligações entre dispositivos e aperfeiçoar o alcance dos elementos do barramento.

O principal foco na construção desse modelo de sistema de comunicação foi a necessidade de conectividade entre dispositivos e seus diversificados ambientes, isto com um baixo consumo de energia, menor custo, simplicidade e padronização. O primeiro registro da comunicação sem fio surgiu no século XIX[1], a partir de ideias que visavam redes de comunicações globais, em ambientes diversos com inúmeras possibilidades de soluções.

A. Objetivo Geral

Deste modo, o objetivo geral deste artigo será apresentar os fatores que implicaram no desenvolvimento de tecnologias Wireless e quais suas especificações individuais.

B. Objetivos Específicos

- Por meio da análise de artigos previamente aprovados, irá ser realizada uma pesquisa bibliográfica acerca do funcionamento da rede Bluetooth, assim como suas faixas de frequência utilizadas e qual sua funcionalidade.
- Além de realizar uma pesquisa bibliográfica sobre o funcionamento da rede Wi-fi, assim como suas frequências usadas para a transmissão de dados e qual sua utilização.

II. METODOLOGIA

A. Bluetooth

O termo Bluetooth se refere a um padrão de comunicação sem fio de curto alcance, baixo custo e baixo consumo de ener-

gia através de um enlace de rádio. A tecnologia inicialmente foi desenvolvida para substituir cabos associados a dispositivos periféricos. [2] [3].

Bluetooth é uma especificação industrial para criar redes pessoais sem fio, Personal Area Networks (PANs), provendo uma forma de conectar e trocar informações entre dispositivos através de frequência de rádio. Um dispositivo que entra ao alcance de outro, automaticamente se conecta constituindo uma PAN. Neste contexto um dispositivo recebe o papel de mestre, enquanto os outros recebem o papel de escravo, este conjunto de mestre e escravos tem o nome de piconet, quando duas piconets se conectam, através de um dispositivo em comum, forma-se scatternet. [3]

Uma Bluetooth Wireless Personal Area Network (BT-WPAN) é composta por piconets, cada uma com até oito dispositivos Bluetooth interligados. Dentro de cada piconet um dispositivo assume a função de mestre (master) e os demais atuam como escravos (slave). Duas piconets podem se conectar através de um dispositivo Bluetooth comum a ambas, podendo ser um gateway, bridge ou um dispositivo mestre, para formarem uma scatternet [3]. Uma rede formada por diversos "masters"(com um máximo de 10) pode ser obtida para maximizar o número de conexões.

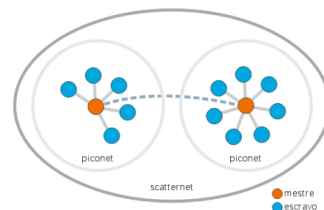


Figura 1. Uma scatternet formada de duas piconets [3]

A scatternet permite que dispositivos não diretamente conectados ou fora de alcance de outro dispositivo consigam se conectar, passando a mensagem de dispositivo para dispositivo

pela infraestrutura formada por piconets interconectadas. Sua principal utilidade é facilitar a comunicação e aumentar o alcance da rede.

Dispositivos Bluetooth operam na faixa de frequência de 2,45 GHz em sua camada física de Rádio (RF) que era formalmente reservada para alguns grupos de usuários profissionais. Quanto a velocidade, pode chegar a 3Mbps e possui três canais de voz. [4]

A banda é dividida em 79 canais, cada um com espaçamento de 1 MHz, permitindo que cada dispositivo transmita em 79 diferentes frequências. Com o objetivo de reduzir interferências, o dispositivo mestre pode mudar as frequências de transmissão dos seus escravos por até 1600 vezes por segundo, utilizando a técnica de salto de frequência.

Toda transferência de dados no Bluetooth ocorre no canal físico, dividido em subunidades de tempo chamadas ranhuras (slots). Os dados trafegam entre os dispositivos em forma de pacotes, que precisam ser entregues nas ranhuras corretas para garantir o sucesso da transmissão. Devido à técnica de múltiplo acesso ou Duplex por divisão de tempo (TDD), a tecnologia Bluetooth é capaz de transmitir dados de forma bidirecional.

O sistema de transferência de dados Bluetooth funciona por meio de uma arquitetura de camadas. A camada física é composta pelo canal físico e por uma camada de enlace físico, por onde o sinal passa. Acima dessas camadas, está a camada lógica, dividida em enlace lógico e comunicação lógica, o que permite maior eficiência na organização dos dados. Por fim, o canal L2CAP é responsável por gerenciar múltiplas conexões lógicas e adaptar os dados para as camadas superiores. A hierarquia das camadas é a seguinte: Canal físico, enlace físico, comunicação lógica, enlace lógico e canal L2CAP [4].

À medida que os anos se passam, a quantidade de informações trafegadas em um barramento começou a aumentar consideravelmente, fazendo com que novos meios de sistemas de comunicação fossem criados, visando a minimização de complexidade entre a interligação de dispositivos e seus processos. Dessa maneira, redes sem fio passaram a se destacar por ter a capacidade de aperfeiçoar ligações entre dispositivos e aperfeiçoar o alcance dos elementos do barramento. O principal foco na construção desse modelo de sistema de comunicação foi a necessidade de conectividade entre dispositivos e seus diversificados ambientes, isto com um baixo consumo de energia, baixo custo, simplicidade e padronização. O primeiro registro da comunicação sem fio surgiu no século XIX, a partir de ideias que visavam redes de comunicações globais, em ambientes diversos com inúmeras possibilidades de soluções.

Considerada a primeira tecnologia Wireless, o Bluetooth foi desenvolvido em 1995 com o foco de conectar telefones móveis por meio de ondas de rádio, assim como outros dispositivos. Nesta direção, em 1997 houve a publicação do protocolo 802.11 pela IEEE (Institute of Electrical Electronics Engineers – grupo 802 é uma seção do IEEE relacionado à rede e tecnologia de porte médio e local, estabelecendo os protocolos de comunicação em rede.), neste protocolo liberou-se as faixas de frequência 2.4GHz para serem utilizadas, assim como o padrão WPAN (Wireless Personal Area Network),

tecnologia de pequeno alcance e de baixa transmissão, usada como padrão da rede Bluetooth.

As faixas de transmissão utilizadas por dispositivos Wireless são conhecidas como ISM (Industrial Scientific and Medical), isto é, faixas de frequência liberadas sem licenciamento prévio e de baixo custo. A rede Bluetooth é uma das tecnologias Wireless que se desenvolveram nesta frequência de rádio aberta, o que possibilitou uma frequência dividida em vários canais, ou seja, ao ser estabelecida uma conexão, há um salto de um canal ao outro de forma muito eficiente, o que evita interferências e permite o uso de até 79 frequências dentro desta faixa.

A tecnologia Bluetooth permite a conexão direta entre dois dispositivos sem a necessidade de uma infraestrutura de rede, como um roteador, para que essa comunicação seja estabelecida, é necessário que ambos os dispositivos passem por um processo de emparelhamento. Esse processo envolve a troca de informações essenciais, como os identificadores dos dispositivos, IDs, e as chaves de segurança, durante o emparelhamento, pode ser exigida a digitação de um código de segurança em um ou nos dois dispositivos, a fim de confirmar que a conexão está sendo feita com o dispositivo correto. Geralmente, esse processo é necessário apenas na primeira vez que os dispositivos se conectam, pois, as informações necessárias para as próximas conexões são armazenadas, permitindo que as futuras comunicações ocorram de forma rápida e automática.[5]

A conexão via Bluetooth é uma tecnologia amplamente empregada na atualidade, sendo aplicada em uma variedade de contextos. Entre seus principais usos, destaca-se a conexão sem fio entre periféricos, mouse, teclado e alto-falantes, e dispositivos como notebook e tablet. Além do mais, ela possibilita o compartilhamento de dados entre dispositivos móveis e a transmissão de áudio proveniente de smartphones, tablets e computadores para fones de ouvido sem fio.

Essa tecnologia viabiliza a transmissão de vídeo entre dispositivos compatíveis, também é utilizada em controles remotos para a ativação e desativação de equipamento eletrônicos, bem como para o controle de reprodução de mídias. Além disso, controle de videogames utilizam a comunicação Bluetooth para interagir com consoles e computadores de maneira eficiente.

No setor automotivo, os sistemas de navegação e entretenimento empregam o Bluetooth para integrar o painel do veículo ao celular do motorista. Já na área da saúde, destaca-se a utilização da tecnologia bluetooth em dispositivos médicos como sensores de glicose e marca-passos, os quais utilizam essa conexão para realizar o monitoramento e a comunicação de dados de forma contínua e remota. [6] [7]

B. Wi-Fi

O Wi-Fi é uma tecnologia de rede sem fio, que envolve a transmissão de dados digitais através de ondas eletromagnéticas, especificadamente ondas de rádio. [8] . A rede Wi-Fi geralmente utiliza um roteador que é capaz de atuar nas redes com fio e redes sem fio. O roteador é conectado a uma rede

cabeada e então emite, recebe e processa ondas de rádio nas frequências 2,4 GHz, 5 GHz ou 6 GHz distribuindo acesso à internet para dispositivos como smartphones, computadores e tablets[9].

O roteador, conectado ao modem por um cabo, recebe o sinal da internet e o converte em ondas de rádio. Essas ondas são transmitidas pelas antenas do roteador, criando o sinal Wi-Fi que pode ser captado por dispositivos com antena compatível. Quando um dispositivo está dentro do alcance, ele se conecta ao roteador e passa a receber e enviar dados, permitindo o acesso à internet ou a compartilhamento de arquivos com outros dispositivos na mesma rede. [8]

É importante destacar que toda informação digital é codificada em sequências de bits, compostas por 0 e 1. A informação é transmitida quando a onda eletromagnética é modulada de forma a ter 0 e 1 na sequência correta. Para garantir a interoperabilidade entre diferentes dispositivos, existem protocolos padronizados que definem as regras de codificação e modulação, possibilitando que diversas empresas desenvolvam equipamentos compatíveis e capazes de se comunicar entre si.

Considerada uma tecnologia Ethernet Wireless, o Wi-Fi é entendido como uma tecnologia de interconexão para redes locais e dispositivos. Nesta direção, foi desenvolvido o Wi-Fi Alliance [10], uma cooperação direcionada ao desenvolvimento desta tecnologia que usava do mesmo protocolo 802.11 pela IEEE (Institute of Electrical Electronics Engineers –: grupo 802 é uma seção do IEEE relacionado à rede e tecnologia de porte médio e local, estabelecendo os protocolos de comunicação em rede.). Neste protocolo liberou-se as faixas de frequência 2,4GHz para serem utilizadas que podem transmitir dados com velocidade de até ou mais 11Mbps em um intervalo de 30 metros. Contudo, essa velocidade é limitada pela largura de banda disponível. Os padrões dessas redes devem validar cuidadosamente os dados recebidos e se proteger contra possíveis perdas de dados devido a não confiabilidade no meio utilizado. [1]

Os padrões dos protocolos 802.11 utilizados na transmissão Wi-Fi: 802.11a (Wi-Fi 3), opera na frequência de 5 GHz, é capaz de atingir uma velocidade de transferência de dados de 54Mbps. Já o 802.11b (Wi-Fi 2) foi o primeiro padrão Wi-Fi que ganhou popularidade e é um dos protocolos mais utilizados, principalmente em redes domésticas, ele opera na faixa de 2,4 GHz, o que proporciona baixo consumo energético, sendo ideal para dispositivos móveis, consegue atingir uma velocidade de 11 Mbps. O 802.11g (Wi-Fi 3) opera na faixa de frequência de 2,4GHz e pode chegar a uma velocidade de 54 Mbps, gerando assim uma significativa economia de bateria comparado ao 802.11b. [11]

O padrão 802.11n (Wi-Fi 4) trouxe uma mudança importante, é capaz de operar em duas faixas de frequência, 2,4 GHz e 5GHz, oferece um sinal mais estável e um maior alcance, e é capaz de chegar a uma velocidade de 300 Mbps. Ele utiliza a tecnologia MIMO - Multiple-Input, Multiple-Output, que permite múltiplas entradas e múltiplas saídas de dados, o que aumenta a eficiência da transmissão.

O 802.11ac (Wi-Fi 5) opera na faixa de frequência de 5

GHz, com uma velocidade de transmissão de até 3,5Gbps. Ele utiliza a tecnologia Beamforming, a qual direciona o sinal Wi-Fi de modo mais eficiente para os dispositivos conectados, ampliando o alcance e a estabilidade do sinal, e a tecnologia MU-MIMO – Multi-User, Multiple-Input, Multiple-Output, que permite a comunicação simultânea com vários dispositivos, melhorando o desempenho da rede.

Já o padrão 802.11ax (Wi-Fi 6, 6E) o Wi-Fi 6 opera na faixa de 2,4 GHz e 5 GHz e sua extensão o 6E estende seu suporte para frequência de 6 GHz, ambos são capazes de atingir uma velocidade de 9,6 Gbps. Eles incorporam recursos como o BBB Coloring, o qual reduz as interferências em ambientes com muitos dispositivos e redes vizinhas e também possuem uma nova versão do MU-MIMO, que é capaz de suportar comunicação entre um número ainda maior com mais dispositivos simultaneamente. [12]

E por fim o padrão 802.11be (Wi-Fi 7) é a próxima geração de tecnologia Wi-Fi, ela consegue operar nas frequências de 2,4 GHz, 5 GHz e 6 GHz concomitantemente, introduzindo assim a agregação multi-link, que permite que mais de uma frequência simultânea entre os dispositivos e o roteador, além disso ele pode alcançar uma velocidade teórica de até 30 Gbps.

As faixas de transmissão utilizadas por dispositivos Wireless são conhecidas como ISM (Industrial Scientific and Medical), isto é, faixas de frequência liberadas sem licenciamento prévio e de baixo custo, tendo apenas a necessidade de licença para uso comercial. A rede WI-FI é uma das tecnologias Wireless que se desenvolveram nesta frequência de rádio aberta, sendo operado em diferentes bandas de frequência, 2,4 GHz, 5 GHz e 6 GHz, onde cada banda há canais específicos para que os sinais sejam transmitidos. A velocidade de transmissão é limitada pela largura de banda disponível. O gerenciamento das faixas de frequência é um fator de grande importância para garantir uma conexão estável e eficiente.

Ao considerarmos um dispositivo conectado por meio do Wi-fi, é importante verificarmos que a transmissão de dados ocorre por meio de pacotes de dados, isto é, os dados são divididos em pacotes, sendo estes transmitidos por ondas de rádio e recebidos pelos dispositivos. A transmissão de dados dessa rede ocorre por meio dos sinais de rádio captados pelos dispositivos, sendo esses sinais modulados de forma a codificar informações e transmitidos em determinadas frequências específicas, o que permite a comunicação entre o roteador e dispositivo.

A faixa de frequência de 2,4 GHz é mais congestionada e suscetível a interferências, pois outros dispositivos também operam nessa frequência, como telefones sem fio e fornos de micro-ondas. A faixa de 5 GHz oferece maior velocidade e menor interferência por ser menos congestionada, no entanto, possui alcance mais limitado em comparação à de 2,4 GHz. Já a faixa de 6 GHz, introduzida com o padrão Wi-Fi 6E, proporciona ainda mais largura de banda, menor latência e menos interferência, pois é menos utilizada e oferece canais mais amplos. No entanto, assim como a de 5 GHz, seu alcance é mais reduzido e pode ter maior dificuldade para atravessar obstáculos físicos.

O Wi-Fi é uma tecnologia essencial em diversos contextos, como residências, empresas, espaços públicos e dispositivos móveis, proporcionando mobilidade, praticidade e conectividade contínua. Por meio dessa tecnologia, é possível conectar vários dispositivos como smartphones, computadores, tablets, televisores inteligentes e equipamentos de automação residencial. Além do acesso à internet, a conexão via Wi-Fi permite o compartilhamento de arquivos, o uso de impressoras sem fio, a realização de videoconferências e a criação de redes locais para comunicação entre dispositivos conectados.

Em ambientes domésticos, o Wi-Fi detém um papel fundamental pois viabiliza a conexão simultânea de diversos aparelhos, o uso de streaming, o controle remoto de dispositivos inteligentes, como câmeras de segurança e termostatos, e o compartilhamento de conteúdo entre dispositivos. Já no setor empresarial, a tecnologia é utilizada pelos colaboradores e pelos clientes, promovendo assim um ambiente mais integrado e dinâmico, além disso, a tecnologia Wi-Fi facilita a comunicação entre os computadores e servidores, o uso de recursos compartilhados, como impressoras e sistemas de armazenamento em nuvens, e permite que reuniões ocorram de forma online.

Com o avanço da Internet das Coisas (IoT), o Wi-Fi tornou-se ainda mais relevante, pois ele é responsável por conectar dispositivos inteligentes em redes domésticas e industriais, permitindo a troca de dados entre sensores, eletrodomésticos, sistemas de segurança e equipamentos automatizados. Essa conectividade possibilita o monitoramento remoto, a automação de processos e uma gestão mais eficiente dos recursos tecnológicos.

Dessa forma, o Wi-Fi se consolida como uma infraestrutura indispensável no mundo moderno, promovendo não apenas o acesso à internet, mas também a integração de tecnologias e serviços que tornam o cotidiano mais conectado, inteligente e produtivo

III. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao considerarmos as tecnologias Wirelees, tornou-se possível identificar a importância que as redes sem fio tiveram ao longo da história e do desenvolvimento da tecnologia, assim como se tornou possível verificar as razões pelas quais esses tipos de redes são fundamentais na sociedade atual. Desse modo, por meio da análise bibliográfica de artigos que apresentaram os fatores que implicam no desenvolvimento desse modelo de tecnologia e quais suas especificações individuais, é factível a relevância que redes como Bluetooth e Wi-fi possuem atualmente, sobretudo quando é considerada as necessidades de um mundo globalizado, uma vez que viabiliza a conexão simultânea de diversos aparelhos.

REFERÊNCIAS

- [1] Darlan Guilherme Sobrinho Alexandre Baratella Lugli. *TECNOLOGIAS WIRELESS PARA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL: WIRELESS_HART, BLUETOOTH, WISA, WI* –

- FI, ZIGBEEESP* – 100. Acessado em: 21 de maio de 2025. URL: <https://scholar.google.com.br/>.
- [2] NHo Sergio de Aquino Arruda. *TRANSFERENCE DE DADOS ENTRE DISPOSITIVOS VIA BLUETOOTH*. Acessado em: 21 de maio de 2025. 2006. URL: <https://scholar.google.com.br/>.
- [3] Thiago Senador de Siqueira. *Bluetooth – Características, protocolos e funcionamento*. Acessado em: 21 de maio de 2025. URL: <https://scholar.google.com.br/>.
- [4] Diego Oliveira do Canto Aurélio Bonatto. *BLUETOOTH TECHNOLOGY (IEEE 802.15)*. Acessado em: 21 de maio de 2025. URL: <https://scholar.google.com.br/>.
- [5] Intel Brasil. *Tecnologia Bluetooth: nos bastidores*. Acessado em: 18 de maio de 2025. 2024. URL: <https://www.intel.com.br/content/www/br/pt/products/docs/wireless/how-does-bluetooth-work.html>.
- [6] Tecnoblog T.jones. *O que é Bluetooth?* Acessado em: 18 de maio de 2025. 2021. URL: <https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-bluetooth/>.
- [7] Intel Brasil. *Para que é usada a tecnologia Bluetooth?* Acessado em: 18 de maio de 2025. 2024. URL: <https://www.intel.com.br/content/www/br/pt/products/docs/wireless/what-is-bluetooth.html>.
- [8] Diego Oliveira do Canto Aurélio Bonatto. *BLUETOOTH TECHNOLOGY (IEEE 802.15)*. Acessado em: 21 de maio de 2025. URL: <https://scholar.google.com.br/>.
- [9] G. L. da S. Wanderley e J. M. F. Antunes Neto C. P. Bosso. *Análise das tecnologias Li-Fi e Wi-Fi: comparativos de desempenho, segurança e aplicações em ambientes urbanos*. Acessado em: 21 de maio de 2025. 2014. URL: <https://prospectus.fatecitapira.edu.br/index.php/pst>.
- [10] Fabio Ferreira; Lucas Sidinei Inacio; Mateus Matozzo; Paulo Cezar Dvolatka; William C. Ferreira; Marianne S. Kawano. *ESTUDO DE CUSTO BENEFÍCIO: IMPLANTAÇÃO DE UMA REDE WIFI - PADRÃO 5GHz*. Acessado em: 21 de maio de 2025. 2019. URL: <https://chamadosfatecpr.com.br/revista/index.php/fatec/index>.
- [11] Alura. *Entendendo os padrões de Wi-Fi*. Acessado em: 18 de maio de 2025. 2017. URL: <https://www.alura.com.br/artigos/entendendo-os-padroes-de-wi-fi>.
- [12] P. H. Cardoso. *O que é Wi-Fi? Entenda como funciona a tecnologia*. Acessado em: 18 de maio de 2025. 2025. URL: <https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-wi-fi-como-funciona/>.