

**Evolução das Redes Sem Fio:
Comparativo Entre Wi-Fi e Bluetooth**

Iago Muriel Stefanuto, José Aluizio Melquiades dos Santos, Claudines Taveira Torres

Curso de Tecnologia em Redes de Computadores - Faculdade de Tecnologia de Bauru
(FATEC)

Rua Manoel Bento da Cruz, nº 30 Quadra 3 - Centro - 17.015-171 - Bauru, SP – Brasil

(iago.fatec@gmail.com, aluiziomelquiades@gmail.com, torres.analista@gmail.com)

***Abstract.** Currently there are several forms of traffic data and information. Thus, this article aims to address two of these forums: WiFi and Bluetooth. The methodology used was the bibliographical research, descriptive and experimental. After analyzing the data obtained it can be said that the use of a WiFi network has greater range and speed, greater number of connected users, but has a high power consumption. Since Bluetooth is to replace cables for over a situation, such as the exchange of low-size files, sites that there is a WiFi network in vehicles for answering phone calls, synchronize contacts from a mobile, headphones uses heard with technology and smartwatches.*

***Resumo.** Atualmente existem várias formas de trafegar de dados e informações. Diante disso, este artigo tem como objetivo abordar duas dessas forums: WiFi e Bluetooth. A metodologia utilizada foi a pesquisa bibliográfica, descritiva e experimental. Após a análise dos dados obtidos pode-se afirmar que o uso de uma rede WiFi possui maior alcance e velocidade, maior número de usuários conectados, porém tem um consumo alto de energia. Já o Bluetooth é a substituição dos cabos para mais de uma situação, tais como a troca de arquivos de baixo tamanho, locais que não há uma rede WiFi, em veículos para atendimento de ligações telefônicas, sincronizar contatos de um mobile, usos de fones de ouvido com a tecnologia e smartwatches.*

1. Introdução

Com o avanço da tecnologia, as formas de transmissão de dados também evoluíram. Atualmente, as mais utilizadas são a Wireless e a Bluetooth, com a otimização em segurança e maior número de usuários conectados. O presente artigo demonstra suas características e uma análise comparativa entre ambas.

O WiFi é um conjunto de especificações de redes sem fio local, baseada no protocolo IEEE 802.11 e 3 abreviaturas que são: WiFi, Wi-fi e Wi-Fi, porém todas possuem o mesmo significado.

A tecnologia Bluetooth é 5 anos mais antiga que o WiFi, possui menor alcance, porém está em constante evolução.

Este artigo tem como objetivo a comparação das duas tecnologias, demonstrando as características, evolução, protocolos, segurança e funcionamento.

A seção 2 apresenta o WiFi. A seção 3 descreve o Bluetooth e suas características. A seção 4 contém uma análise comparativa entre as duas tecnologias. Na seção 5 são descritos

os materiais e métodos utilizados para a presente pesquisa. A seção 6 mostra os resultados obtidos e por fim, as referências bibliográficas que embasaram o estudo.

2. Wi-Fi

O Wi-Fi é um conjunto de especificação local sem fio, baseado no padrão IEEE 802.11. Sua abreviatura vem do termo em inglês Wireless Fidelity.

Com o Wi-Fi é possível criar uma rede que pode conectar vários dispositivos sem fio ao mesmo tempo, tais como computadores, notebooks, netbooks, ultra books, smartphones, tablet, impressoras, vídeo games atuais, etc. Nesse tipo de conexão não há necessidade um cabeamento para conectar-se, pois utiliza a radiofrequência para transmitir os dados.

Muitos locais hoje possuem uma rede Wi-Fi, particular ou privada. Alguns exemplos são supermercados, lojas em geral, postos de combustível, escolas, faculdades, hospitais, bares, universidades, hotéis.

2.1. História

As redes sem fio não são tão novas quanto parecem, há algum tempo, várias indústrias se preocupavam com essa tecnologia, porém faltava uma padronização das especificações e normas. Com isso, em 1999, 4 grupos empresariais (3Com, Nokia, Lucent Technologies (Alcatel-lucent hoje) e Symbol Technologies (hoje Motorola)) resolveram unir-se e criaram um único grupo chamado WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance), que no ano de 2003 foi alterado para Wi-Fi Alliance. A figura 1 mostra o logotipo do grupo empresarial mencionado.



Figura 1. Logotipo do grupo Wi-Fi Alliance
Fonte: Infowester (2016)

2.2. Funcionamento

O funcionamento do Wi-Fi, como já relatado anteriormente, trabalha no padrão IEEE 802.11. Este padrão define normas para o uso das redes sem fio e pode criá-las, sua transmissão é realizada por radiofrequência, espalha o sinal pelo ar podendo chegar a centenas de metros, dependendo do equipamento e dos obstáculos, tais como árvores e paredes. Cada país opera em uma banda diferente, estabelecida pelo governo.

Porém, existem faixas em que não há necessidade de aprovação governamental, chamadas de faixas ISM (Industrial, Scientific and Medical), que operam nos intervalos de

902 MHz - 928 MHz; 2,4 GHz - 2,485 GHz e 5,15 GHz - 5,825 GHz. No entanto, esses limites podem sofrer variações de acordo com cada país.

Frequência é um item de suma importância, já que será utilizada para transportar o sinal da transmissão. Conceitualmente, é o número de oscilações por segundo de uma onda eletromagnética. O grande problema da radiofrequência está relacionado à ausência de uma padronização por parte das empresas interessadas na utilização do espectro de frequência, pois sem um controle todas transmitiriam e fariam uso desordenado abusivo do espectro. Para tentar solucionar essa problemática os governos reservam bandas de frequências de baixa potência com o objetivo de as transmissões não interferirem umas nas outras. Estas bandas de frequências são denominadas ISM (Industria Scientific Medical) e podem ser usadas sem licenciamento. Seguindo as regras da ISM são elas 900 MHz, 2.4 GHz e 5.7 GHz [SOARES; LEMOS; COLCHER, 1995].

2.2.1. 802.11

A primeira versão foi lançada oficialmente em 1997, após vários anos de estudo. Sua taxa de frequência operava entre 2,4 GHz e 2,4835 GHz e sua taxa de transmissão de dados é de 1 Mb/s ou 2 Mb/s (megabits por segundo).

Foi possível utilizar 2 técnicas de transmissão: a DSSS cria vários segmentos das informações transmitidas e as envia simultaneamente aos canais; e a FHSS utiliza um esquema de "salto de frequência", onde a informação transmitida utiliza determinada frequência em certo período e, no outro, utiliza outra frequência. Esta característica faz com que o FHSS tenha velocidade de transmissão de dados um pouco menor, por outro lado, torna a transmissão menos suscetível às interferências, uma vez que a frequência utilizada muda constantemente. O DSSS acaba sendo mais rápido, mas tem maiores chances de sofrer interferência, uma vez que faz uso de todos os canais ao mesmo tempo.

2.2.2. 802.11a

Este padrão opera utilizando a faixa de frequência de 5 GHz e tem a capacidade de suportar até 64 usuários por ponto de acesso, além de ser considerada uma faixa de frequência "limpa", pelo fato de não existirem muitas interferências (aparelhos de micro-ondas ou outros dispositivos que operam nessa faixa), ou outros tipos de arquiteturas de rede como é o caso do Bluetooth. Caso estes fatores fossem intervenientes, a velocidade da transmissão seria afetada. Entretanto, devido à alta frequência que é disponibilizada para o 802.11a, este é detentor de uma taxa de transferência cinco vezes mais rápida, chegando a alcançar facilmente 54 Mbps [MARIMOTO, 2008].

2.2.3. 802.11b

Esse padrão foi uma atualização de 1999. Sua principal característica é criar conexões nas seguintes velocidades de transmissão: 1 Mb/s, 2 Mb/s, 5,5 Mb/s e 11 Mb/s. O intervalo de frequências é o mesmo utilizado pelo 802.11 original (entre 2,4 GHz e 2,4835 GHz), mas a técnica de transmissão se limita ao DSSS, e este padrão usa uma técnica chamada Complementary Code Keying (CCK).

Sua cobertura do sinal pode ser de até 50 metros em lugares fechados e 400 metros em ambientes abertos, porém sem obstáculos. Este padrão foi o grande responsável pela popularização e uso em grande escala do WiFi.

Segundo Mendonça (2011), neste padrão alguns pontos são vantajosos, tais como o custo acessível dos equipamentos e a não existência de exigência de uma licença para que a faixa de frequência presente neste tipo de rede possa operar. A rede 802.11b é largamente utilizada por provedores de internet sem fio para distribuir o sinal nas áreas comerciais que se utilizam desta tecnologia.

2.2.4. 802.11g

Este padrão foi disponibilizado em 2003 e é o sucessor do 802.11b. Funciona com qualquer aparelho do seu antecessor, porém sua taxa é limitada. Trabalha com taxas de transmissão de até 54 Mb/s, assim como o padrão 802.11a. No entanto, ao contrário desta versão, o 802.11g funciona com frequências na faixa de 2,4 GHz (canais de 20 MHz) e tem o mesmo poder de cobertura do padrão 802.11b. A técnica de transmissão utilizada nesta versão também é o OFDM, todavia, quando é feita comunicação com um dispositivo 802.11b, a técnica de transmissão passa a ser o DSSS.

Há diversos padrões 802.11 para tecnologia de Lan sem fio, entre eles 802.11b, 802.11a e 802.11g. Esses três padrões 802.11 compartilham muitas características, usam o mesmo protocolo de acesso ao meio, CSMA/CA, e a mesma estrutura para seus quadros de camada de enlace. Todos estes padrões tem a capacidade de reduzir suas taxas de transmissão para alcançar distâncias maiores [KUROSE, 2003].

Na tabela 1, pode-se visualizar os padrões a, b e g, a quantidade de megabit e as bandas que elas funcionam.

Tabela 1. Padrões 802.11 a, b e g, e suas principais características

Padrão	Taxa de bits
802.11a	Até 54 Mbit/s (na banda de 5 GHz)
802.11b	Até 11 Mbit/s (na banda de 2,4GHz)
802.11g	até 54 Mbit/s (na banda de 2,4GHz)

Fonte: Adaptado de Bulhman e Cabianca (2016).

A tabela 2 apresenta um comparativo entre o alcance, a compatibilidade e o custo de cada um dos padrões.

Tabela 2. Comparativo de alcance, custo e compatibilidade entre os padrões 802.11a, b e g

Padrão	Alcance	Compatibilidade	Custo
802.11a	25 a 100 metros (indoor)	Incompatível com o 802.11b e 802.11g	Alto
802.11b	100 a 150 metros (indoor)	Adoção generalizada.	O mais baixo
802.11g	100 a 150 metros (indoor)	Compatibilidade com o 802.11b a 11Mbit/s. Incompatível com o 802.11a.	Baixo

Fonte: Adaptado Bulhman e Cabianca (2016).

A tabela 3 mostra os canais de 1 a 11, com suas frequências nominais e frequências práticas, nos padrões 802.11 b e 802.11 g.

Tabela 3. Canais e frequências utilizadas no 802.11b e 802.11g

Canal	Frequência nominal	Frequência prática
1	2.412 GHz	2.401 a 2.423 GHz
2	2.417 GHz	2.405 a 2.428 GHz
3	2.422 GHz	2.411 a 2.433 GHz
4	2.427 GHz	2.416 a 2.438 GHz
5	2.432 GHz	2.421 a 2.443 GHz
6	2.437 GHz	2.426 a 2.448 GHz
7	2.442 GHz	2.431 a 2.453 GHz
8	2.447 GHz	2.436 a 2.458 GHz
9	2.452 GHz	2.441 a 2.463 GHz
10	2.457 GHz	2.446 a 2.468 GHz
11	2.462 GHz	2.451 a 2.473 GHz

Fonte: Adaptado de Bullman e Cabianca (2016).

2.2.5. 802.11n

O padrão 802.11n veio a ser um padrão bastante adotado em virtude da alta taxa de transferência de dados, onde as taxas de transmissão do padrão 802.11 g não conseguiam suprir as necessidades de transmissão. Outra vantagem que propicia a implantação deste padrão é o fato de este trabalhar com o formato MIMO (Multiple Input Multiple output), o que faz com que a placa do dispositivo utilize diversos fluxos de transmissão, empregando para isso vários transmissores, juntamente com receptores e outros dispositivos, transmitindo as informações de paralela [MARIMOTO, 2008].

2.2.6. 802.11ac

A vantagem deste padrão é a velocidade de até 433Mb/s no seu modo de uso mais simples e pode superar, dependendo da quantidade de antenas, 6Gb/s em seu modo mais avançado. As indústrias estão priorizando os usos de dispositivos com 3 antenas e isso pode chegar a uma velocidade de 1,3Gb/s.

Esse padrão tem técnicas mais avançadas de funcionamento, trabalha com o esquema MU-MIMO (Multi-User MIMO), o qual consiste em trabalhar na transmissão e recepção de sinal de vários terminais, como se estes trabalhassem de maneira colaborativa, na mesma frequência.

Tem uma transmissão conhecida como TxBFA, que permite a um aparelho de transmissão, como por exemplo um roteador, fazer uma avaliação da transmissão, otimizando-a na direção correta.

A tabela 4 mostra as versões, juntamente com as frequências, taxas de transmissão e distância das variantes do WiFi.

Tabela 4. Frequência, taxa de transmissão e distancia das versões do WiFi.

Versões	Frequência	Taxa de tranmissão	Distância
802.11	2.4 Ghz a 2,4835 GHz	1 ou 2 mb/s	
802.11b	2.4 Ghz a 2,4835 GHz	1 Mb/s, 2 Mb/s, 5,5 Mb/s e 11 Mb/s.	50 metros
802.11a	5 GHz	6 Mb/s, 9 Mb/s, 12 Mb/s, 18 Mb/s, 24 Mb/s, 36 Mb/s, 48 Mb/s e 54 Mb/s.	50 metros
802.11g	2.4 Ghz e 5 GHz	Até 54 Mb/s	50 metros
802.11n	2,4 GHz e 5 GHz		400 metros
802.11ac	2.4 Ghz	Até 433Mb/s e se usar mais antenas pode chegar a 6Gb/s	

Fonte: Elaboração dos autores (2016)

2.3. Segurança

Existem quatro tipos de segurança quando se fala em WiFi, que são: WEP, WPA, WPA2 e WPS.

A segurança WEP está disponível desde o primeiro padrão, 802.11, e seu modo de autenticação basicamente funciona de forma restrita ao uso de chaves e aberta. Na forma restrita, o usuário deve colocar uma senha já combinada e configurada. Na forma aberta, basta apenas pedir para conectar a rede. Este trabalha com chaves de 64 bits e 128 bits.

O WPA foi criado em 2003 e é baseado na autenticação e cifragem dos dados da rede, semelhante ao WEP, mas o faz de maneira mais segura e confiável.

Com isso, surgiu uma nova base e um protocolo chamado Temporal Key Integrity Protocol (TKIP), chamado WEP2. Neste, uma chave de 128 bits é utilizada pelos dispositivos da rede e combinada com o MAC Address (um código hexadecimal existente em cada dispositivo de rede) de cada estação. Como cada MAC Address é diferente, torna-se necessária uma sequência específica para cada dispositivo. Esta chave é trocada periodicamente (ao contrário do WEP, que é fixo), e a sequência definida na configuração da rede (o passphrase, que é entendido como uma espécie de senha) é usada, basicamente, para o estabelecimento da conexão.

Em 2007 começaram a surgir no mercado dispositivos wireless que utilizam Wi-Fi Protected Setup (WPS), um recurso desenvolvido pela Wi-Fi Alliance que torna mais fácil a criação de redes Wi-Fi protegidas por WPA2. Com o WPS é possível fazer uma sequência denominada PIN (Personal Identification Number), configurada a um roteador, bastando que o usuário conheça e informe este número em uma conexão para fazer com que seu dispositivo ingresse na rede. Porém, em 2011, WPS passou a não ser seguro e a partir de então foi recomendada a desativação em aparelhos compatíveis.

2.4. Equipamentos

Existem vários equipamentos WiFi disponíveis no mercado. A figura 2 contém alguns exemplos desses equipamentos, tais como vídeo game, smart tv, tablets, mouses, teclados, smartphoes, impressores, entre outros.



Figura 2. Equipamentos com tecnologia WiFi
Fonte: Elaboração dos autores (2016)

3. Bluetooth

É um padrão de troca de arquivos e informações sem fio, de baixo gasto de energia que faz a troca de informações entre aparelhos próximos uns aos outros. A transmissão é realizada de modo semelhante à do WiFi, ou seja, por rádio frequência, porém com algumas alterações. Quanto mais próximos estiverem os aparelhos, maior será a qualidade e rapidez na conexão.

No padrão existem 3 tipos de classes classificadas conforme a tabela 5: Classe 1: opera com uma potência máxima de 100 mW (miliwatt), seu alcance é de até 100 metros; Classe 2: opera com uma potência máxima de 2,5 mW, seu alcance é de até 10 metros; Classe 3: opera com potência máxima de 1 mW e seu alcance é de até 1 metro.

Tabela 5. Classe potencia e alcance do Bluetooth.

Classe	Potência máxima (miliwatt)	Alcance (metros)
1	100 mW (20 dBm)	Até 100 m
2	2,5 mW (4 dBm)	Até 10 m
3	1 mW (0 dBm)	Até 1 m

Fonte: Elaboração dos autores (2016)

Analisando as informações da tabela 5, verifica-se que na classe 3 tem-se apenas 1 metro de alcance e com isso pode-se mencionar como exemplo um fone de ouvido Bluetooth, porém este não pode estar a mais que o limite de 1 metro, caso isso ocorra, a conexão cairá. Na classe 2 o alcance aumenta em 10 vezes e o limite é de 10 metros. Já na classe 1, o alcance

é de 100 metros e com isso pode-se usar, por exemplo, uma caixa de som em uma festa com um adaptador que suporta esta tecnologia a esta classe.

Para Alecrim (2008), a velocidade de transmissão de dados no Bluetooth é relativamente baixa: até a versão 1.2, a taxa pode alcançar, no máximo, 1 Mb/s (megabit por segundo). Na versão 2.0, esse valor passou para até 3 Mb/s. Embora essas taxas sejam curtas, são suficientes para uma conexão satisfatória entre a maioria dos dispositivos. Todavia, a busca por velocidades maiores é constante, como prova a versão 3.0, capaz de atingir taxas de até 24 Mb/s.

3.1. Frequência e comunicação

Esta é uma tecnologia criada para funcionar em qualquer lugar do mundo, porém há necessidade de uma frequência aberta e que possa ser usada em todo o local sem afetar nenhuma outra conexão.

Para a ISM (Industrial, Scientific and Medical) ser aberta, deve-se ter cuidado para não haver a interferência do sinal, pois ela pode ser utilizada por qualquer sistema de comunicação. Uma forma para não ocasionar essa interferência é o esquema de FH-CDMA (Frequency Hopping - Code-Division Multiple Access), o qual faz essa proteção, dividindo a frequência em diversos canais. O dispositivo estabelece a conexão mudando de um canal para outro de maneira bastante rápida. Este procedimento é chamado "salto de frequência" (frequency hopping) e permite que a largura de banda da frequência seja muito pequena, reduzindo facilmente as chances de interferência.

No Bluetooth, pode-se utilizar até 79 frequências (ou 23, dependendo do país) dentro da faixa ISM, cada uma "espaçada" da outra por intervalos de 1 MHz. Assim, um dispositivo se comunicando via Bluetooth pode tanto receber quanto enviar dados. Essa comunicação é conhecida como full-duplex, e consiste na transmissão alternada entre slots para enviar e slots para receber, um esquema denominado FH/TDD (Frequency Hopping / Time Division Duplex). Estes slots são canais divididos em períodos de 625 μ s (microsegundos). Cada salto de frequência deve ser ocupado por um slot, fazendo com que se tenha, em 1 segundo, 1.600 saltos.

Layton e Franklin (2000) observam que as redes formadas usando a tecnologia Bluetooth transmitem dados via ondas de rádio de alta frequência. Ela se comunica em uma frequência de 2.45 giga hertz (especificamente entre 2.402 GHz e 2,480 GHz). Tal frequência, conhecida como ISM, foi reservada por acordo internacional para uso em dispositivos industriais, científicos e médicos.

Existe também outro conceito, conhecido como enlace, o qual faz a ligação entre o que envia e o que recebe. O Bluetooth faz uso, geralmente, de dois padrões: SCO (Synchronous Connection-Oriented) e ACL (Asynchronous Connection-Less).

Segundo Alecrim (2013), o primeiro estabelece um link sincronizado entre o dispositivo emissor e o dispositivo receptor, separando slots para cada um. Assim, o SCO acaba sendo utilizado principalmente em aplicações de envio contínuo de dados, como transmissão de voz. Por funcionar desta forma, o SCO não permite a retransmissão de pacotes de dados perdidos. Quando ocorre perda em uma transmissão de áudio, por exemplo, o dispositivo receptor acaba reproduzindo som com ruído.

De acordo com Alecrim (2013), o padrão ACL, por sua vez, estabelece um link entre o dispositivo que inicia e gerencia a comunicação e os demais que estão em sua rede. Este link é assíncrono, já que utiliza slots previamente livres. Ao contrário do SCO, o ACL permite

o reenvio de pacotes de dados perdidos, garantindo a integridade das informações trocadas entre os dispositivos. Assim, este padrão pode ser considerado mais útil para aplicações que envolvam transferências de arquivos, por exemplo.

A comunicação entre dois ou mais dispositivos Bluetooth é conhecida como piconet. Nesta comunicação, o dispositivo que inicia uma conexão assume o papel principal ou de master (mestre), e os demais dispositivos se tornam secundários ou slaves (escravos). Cada piconet pode suportar até 8 dispositivos (7 slaves e um master), porém, é possível aumentar este número a partir da sobreposição de piconets. Este procedimento consiste em fazer com que uma piconet possa se comunicar com outra que esteja dentro do limite de alcance, esquema este conhecido como scatternet. Um dispositivo slave pode fazer parte de mais de uma piconet ao mesmo tempo, no entanto, um master pode ocupar esta posição somente em uma única piconet, conforme a figura 3.

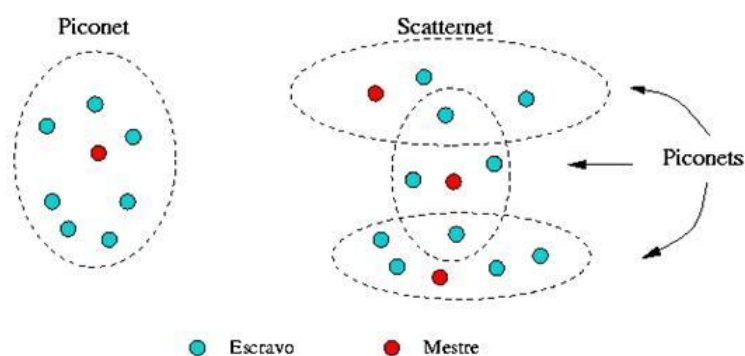


Figura 3. Ilustração de piconet e scatternet
Fonte: Adaptado de Langsch (2016)

Para que cada dispositivo saiba quais outros fazem parte de sua piconet, é necessário o uso de uma forma de identificação. Para isso, um dispositivo que queira conectar-se a uma piconet já existente emite um sinal chamado Inquiry. Os dispositivos que recebem o sinal respondem com um pacote FHS (Frequency Hopping Synchronization), informando a sua identificação e os dados de sincronização da piconet. Com essas informações, o dispositivo emitirá um sinal chamado Page para estabelecer uma conexão com outro dispositivo.

Uma das vantagens dessa tecnologia é a economia de energia, pois um terceiro sinal chamado Scan é usado para dispositivos que não estão em funcionamento e entram no modo standby-by, economizando energia.

3.2. Protocolos

Bem como as outras tecnologias, o Bluetooth também necessita de vários protocolos para “trabalhar” de maneira correta, respeitando cada função especificação: PPP, TCP/UDP/IP/OBEX. Os mais importantes são de transporte e de núcleo: LMP, baseband, HCI, RF e L2CAP.

LMP (Link Manager Protocol) é uma camada que responde por aspectos da comunicação em si, lida com parâmetros de autenticação, taxas de transferência de dados, níveis de potência, entre outros.

Baseband é uma camada na qual escolhe-se a forma dos dispositivos que irão localizar e se comunicar com outros aparelhos via Bluetooth. É nesta que se define como dispositivos

master e slave se conectam dentro de uma piconet, sendo também onde os padrões SCO e ACL atuam.

HCI (Host Controller Interface) é responsável em disponibilizar uma interface de comunicação com hardware Bluetooth, oferecendo interoperabilidade entre dispositivos distintos.

RF (Radio Frequency) é responsável pelos aspectos relacionados ao uso de radiofrequência.

L2CAP (Logical Link Control and Adaptation Protocol) serve de ligação com camadas superiores e inferiores, lida com parâmetros de QoS (Quality of Service - Qualidade de Serviço).

Deve-se mencionar também os chamados protocolos middleware, que possibilitam compatibilidade com as aplicações já existentes por meio do uso de protocolos e padrões de outras entidades, entre eles, o IP (Internet Protocol), o WAP (Wireless Application Protocol), o PPP (Point-to-Point Protocol) e o OBEX (Object Exchange).

Existe ainda outro grupo chamado protocolos de aplicação que faz referência ao uso do Bluetooth em si pelos dispositivos. Para meios de compatibilidade e interoperabilidade, estes protocolos são divididos em perfis. Cada perfil Bluetooth especifica como um equipamento deve implementar a tecnologia.

Na realidade existe um tipo de perfil para cada tipo de equipamento: um perfil para fones de ouvido sem fio, outro para distribuição de áudio, outro para sincronização de dispositivos e assim por diante.

3.3. Versões do Bluetooth

Essa tecnologia está sempre evoluindo, tornando necessário abordar algumas das versões.

Bluetooth 1.0 é a primeira versão lançada e devido a isso as empresas tinham muitos problemas na implementação nos dispositivos. Sua taxa de transferência era de 721kb/s.

Em fevereiro de 2001 surgiu a versão 1.1, que passou a ter a marca o padrão IEEE 802.15. Vários problemas encontrados na versão anterior foram solucionados e um novo sistema foi incorporado o RSSI (Received Signal Strength Indication), que faz o cálculo da potência de recepção de sinal. No entanto, não houve alteração na velocidade.

Em novembro de 2003, a versão 1.2 do Bluetooth foi lançada, com novidades tais como: conexões mais rápidas, melhor proteção contra interferências, suporte aperfeiçoado a scatternets e processamento de voz mais avançado. Não houve alteração na velocidade.

O Bluetooth 2.0 surgiu em novembro de 2004 e com ela grandes mudanças, tais como a diminuição do consumo de energia, aumento na velocidade de transmissão de dados para até 3 Mb/s (2.1 Mb/s efetivos), correção das falhas existentes na versão 1.2 e melhor comunicação entre os dispositivos.

Mais esse aumento é devido a um novo padrão, o EDR (Enhanced Data Rate) o qual aumenta em 3 vezes a velocidade de transferência.

Lançada em agosto de 2007, a versão 2.1 do Bluetooth tem como destaque o aumento de mais informações nos sinais Inquiry (permitindo um processo de seleção apurado dos dispositivos antes de estabelecer uma conexão), melhorias nos procedimentos de segurança (principalmente de criptografia) e melhor gerenciamento do consumo de energia. A velocidade é a mesma.

Em abril de 2009, foi lançada a versão 3.0 e seu atrativo foram as altas taxas de velocidade de transferência de dados. Aparelhos com essa versão podem chegar a marca de 24 Mb/s de transferência. Outra vantagem é o controle inteligente do gasto de energia exigido para as conexões. Apesar desta evolução, funciona com qualquer outra versão anterior.

As velocidades mais altas do Bluetooth 3.0 somente são atingidas em dispositivos compatíveis com as instruções HS (High Speed), característica equivalente à relação entre o Bluetooth 2.0 (ou 2.1) e o EDR.

A tabela 6 mostra um resumo das versões do Bluetooth, com suas taxas de transferência e suas principais atualizações.

Tabela 6. Versões da especificação Bluetooth

Versão	Taxa de transferência	Principais atualizações
1.1	1 Mbps	Primeira versão comercial
1.2	1 Mbps	Implementação de estratégia antiinterferência (AFH)
2.0+EDR	2.1 Mbps	Melhoria na taxa de transferência (EDR)
2.1+EDR	2.1 Mbps	Processo de pareamento simples (SSP)
3.0+HS	24 Mbps	Uso de canal WiFi (IEEE 802.11) para transferência
4.0	1 Mbps	Versão de consumo de energia altamente reduzido

Fonte: Adaptado de Atoji (2016)

Em dezembro de 2009 foi anunciada a versão 4.0 e o seu diferencial está na economia de energia: este é capaz de usar muito menos eletricidade quando o dispositivo está ocioso, por exemplo, para telefones celulares que consomem muita energia quando o Bluetooth não está sendo utilizado, mas permanece ativo.

Na figura 4, apresentam-se alguns exemplos de dispositivos Bluetooth, tais como, smartphone, tablet, fone de ouvido, notebook, smartwatch, teclado, mouse e caixa de som. Estes dispositivos podem interligar-se.



Figura 4. Dispositivos Bluetooth
Fonte: Elaboração dos autores (2016)

4. Comparativo entre WiFi e Bluetooth

A tabela 7 mostra um comparativo completo entre as redes WiFi e Bluetooth, confrontando a sua identificação, organização, disponibilidade, enlace, topologia, espectro, canais, compartilhamento, velocidade, alcance, QoS, deslocamento e aplicação.

Tabela 7. Comparativo entre WiFi e Bluetooth

Itens analisados	WiFi	Bluetooth
Identificação	Atualmente as redes sem fio que utilizam o padrão de comunicação definido pelo IEEE 802.11- Wireless Local Area Networks são conhecidas por redes Wi-Fi, criada pela WECA.	Bluetooth tem este nome devido ao código para homenagear o rei da Dinamarca e Noruega, Harald Blatand que em inglês se escreve Harold Bluetooth, que ficou conhecido por ter unificado as tribos Dinamarquesas, Norueguesas e Suecas, pois o motivo deste consórcio foi unificar a comunicação entre as tribos de telefones celulares, computadores e assistentes digitais pessoais (PDA - Personal Digital Assistants).
Organização	A organização que desenvolveu o padrão para as redes sem fio para área local foi o IEEE 802. A liberação em 1989 pelo FCC foi de 3 faixas de frequência e com a formação em 1990 no IEEE de um comitê para estabelecer a definição de um padrão para as redes sem fio, a definição do padrão levou sete anos sendo que o em 1997 foi aprovado com uma taxa de transmissão inicial de 1 Mbps e 2Mbps.	Bluetooth SIG - Special Interest Group - Grupo Especial de Interesse Bluetooth http://www.Bluetooth.org , a IBM, Ericsson, Toshiba e a Nokia se uniram em 1998, com o intuito de desenvolver uma especificação padrão aberta de como deveria ser a comunicação em uma rede de equipamentos sem fio de uso pessoal. Em 1999 a Microsoft, Motorola, 3Com e a Lucent se juntaram a este consórcio que é uma sociedade privada com sede em Bellvue Washington com alguns escritórios espalhados por todo o mundo. O logotipo do Bluetooth é a união das runas nórdicas (Hagall) e (Berkanan) correspondentes às letras H e B no alfabeto latino.
Disponibilidade	Atualmente é a tecnologia mais usada e mais conhecida para dispositivos móveis de computação com pontos de acesso em quase todos os lugares.	De acordo com a Bluetooth SIG existem aproximadamente três bilhões de dispositivos Bluetooth no mercado e esse número cresce todos os dias, a tecnologia Bluetooth está nos telefones celulares, aparelhos de som, televisões, computadores, impressoras e periféricos, tocadores de música, fones de ouvidos, nos automóveis, e equipamento médicos e o número de aplicações também cresce dia a dia.
Enlace	O 802.11 funciona com ondas de rádio frequência RF a transmissão é por difusão, assim não tem a necessidade de	Funciona com ondas de rádio frequência RF a transmissão é por

	ser visada.	difusão e não visada.
Topologias	As redes sem fio do tipo 802.11 normalmente funcionam com a topologia estrela com todos os dispositivos se comunicando através de um ponto de acesso que faz a função de centralizador e ponte para outras redes.	As redes Bluetooth suportam conexões do tipo PP - Ponto a Ponto, conexões PMP – Ponto Multi Ponto, conexões Piconets que são pequenas redes Bluetooth com oito dispositivos sendo um na Função de Mestre e até sete na função de escravos, e Scatternet, que é um sistema disperso composto de várias redes cada uma contendo um número limitado de dispositivos.
Espectro	O padrão 802.11 utiliza as frequências de 2,4 GHz e 5 GHz.	Utiliza a faixa ISM - Industrial, Scientific and Medical
Canais	O número de canais das redes sem fio 802.11 varia de país a país, mas na maioria segue o padrão dos Estados Unidos que define 11 canais de comunicação para o 802.11b/g/não sendo 3 sem sobreposição e 12 canais de comunicação de 40 MHz ou 24 de 20 MHz para o 802.11a.	O Bluetooth define 79 canais de comunicação cada um com a largura de 1 MHz.
Compartilhamento	As redes sem fio 802.11 não tinham compartilhamento de banda, mas hoje pode ter compartilhamento de banda dependendo da versão e configuração.	É usado TDD – Time Division Duplex – Compartilhamento por Divisão de Tempo com 625 μ s de janela de tempo (slots).
Velocidade	O 802.11 permite obter as seguintes taxas de transmissão: 1) 802.11b com PSK = 1 Mbps, 2) 802.11b com QPSK = 2 Mbps, 3) 802.11b com QPSK e CCK = 5.5 Mbps ou 11 Mbps, 4) 802.11a e 802.11g com OFDM e CCK 54 Mbps, 5) 802.11n com MIMO / OFDM = de 65 Mbps a 600 Mbps.	Na versão 1.0 a velocidade podia chegar a 1 Mbps, na versão 2.0 se tem até 3 Mbps e na versão 3.0 onde passou a se usar o 802.11 conhecida como High Speed – Alta Velocidade chega a 24 Mbps.
Alcance	O alcance das redes sem fio 802.11 depende da tecnologia e frequência em uso, do tipo e potência da antena, do ambiente (interno ou externo) da velocidade em uso, e do nível de interferências existentes e por isso, pode variar de alguns poucos metros a quilômetros de distância, porém para aplicações tradicionais normalmente a distância é de 30 a 100 metros entre os dois dispositivos que vão se comunicar.	O alcance depende da classe do dispositivo. Para dispositivos da classe 3 onde se usa potência de 1 mW ou 0 dBm o alcance pode chegar a 1 metro, na classe 2 com potência de 2.5 mW ou 4 dBm o alcance é de até 10 metros já na classe 1 onde os dispositivos têm potência de 100mW ou 20 dBm o alcance pode chegar até 100 metros.
QoS	Foi definido pelo IEEE em 2005 o padrão 802.11e que adiciona qualidade de serviço (QoS - Quality of Services) às redes IEEE 802.11. Esta facilidade permite a transmissão de diferentes tipos de serviços de comunicação (Voz, Som, Imagem, etc.) com certos controles específicos.	O Bluetooth implementa a qualidade de serviços para voz em comunicações orientadas à conexão e para Dados em comunicações sem conexão.

Deslocamento	O padrão 802.11r define a possibilidade de re-associação quando houver locomoção rápida do domínio de um ponto de acesso para o domínio de outro ponto de acesso, este deslocamento entre pontos de acesso é conhecido tecnicamente como hand-off.	O deslocamento é implementado e permitido entre Piconets.
Aplicações	São usadas em todos os segmentos do mercado, desde informática, medicina, indústria até equipamentos eletrônicos de consumo.	Existem inúmeras aplicações que usam a tecnologia Bluetooth tais como: telefones celulares, fones de ouvidos, computadores de bordo em automóveis, aparelhos de som, controles remotos, comunicação entre computadores, comunicação de dispositivos com seus periféricos, aparelhos médicos, controles de vídeo games e outros.

Fonte: Elaboração dos autores (2016)

5. Materiais e métodos

O presente artigo baseia-se em pesquisa exploratória, bibliográfica e documental, em livros e sites. É uma pesquisa descritiva ou experimental, onde utilizam-se diversos testes empregando as tecnologias WiFi e Bluetooth. Para realizar esses testes foram usadas as ferramentas WiFi Analyser Mobile, que verifica as informações das redes com sinais próximos; Bluetooth Analyser mobile, que confere os dispositivos perto e dá um detalhamento maior de informações sobre o dispositivo pareado; SIMET, o qual examina a velocidade da rede WiFi, mostra a latência da rede; JITTER, vazão TCP e UDP; Tubemate, um aplicativo para realizar o download do vídeo para teste; e o site da Brasil banda larga, para realizar a medição da latência e da velocidade por ancoragem Bluetooth.

Os equipamentos usados foram um notebook ASUS com processador core I7, com uma memória de 8gb de RAM, 1 TB de hd e com sistema operacional Windows 10 de 64 bits; um notebook Itautec, com processador core i5, 4 de RAM, 500 gb de hd e com sistema operacional Windows 10 de 64 bits; um smartphone Samsung Galaxy s6, com 32 gb de memória, 3 gb de RAM, com sistema operacional Android 6.0 de 64 bits; um smartphone ASUS Zenfone 2 com 32 gb de memória, 4 gb de RAM e Android 5.0 de 64 bits; um roteador Multilaser RE024, com padrão N.

Os softwares, WiFi analyzer, Bluetooth analyzer, SIMET e o tubemate foram instalados no smartphone zenfone 2, no qual recebeu o sinal via WiFi e por ancoragem Bluetooth (acesso a internet 3g via Bluetooth). O Galaxy s6 serviu como roteador WiFi e a ancoragem.

No roteador Multilaser foi criada uma rede local e o compartilhamento de uma pasta para a transferência do arquivo entre os 2 notebooks ASUS e Itautec.

6. Resultados obtidos

Com base no objetivo proposto foram realizados 10 testes, os quais serão demonstrados a seguir.

A figura 5 mostra os canais das redes, o IP da rede conectada, a segurança das redes, a potência do sinal e o nome dos roteadores. A rede utilizada é a AndroidAp, o modelo do roteador é o SAMSUNG ELECTRO MECHANIC, está localizada no canal 6 e possui o dBm de -31.

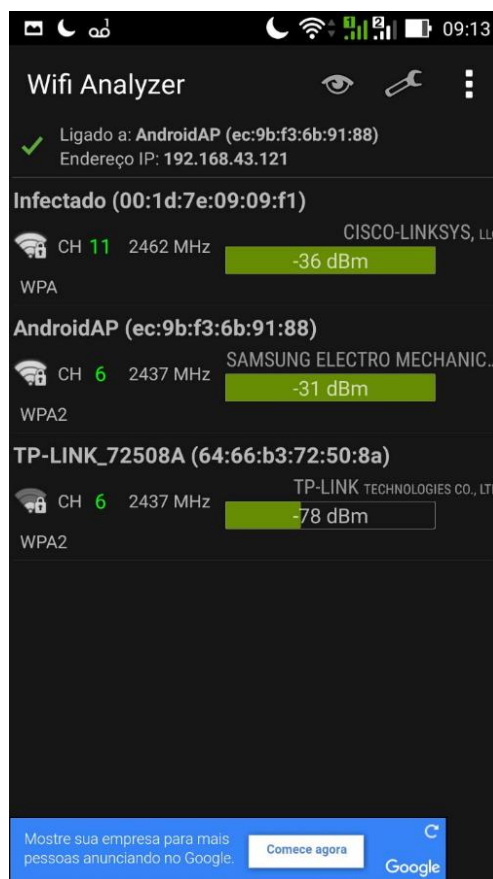


Figura 5. WiFi Analyzer
Fonte: Elaboração dos autores (2016)

A figura 6 contém um print do zenfone 2, que por estar pareado com o dispositivo galaxy s6 consegue visualizar as informações do mesmo, ou seja, do Galaxy s6. Neste, mostra informações de endereço MAC, protocolos e nome, já no do notebook somente aparece o nome e o endereço MAC devido a não estar pareado.



Figura 6- BluetoothAnalyzer
Fonte: Elaboração dos autores (2016)

A figura 7 mostra a imagem retirada do aplicativo SIMET, o teste da qualidade da rede conectada, AndroidAp. A cor verde corresponde a “bom” e a vermelha a “ruim”. Com isto verificou-se que às 08h28min do dia 12/06/2016 está “bom” em todos os acessos tais como chamadas VoIP, video-conferências e para carregar vídeos. Em relação as 9h do dia 12/06/2016 a internet está com qualidade somente para acesso e está ruim para chamadas VoIP, video-conferências e para carregar vídeos.



Figura 7. Teste de qualidade SIMET
Fonte: Elaboração dos autores (2016)

Na figura 8 pode-se ver o gráfico de latência da rede e a perda de dados. A figura 9 mostra a latência e a velocidade por Bluetooth, segundo o site Brasil banda larga. A latência em uma rede wireless é quase a metade do que a de uma rede por ancoragem Bluetooth. Isso significa que a transferência por ancoragem é muito menor e mais lenta do que a rede wireless.



Figura 8. Latência e perda de dados
Fonte: Elaboração dos autores (2016)

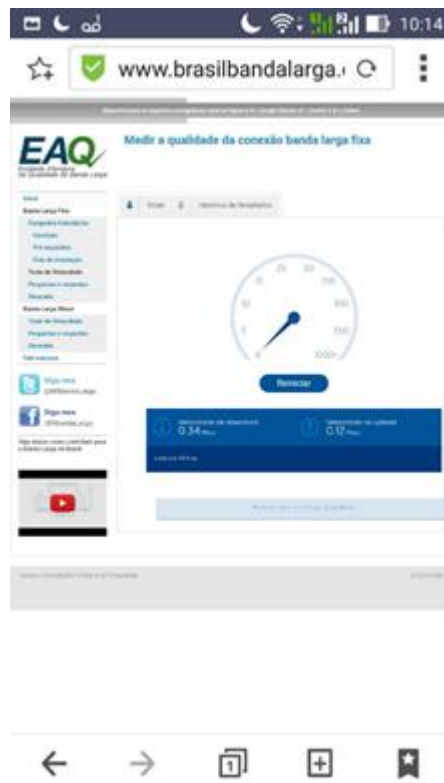


Figura 9. Velocidade e latência por ancoragem Bluetooth
Fonte: Elaboração dos autores (2016)

A figura 10 mostra a taxa média de upload e download em ms, essa taxa média é conhecida como JITTER.



Figura 10. Taxa média (JITTER)
Fonte: Elaboração dos autores (2016)

Na figura 11 pode-se ver a vazão média e mediana do upload e download do TCP. Na figura 12, visualiza-se a velocidade média de upload e download por ancoragem Bluetooth. Com a análise das imagens, verifica-se que na rede via WiFi possui uma taxa muito maior tanto de upload quanto download em relação à ancoragem Bluetooth.

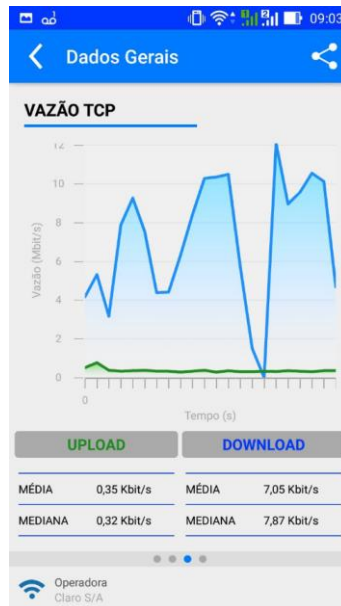


Figura 11. Vazão TCP
Fonte: Elaboração dos autores (2016)

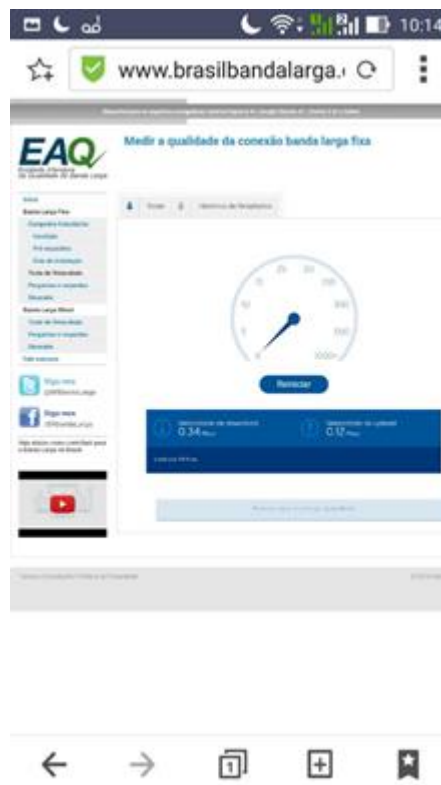


Figura 12. Teste de velocidade por Ancoragem Bluetooth.
Fonte: Elaboração dos autores (2016)

A figura 13 mostra a vazão média e mediana do upload e download do UDP:

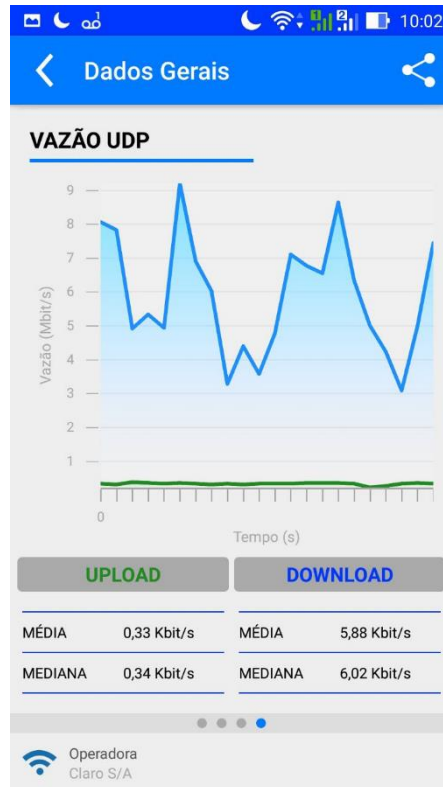


Figura 13. Vazão UDP
Fonte: Elaboração dos autores (2016)

A figura 14 refere-se a um envio por Bluetooth entre o notebook asus e um smartphone Samsung Galaxy s6 de um vídeo baixado do Youtube com tamanho de 667 mb com resolução ultra hd (4k). O início do envio foi as 16h03min.

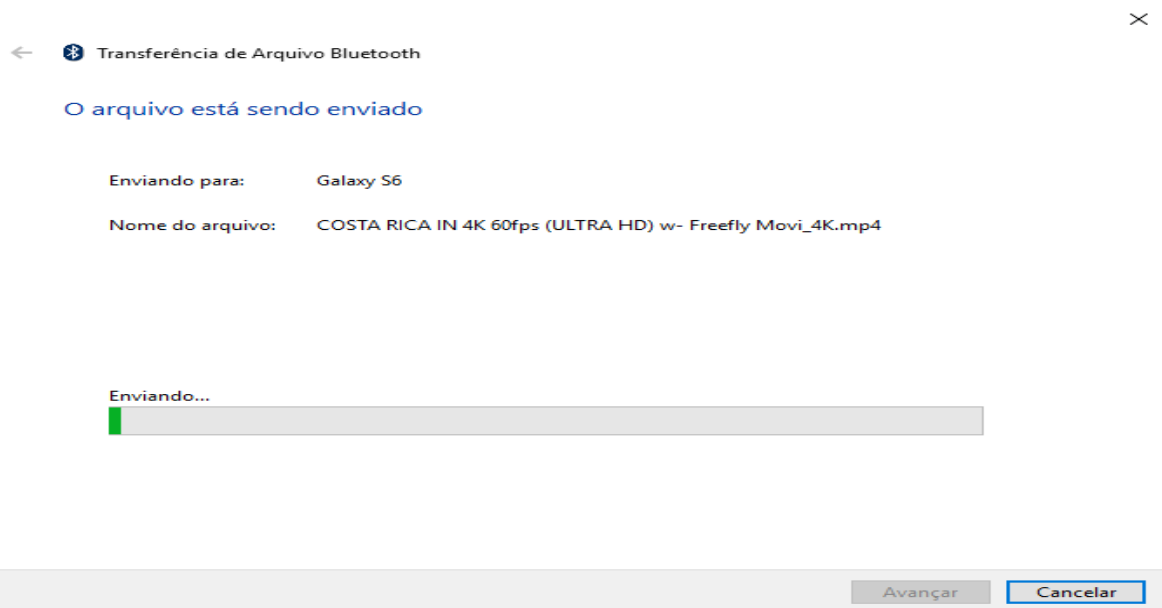


Figura 14. Início transferência Bluetooth
Fonte: Elaboração dos autores (2016)

A figura 15 mostra o final da transferência Bluetooth. Essa demorou 1h14 min.

Arquivo transferido com êxito

Enviada para: Galaxy S6

Arquivos enviados:

Nome do Arquivo	Tamanho
COSTA RICA IN 4K 60fps (ULTRA H...	667 MB

Concluir

Figura 15. Término transferência Bluetooth

Fonte: Elaboração dos autores (2016)

A figura 16 contém um print feito durante a transferência entre os notebooks ASUS e Itautec. Para realizar essa troca via WiFi, foi criada uma rede sem fio local com um roteador Multilaser RE024, com padrão N e compartilhada uma pasta para realizar essa transferência. A transferência demorou 3 minutos e 14 segundos. Essa medição foi realizada com um cronômetro de smartphone Galaxy s6.

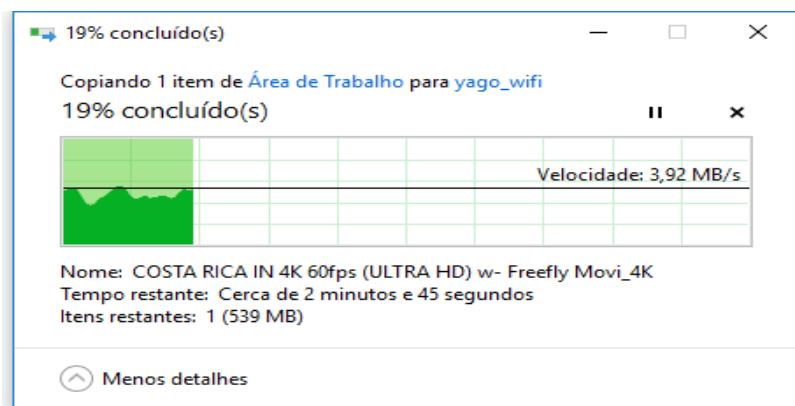


Figura 16. Transferência WiFi

Fonte: Elaboração dos autores (2016)

7. Conclusão

A presente pesquisa teve como objetivo a comparação das tecnologias WiFi e Bluetooth demonstrando as características, evolução, protocolos, segurança e funcionamento.

Após a realização dos testes e a análise dos resultados obtidos verificou-se que ambas possuem vantagens, desvantagens e usos intrínsecos. O uso de uma rede WiFi possui um maior alcance, maior velocidade, pode ser conectado a um maior número de usuários, porém têm um consumo maior de energia e a necessidade de um hardware mais robusto e relativamente mais caro.

A tecnologia WiFi é a evolução da LAN sem o uso de cabos. Com uma conexão wireless do tipo 802.11, pode-se conectar um PC ou celular a uma rede de computadores que geralmente é gerenciada por um roteador. Dessa forma o WiFi transmite uma quantidade de informações e dados muito superior ao Bluetooth.

O Bluetooth possibilita a troca de dados a curtas distâncias. As principais aplicações são: a conexão com fones de ouvido, teclados e mouses, a transferência de arquivos como músicas, imagens e vídeos, uso em som automotivo multimídia para atendimento de ligações, recebimento de mensagens, envio de música para escutar instantaneamente.

Ao término da pesquisa pode-se concluir que o objetivo inicial foi atingido.

Referências Bibliográficas

- Alecrim, E. (2013) “Tecnologias Bluetooth”, Disponível em: <<http://www.infowester.com/Bluetooth.php>>, acesso em: 10 de fev. 2016.
- Atoji, R. I. (2010) “Bluetooth e NFC: estudo de caso”, Disponível em: <<http://www.ime.usp.br/~cef/mac499-10/monografias/rodolpho/pdf/mac499-monografia.pdf>>, acesso em: 10 de fev. 2016.
- Bulhman, H, J. e Cabianca, L, A. (2016) “Redes LAN/MAN Wireless I: Padrões 802.11 a, b e g”, Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialr wlanman1/pagina_2.asp >, acesso em: 20 de fev. 2016
- Kurose, J; Ross, K. W. (2006) “Redes de Computadores e a Internet: Uma Abordagem Top Down”. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 3ª edição.
- Langsch, F, L. et al (2014) “BLUETOOTH – Camada Física & Camada de Acesso ao Meio”, Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/grad/09_1/versao-final/Bluetooth/Page323.html>, acesso em: 10 de fev. 2016
- Layton, J. Franklin, C. (2006) “Como Funciona o Bluetooth. Como as Coisas Funcionam? ”, Disponível em: <<http://informatica.hsw.uol.com.br/Bluetooth>>, acesso em: 10 de fev. 2016
- Mendonça, Eudes. (2011) “Benefício das Redes sem Fio”. Belém: Centro Universitário do Pará.
- Morimoto, C, E. (2008) “Redes wireless, parte 2: Padrões”, Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/tutoriais/padroes-wireless/pagina3.html>>, acesso em: 10 de fev. 2016
- Soares, L. F. G.; Lemos, G.; Colcher, S. (1995) “Redes de Computadores”. Rio de Janeiro: Elsevier.