

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

MATEUS ARAÚJO SILVA

Análise de desempenho e eficiência em redes Wi-Fi indoor

São José - SC

Junho/2018

ANÁLISE DE DESEMPENHO E EFICIÊNCIA EM REDES WI-FI INDOOR

Trabalho Parcial de conclusão de curso apresentado à Coordenadoria do Curso de Engenharia de Telecomunicações do campus São José do Instituto Federal de Santa Catarina para a obtenção do diploma de Engenheiro de Telecomunicações.

Orientador: Evanaska Maria Barbosa Nogueira

São José - SC

Junho/2018

Mateus Araújo Silva

Análise de desempenho e eficiência em redes Wi-Fi indoor/ Mateus Araújo Silva. – São José - SC, Junho/2018-

29 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Evanaska Maria Barbosa Nogueira

Monografia (Graduação) – Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC

Campus São José

Engenharia de Telecomunicações, Junho/2018.

1. WLAN. 2. Desempenho. 2. Redes sem fio. I. Evanaska Maria Barbosa Nogueira. II. Instituto Federal de Santa Catarina. III. Campus São José. IV. Análise de desempenho e eficiência em redes Wi-Fi indoor

RESUMO

A quantidade de pessoas conectadas à internet cresce a cada dia, sendo a principal forma de acesso a estes dispositivos celulares e outros aparelhos que se conectam através de redes sem fio. Este cenário torna importante que as atuais redes sem fio estejam instaladas adequadamente e possuam a capacidade de conectar os usuários com a maior qualidade possível, permitindo serviços como *streaming* de vídeo e chamadas multimídia. Este estudo terá por objetivo efetuar uma análise das redes *indoor* existentes, verificando a eficácia e desempenho de EMTAs comuns nas residências da região. Também será estudado a propagação do sinal através de parâmetros de conectividade à rede. Ao final deste estudo, espera-se entender a influência da propagação sem fio nas conexões à rede, a qualidade dos equipamentos utilizados, e como é possível melhorar a qualidade das redes sem fio já existentes.

Palavras-chave: WLAN. Desempenho. Redes sem Fio. Propagação.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Desvanecimento em redes sem fio	17
Figura 2 – Exemplo de ocorrência de MultiPercurso	18
Figura 3 – Reflexão de uma onda ao se incidir com outro meio	19
Figura 4 – Difração por uma fenda estreita	20
Figura 5 – Difração no topo montanha	20
Figura 6 – Canais no Espectro de Frequência	22
Figura 7 – Relação do modelo OSI com modelo <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> (IEEE) 802.11	23
Figura 8 – Fluxograma Protocolo CSMA/CA	25
Figura 9 – Problema do nodo escondido	25
Figura 10 – Esquema básico de acesso no DCF com uso de RTS e CTS	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Camada física nos Padrões 802.11	23
Tabela 2 – Cronograma de Atividades	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANATEL Agência Nacional de Telecomunicações	14
AP <i>Access Point</i>	14
CTS <i>Clear To Send</i>	24
DCF <i>Distributed Coordination Function</i>	24
DSSS <i>Direct Sequence Spread Spectrum</i>	22
EMTA <i>Embedded Multimedia Terminal Adaptor</i>	14
FHSS <i>Frequency Hopping Spread Spectrum</i>	22
IEEE <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>	5
ITU <i>International Telecommunications Union</i>	21
LOS <i>Line-Of-Sight</i>	17
MAC <i>Medium Access Control</i>	11
NLOS <i>Non-Line-Of-Sight</i>	17
OFDM <i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>	22
PAN <i>Personal Area Networks</i>	22
PCF <i>Point Coordination Function</i>	24
PDA <i>Personal Digital Assistants</i>	22
PHY <i>Physical Layer</i>	22

RF Radiofrequência	21
RTS <i>Request To Send</i>	24
WLAN <i>Wireless Local Area Network</i>	11

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Motivação	14
1.2	Organização	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	Propagação do Sinal	17
2.1.1	Propagação no Espaço Livre	18
2.1.2	MultiPercurso	18
2.1.2.1	Reflexão	18
2.1.2.2	Difração	19
2.1.2.3	Dispersão	21
2.2	Absorção	21
2.3	Interferência	21
2.4	Padrão IEEE 802.11	22
2.4.1	Camada Física	22
2.4.2	Camada <i>Medium Access Control</i> (MAC)	24
2.5	Parâmetros de uma <i>Wireless Local Area Network</i> (WLAN)	24
2.5.1	<i>Throughput</i>	24
2.5.2	Atraso	26
2.5.3	Perda de Pacotes	26
2.5.4	Alcance	26
3	METODOLOGIA	27
3.1	Proposta	27
3.1.1	Configurações do Roteador	27
3.1.2	Obstáculos	27
3.1.3	Superfície	28
3.2	Cronograma	28
	REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

A internet está se tornando cada vez mais acessível à população brasileira. Segundo dados do IBGE (2018), 64,7% da população brasileira tem acesso à internet. A principal ferramenta para acesso a internet é o telefone celular, com 97,22% dos usuários de internet utilizando essa ferramenta. Além disso, outros dispositivos que acessam a internet estão se tornando cada vez mais populares, como por exemplo as *Smart TVs*. Segundo a ELETROS (2017), no primeiro semestre de 2017 foram vendidos 3,56 milhões de aparelhos de televisão com conectividade à internet, o que representa aproximadamente 70% do total de televisores vendidos.

Devido a praticidade da instalação e a mobilidade, muitos optam por utilizar redes sem fio ao invés de redes cabeadas. Além disso, segundo Najnudel (2004) as redes locais sem fio tornam-se uma alternativa interessante para ambientes em que os custos e dificuldade para passagem de cabos são altos. Isso, impulsionado pelo constante crescimento de usuários conectados à internet e a utilização de dispositivos que são conectados à internet por redes sem fio, como o celular, *notebooks* e *Smart TVs*, resultam na necessidade de uma constante avaliação das redes sem fio quanto ao seu desempenho e eficiência.

A rede de internet permite que o usuário utilize uma imensa gama de serviços, conteúdo e aplicações. Conforme descrito por IBGE (2018), aplicativos de mensagem e bate-papo são os preferidos dos brasileiros. Uma outra forma de serviço que vem crescendo de acordo com IBGE (2018) é o consumo de vídeos online e chamadas de voz e vídeo, com mais de 70% de usuários brasileiros utilizando esses serviços.

Esse tipo de conteúdo demanda uma alta taxa de dados e pouca tolerância a atrasos e falhas de comunicação para manter a qualidade. Além disso, devido ao constante aumento no número de usuários e dispositivos conectados a internet, é importante que as redes sejam planejadas de tal forma que permitam uma quantidade considerável de dispositivos, conectados a uma alta taxa de dados, com baixa latência e com a menor quantidade de falhas de conexão.

Esses fatos requerem que o ponto de acesso à internet possua um alcance amplo de onde está instalado, e que os usuários conectados não sofram perdas de taxas de conexão e interferências de outras redes sem fio próximas, diminuindo assim a qualidade do serviço.

As redes WLAN podem ser planejadas e estruturadas para funcionarem em diversos tipos de ambientes. Dentre esses ambientes, é possível destacar os ambientes corporativos e comerciais, além do ambiente residencial, em seu âmbito rural e urbano.

Os ambientes corporativos e comerciais em geral possuem uma alta taxa de investimento em sua rede sem fio. Isto é fato devido a necessidade de se estar preparado para uma grande quantidade de usuários e taxas de dados num ambiente relativamente curto. A presença e a qualidade da conexão sem fio pode ser extremamente relevante para os planos de negócios de uma empresa.

As transmissões para ambientes residenciais rurais possuem uma grande dificuldade devido às grandes distâncias até o receptor, sendo necessário transmitir o sinal a potências muito grandes. Porém, o investimento nessas áreas é criteriosamente analisado por operadoras devido ao número baixo de possíveis usuários.

Os ambientes residenciais urbanos constituem o maior número de usuários das redes WLAN. Esses

usuários, devido a sua alta taxa de densidade demográfica, estão concentrados em ambientes cada vez menores, resultando em uma grande interferência de redes vizinhas. Esse ambiente é um objeto interessante para estudo, devido a características que são desafiadoras em um mundo cada vez mais conectado.

Alguns autores buscaram abordar o assunto sobre a qualidade das redes WLAN em ambientes fechados. Por exemplo, Ferreira e Montanha (2017) procurou mapear os diferentes níveis de sinais de redes Wi-Fi após sofrer interferências por barreiras ou outros dispositivos. Com ajuda de um aplicativo que realizou as medidas da potência do sinal, foi calculado a potência de interferência para diferentes situações, permitindo propor um melhor posicionamento do roteador.

Najnudel (2004) procurou desenvolver um modelo de propagação de sinais *wireless* na frequência de 2,4 GHz em ambientes *indoor*, prevendo que um projetista de redes sem fio fizesse um bom dimensionamento através do seu alcance. Foi estudado o efeito da propagação através de diferentes maneiras, o efeito em quinas de parede e de movimentação de pessoas no ambiente, além da influência da distância.

Porém esses artigos efetuaram testes com equipamentos que são projetados especificamente para transmissão de redes sem fio, como *Access Point* (AP)s. Hoje, muitas operadoras fornecem equipamentos que possuem outras funções, como suportar serviços de voz, realizar a conversão de um meio digital para analógico, fazer a verificação do perfil do usuário com a operadora, entre outros.

Nestes estudos não houve ajuste nas configurações dos equipamentos utilizados. As configurações como canal, largura de banda, entre outros pode influenciar a qualidade de conexão à rede. Embora foi analisada a influência de barreiras e obstáculos na potência do sinal, é interessante também analisar a superfície e o campo próximo que estes equipamentos se situam, pois isto pode afetar a irradiação e o alcance da rede sem fio.

Além disso, essas literaturas efetuaram medições baseados na potência do sinal. Porém a potência do sinal, embora seja importante, é apenas um dos parâmetros que afetam a percepção do usuário de uma ótima rede sem fio e pode ser relativo dependendo do dispositivo utilizado. Aparelhos que possuem sensibilidade de recepção alta continuarão conectados, enquanto dispositivos com baixa sensibilidade poderão ter sido afetados. Outros parâmetros importantes para a conectividade da rede sem fio são a latência, o *throughput* e a perda de pacotes.

Este trabalho terá por objetivo efetuar uma análise das redes *indoor* existentes, verificando a eficácia e desempenho de *Embedded Multimedia Terminal Adaptor* (EMTA)s comuns nas residências da região. Também será estudado a propagação do sinal através de parâmetros de conectividade à rede. Ao final deste estudo, espera-se entender a influência da propagação sem fio nas conexões à rede, a qualidade dos equipamentos utilizados, e como é possível melhorar a qualidade das redes sem fio já existentes.

1.1 Motivação

A motivação deste estudo ocorre pelo autor deste trabalhar em uma grande operadora de serviços de telecomunicações. Como analista na área de qualidade da empresa, é perceptível o quanto uma rede sem fio posicionada e configurada corretamente contribui para a satisfação do cliente e melhoria de indicadores, tanto corporativos, quanto regulatórios da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL).

Inúmeras visitas técnicas são geradas devido a reclamações de falta de conectividade ou baixo alcance em relação a residência, gerando um custo considerável para a companhia, além de ocorrer divergências sobre qual o melhor tipo de configuração para os equipamentos existentes ou a eficiência de buscar um melhor posicionamento dos equipamentos.

1.2 Organização

Este trabalho organizará uma proposta de estudo para a análise de desempenho e eficiência de redes Wi-Fi. O Capítulo 2 abordará os principais fundamentos para a elaboração do estudo, e o Capítulo 3 detalhará a proposta de estudos para os testes necessários na avaliação das redes Wi-Fi.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

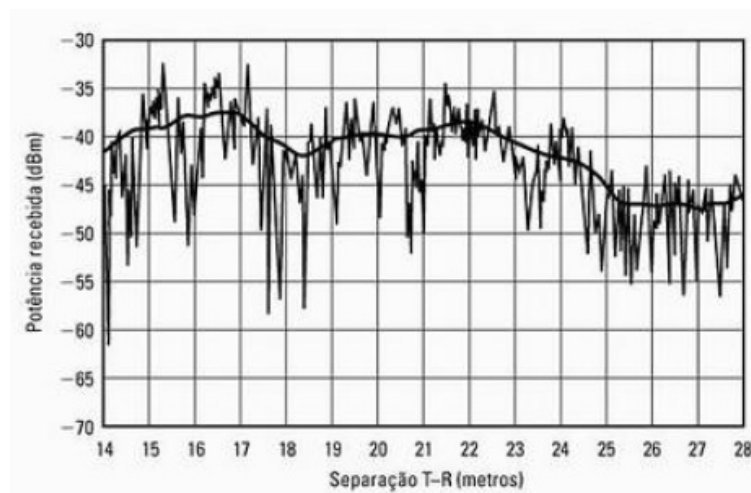
Este capítulo apresenta os fundamentos, conceitos e padrões necessários no desenvolvimento desta pesquisa. Primeiramente será abordada a maneira como um sinal é propagado e os fenômenos físicos que podem alterar sua propagação. Será também estudado como a absorção e interferência influenciam no sinal. Após isso será analisado como as redes WLAN estão padronizadas e definidas no padrão IEEE 802.11, em suas camadas físicas e de controle de acesso ao meio. E por fim, será considerado alguns parâmetros para medir a qualidade de uma rede WLAN.

2.1 Propagação do Sinal

As redes sem fio possuem limitações físicas que afetam a transmissão do sinal. O caminho que o sinal percorre desde o emissor até chegar ao seu destino pode variar de uma simples visada direta (*Line-Of-Sight* (LOS)) até uma transmissão com bastante multitrajetos sem visada direta (*Non-Line-Of-Sight* (NLOS)), obstruído por prédios, montanhas e folhagens (RAPPAPORT, 2009). A circulação de pessoas é outro fator a ser considerado. Segundo Nogueira (2013), os movimentos de pessoas criam sombras importantes (até -21dB de diferença com a média) e imprevisíveis.

De acordo com Rappaport (2009), existem mecanismos diversos por trás da propagação da onda eletromagnética, mas geralmente podem ser atribuídos à reflexão, à difração e à dispersão. Devido a esses fenômenos, o sinal transmitido muitas vezes atinge o receptor por mais de um caminho, resultando em um fenômeno conhecido como desvanecimento de multipercurso. Na Figura 1, é possível notar a variação da intensidade do sinal em função da distância.

Figura 1 – Desvanecimento em redes sem fio



Fonte: Rappaport (2009)

Para entender melhor a propagação de sinais, primeiramente será analisado o comportamento de um sinal transmitido sem obstáculo. Posteriormente, serão analisados o efeito de multipercurso e os fenômenos físicos que o causam, como reflexão, difração e reflexão.

2.1.1 Propagação no Espaço Livre

Os modelos de propagação são esboçados para prever a potência média de um sinal recebido. O modelo de propagação no espaço livre, embora não seja o objeto deste estudo, ajuda a compreender o conceito básico de transmissão de sinais. A equação de Friis, que descreve este modelo, é representado na Equação 2.1:

$$Pr(d) = Pt \cdot \left(\frac{c}{4 \cdot \pi \cdot d \cdot f} \right)^2 \quad (2.1)$$

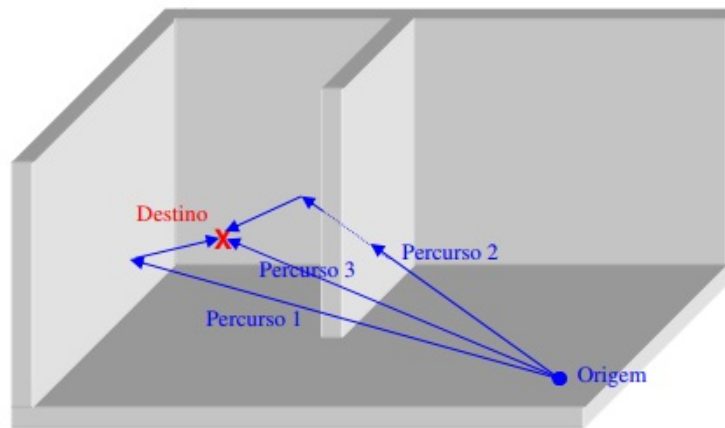
A equação de Friis mostra a relação inversa que existe entre a distância do transmissor ao receptor e a potência recebida. A potência recebida cai com o quadrado da distância de separação entre transmissor e receptor. Isso implica que a potência decai a uma taxa de 20 dB/década. A equação também mostra que quanto maior a frequência, maior a atenuação sofrida no percurso.

2.1.2 MultiPercurso

Uma transmissão de uma rede sem fio, em modelos simples de propagação, é modelada em uma transmissão direta entre o transmissor e o receptor, sem nenhum obstáculo neste meio.

Porém a propagação de sinais, principalmente em ambientes fechados, não ocorre de uma única forma, surgindo a necessidade de se estudar a propagação em ambientes fechados, pois frequentemente o sinal é obstruído por uma parede, janela, móveis ou até pessoas. A Figura 2 mostra um exemplo típico de como isso pode ocorrer em uma residência.

Figura 2 – Exemplo de ocorrência de MultiPercurso



Fonte: Najnudel (2004)

Entretanto, estes múltiplos caminhos possuem como principais efeitos as mudanças rápidas na intensidade do sinal, a modulação de frequência aleatória e a dispersão de tempo causada por atrasos de propagação (RAPPAPORT, 2009).

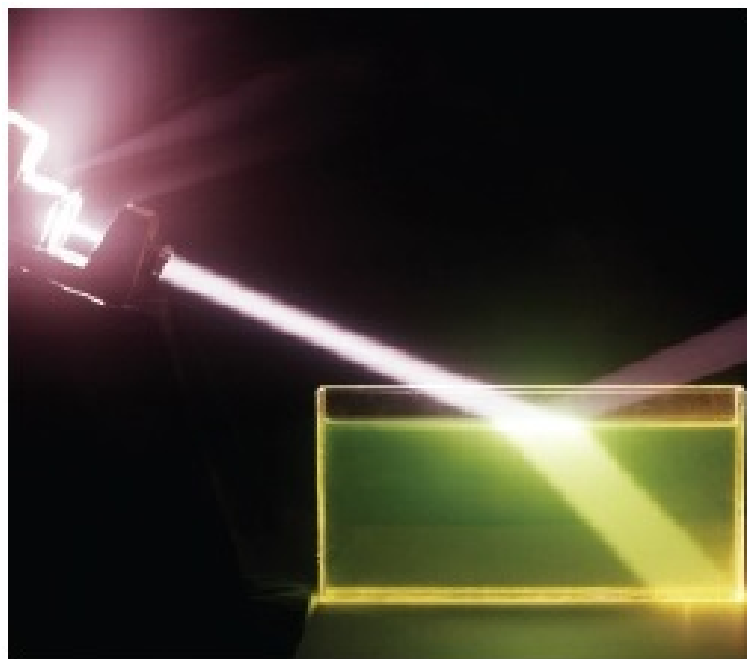
O efeito de multipercurso é causado basicamente por três fenômenos físicos: à reflexão, à difração e o espalhamento. Esses fenômenos permitem que um sinal atinja um destino por diferentes percursos, além do percurso direto LOS, quando este existe. A seguir será estudado sobre cada um desses fenômenos.

2.1.2.1 Reflexão

É comum percebermos os efeitos da reflexão em relação à luz visível. Ao nos observarmos no espelho ou vidro, em uma superfície de metal ou na água, podemos ver a nossa própria imagem refletida

nestes objetos ou corpos. O mesmo ocorre com as ondas eletromagnéticas, que possuem comportamentos semelhantes ao da luz visível. Um desses comportamentos é a reflexão, que ocorre quando uma onda que se propaga em um meio colide em outro tipo de meio. A Figura 3 ilustra o que ocorre quando há o contato com outro meio. Quando há este contato, uma parte da onda é refletida e outra é transmitida (RAPPAPORT, 2009).

Figura 3 – Reflexão de uma onda ao se incidir com outro meio



Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2008)

A reflexão explica porque o efeito de multipercurso é um aspecto tão importante a ser estudado em redes sem fio. Para as ondas eletromagnéticas, os principais tipos de superfícies reflexivas são metal e água (FLICKENGER, 2009). Na frequência de 2.4 GHz, uma grade de metal de um centímetro terá o mesmo efeito que uma placa de metal. Também é impossível de calcular e prever com precisão as reflexões que ocorrem quando o sinal entra em contato com a água, devido suas ondulações passando por constante mudanças (FLICKENGER, 2009).

Isso é um comportamento a ser levado em conta principalmente em ambientes fechados, pois em uma residência é possível encontrar diversos objetos pequenos de metal. Também é comum encontrar residências em que tubulações de água, como de banheiro ou cozinha, ficam no meio do caminho entre o roteador e algum local que o usuário deseja usar a rede sem fio.

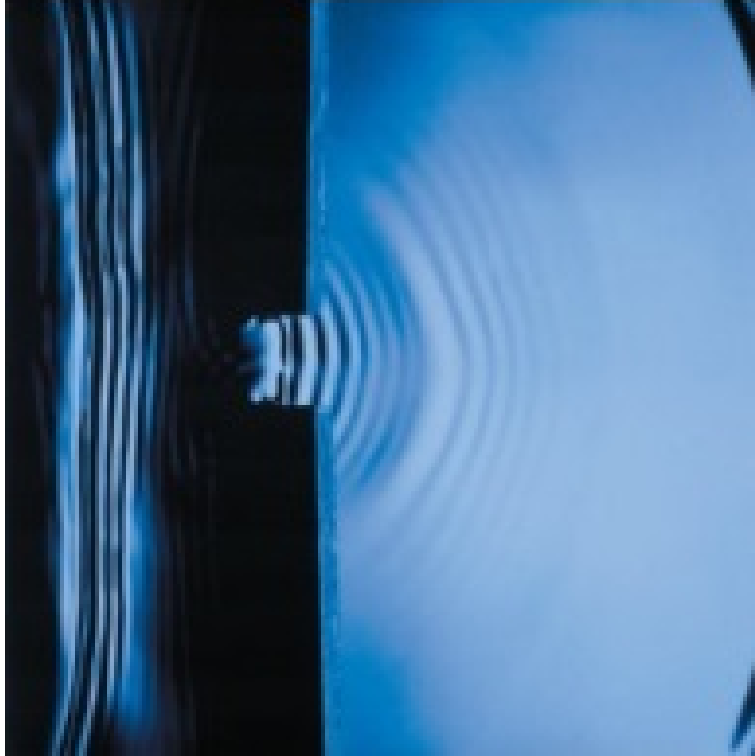
2.1.2.2 Difração

Segundo Flickenger (2009), a difração é a aparente flexão de ondas ao atingir um objeto ou o efeito de “ondas que passam por cantos”. A difração permite que ondas eletromagnéticas se propaguem ao redor da superfície curva da terra e por trás de obstruções (RAPPAPORT, 2009). O princípio de Huygen afirma que todos os pontos de uma frente de onda se comportam como fontes pontuais de ondas secundárias. Depois de um intervalo de tempo, a nova posição da frente de onda é dada por uma superfície tangente a essas ondas secundárias (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2008).

A Figura 4 ajuda a entender este fenômeno. Uma onda de água viajando em uma frente de onda reta, similar a de uma praia, é colocada contra um obstáculo que possui uma abertura estreita. A partir

desta abertura, uma onda circular começará e alcançará pontos que não estão em uma linha direta atrás desta abertura (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2008).

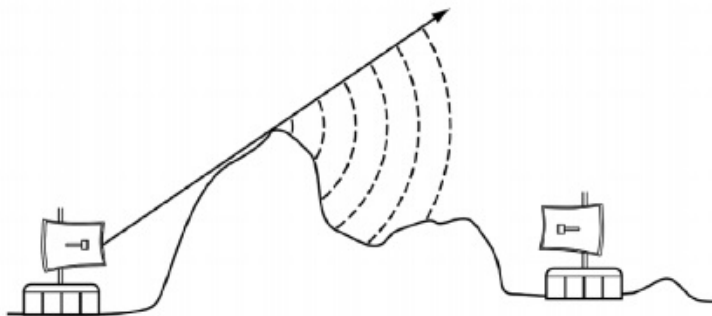
Figura 4 – Difração por uma fenda estreita



Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2008)

Porém este fenômeno não ocorre apenas com aberturas, podendo ocorrer com cantos ou fendas de superfícies e objetos. Na faixa de frequência de microondas, com um comprimento de onda na ordem de centímetros, os efeitos da difração ocorrem quando as ondas atingem as paredes, os picos das montanhas e outros obstáculos (FLICKENGER, 2009). Na Figura 5, o efeito da difração é observado ao atingir o pico de uma montanha, o qual mudou a propagação da onda eletromagnética.

Figura 5 – Difração no topo montanha



Fonte: Flickenger (2009)

Segundo Flickenger (2009), a difração ocorre ao custo da energia do sinal: a energia da onda difratada é significativamente menor do que a da frente de onda que causou a difração. Mas em algumas

aplicações específicas, é possível tirar benefício da difração para contornar obstáculos e alcançar regiões sem visada direta.

2.1.2.3 Dispersão

Outro fenômeno que influencia na propagação de sinal é a dispersão, ou espalhamento. A dispersão ocorre quando uma onda de rádio incide sobre um objeto cujo tamanho é muito pequeno em relação ao comprimento de onda, porém ao invés de refletir o sinal em uma única direção, espalha a sua energia em todas as direções (NAJNUDEL, 2004). De acordo com Rappaport (2009), um sinal pode ser dispersado ao se chocar com uma superfície áspera. Objetos como postes e árvores tendem a dispersar a energia em todas as direções, oferecendo energia de rádio adicional em um receptor.

2.2 Absorção

Nas seções anteriores foi citado que quando há o contato de uma onda eletromagnética com outro meio, uma parte da onda é refletida e outra parte dela é transmitida. Porém uma determinada parte da energia da onda é absorvida pelo meio que ela colidiu. Isto depende da frequência da onda transmitida e do material de contato. Um exemplo prático de como isso ocorre é o vidro. Um vidro transparente deixa passar toda a luz visível, enquanto o vidro usado em óculos de sol absorve uma parte da intensidade da luz e uma parte da radiação ultra violeta (FLICKENGER, 2009).

Os dois principais materiais absorventes são metal e água (REX, 2017). Segundo Flickenger (2009), em redes sem fio ideais, a água e o metal podem ser considerados os absorventes perfeitos, não deixando as ondas na faixa de frequência de microondas passar, assim como uma parede de tijolos bloqueia a iluminação do sol. Em metais, os elétrons podem se mover livremente, sendo capazes de absorver a energia de uma onda. Os metais podem ser encontrados em locais inesperados, como paredes ou em camadas finas de vidros coloridos. A água também pode estar na forma de chuva, neblina ou névoa. Segundo Najnudel (2004), a grande incidência de chuvas eleva a umidade local e este efeito natural causa maior perda de potência de sinal quando o mesmo se propaga ao longo de um ambiente carregado de umidade, pois faz que aumente o coeficiente de absorção do mesmo. Sendo assim, objetos úmidos causam uma perda de penetração de 10% maior em relação aos mesmos secos.

Os humanos são em grande parte feito de água. No que diz respeito a redes sem fio, podemos ser considerados como uma fonte de absorção do sinal. Ao planejar a instalação de uma rede sem fio, é interessante que se evite que o sinal passe através de muitas pessoas, principalmente se tratando de locais com grande circulação, como escritório, *hot-spots*, bibliotecas e instalações ao ar livre (FLICKENGER, 2009).

2.3 Interferência

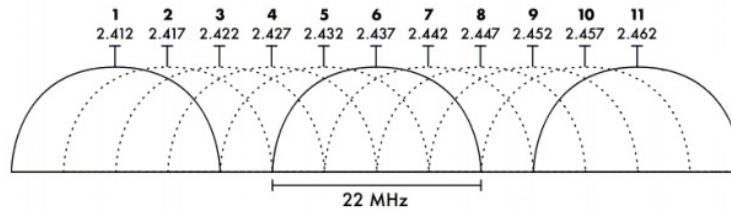
As WLAN, operam em faixas do espectros de frequência não licenciados. Essas faixas de frequências especiais foram liberadas pelos órgãos reguladores (*International Telecommunications Union (ITU)*) e nenhuma licença é exigida para seu uso (MONTEBELLER, 2011). Essas faixas são livres, sem necessidade de licença especial para sua operação, apenas sendo limitados os dispositivos que operam nessa frequência quanto a potência e largura de banda (ROCHOL, 2018).

Essa característica afeta as transmissões da rede sem fio, pois o meio não é exclusivo de uma transmissão, mas compartilhado com outros dispositivos, e de protocolos diferentes, que utilizam a mesma faixa de frequência. Isso é a principal causa de interferência. De acordo com Flickenger (2009), interferência pode ser definida como qualquer perturbação através de outras fontes de Radiofrequência (RF), qualquer

ruído que pode entrar no caminho da propagação, por exemplo de canais vizinhos ou concorrentes fornecedores.

Em redes WLAN a interferência também pode ser originada de outras redes WLAN. Conforme definido no padrão 802.11, a rede é composta por 11 canais com largura de banda de 22 MHz. Porém cada canal é separado por uma distância de 5MHz, o que torna muito provável a existência de uma interferência co-canal. A Figura 6 mostra o espaçamento e a interferência entre esses canais.

Figura 6 – Canais no Espectro de Frequência



Fonte: Goron (2013)

2.4 Padrão IEEE 802.11

Diferentes padrões e tecnologias de redes sem fio surgiram nos últimos anos para acomodar a quantidade de aplicações que foram surgindo. Foram criados padrões para as redes celulares de larga cobertura, para as WLAN, até as redes *Personal Area Networks* (PAN), usadas na comunicação de equipamentos pessoais, como *Personal Digital Assistants* (PDA), câmeras digitais, computadores e celulares (RUBINSTEIN; REZENDE, 2002). O IEEE, em 1997, apresentou uma versão atualizada da principal norma, a “*WLAN MAC and Physical Layer (PHY) Specifications*”, ou 802.11, que regulamenta o mundo das WLAN (MAIA et al., 2000).

Como um dos objetivos desejados do projeto IEEE 802.11 era fornecer serviços compatíveis com as redes cabeadas IEEE 802.3 (*Ethernet*), as discussões e padronizações relativas às WLANs concentraram-se principalmente nas camadas inferiores do modelo OSI (FERREIRA et al., 2007). A relação das camadas do padrão IEEE 802.11 relacionadas com as camadas do modelo OSI é descrito na Figura 7.

A seguir será abordado sobre as especificações das camadas física e de controle de acesso ao meio (MAC) definidos neste padrão.

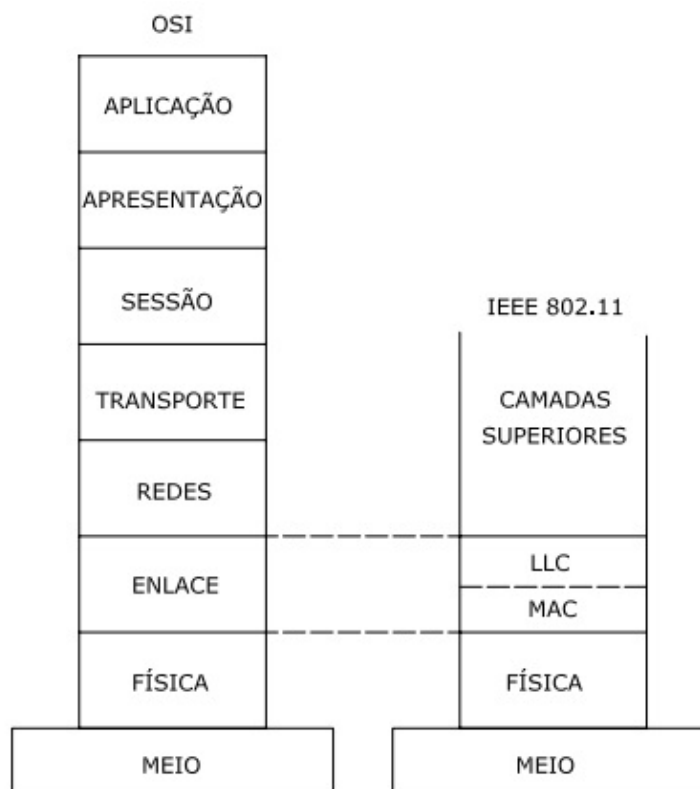
2.4.1 Camada Física

Segundo Ferreira et al. (2007) as principais funções da camada física são:

- Codificação e decodificação de sinais;
- Recepção e transmissão de bits;
- Especificações do meio de transmissão

Os padrões definidos por esta camada física são transmissões por infra-vermelho ou por rádio-frequência, através de técnicas como *Frequency Hopping Spread Spectrum* (FHSS), *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS) e *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM).

Figura 7 – Relação do modelo OSI com modelo IEEE 802.11



Fonte: Ferreira et al. (2007)

A Tabela 1 mostra como essas técnicas são usadas por cada um dos padrões. É possível notar que a partir do padrão 802.11g, a técnica de modulação usada foi a OFDM, devido as maiores taxas que essa técnica permite alcançar.

Tabela 1 – Camada física nos Padrões 802.11

Padrão	Ano	Frequência de Operação GHz	Taxa Máxima de Transmissão Mbps	Largura do Canal MHz	Modularização
802.11	1997	2.4	2	22	DHSS, FHSS
802.11a	1999	5	54	20	OFDM
802.11b	1999	2.4	11	22	DSSS
802.11g	2003	2.4	54	20	OFDM, DSSS
802.11n	2009	2.4/5	150	20-40	OFDM
802.11ac	2013	5-5.8	866	20-40-80-160	OFDM

Fonte – Figueiredo (2015)

A técnica OFDM utiliza diversas portadoras ortogonais entre si para transmitir uma informação. Nesta técnica, a largura de banda utilizável é subdividida em pequenas faixas, onde subportadoras em diferentes frequências são utilizadas para transmitir simultaneamente a informação. Cada subportadora transporta apenas alguns bits da informação original, após passar pelos processos de embaralhamento e incluir códigos de correção de erro. Antes do surgimento do padrão IEEE 802.11n, a técnica OFDM era baseada em apenas 52 subportadoras que operavam em canais de 20 MHz de largura de banda. As alterações mais recentes dessa tecnologia, utilizadas no padrão IEEE 802.11n, acrescentam mais subportadoras para serem transmitidas em canais de maior largura de banda, de 40 MHz (BARROS,

2016).

2.4.2 Camada MAC

Os dispositivos conectados a rede WLAN compartilham o mesmo meio de acesso físico. Segundo Maia et al. (2000), a camada MAC corresponde aos algoritmos e técnicas empregadas para que o acesso ao meio seja realizado da maneira mais eficiente possível.

A camada MAC do 802.11 define dois tipos de funções de acesso ao meio: a função de coordenação distribuída *Distributed Coordination Function* (DCF), que é obrigatória, e a função de coordenação em um ponto *Point Coordination Function* (PCF), que é opcional. Devido este último ser implementado em poucos dispositivos, esta seção focará apenas no DCF.

O DCF é um mecanismo obrigatório para acesso ao meio no padrão 802.11. Ele realiza essa coordenação através de um acesso múltiplo com detecção de portadora evitando colisões (CSMA/CA).

Um protocolo CSMA opera da seguinte maneira: uma estação para transmitir, deve escutar o meio. Se ao escutar o meio, a estação perceber que ela está ocupada, então o transmissor adia o envio da mensagem para outro momento. No algoritmo para evitar colisões (CSMA/CA), a estação deve verificar se o meio está livre por um período de tempo. Caso esteja, ela pode transmitir um quadro e deve aguardar um aviso de recebimento pelo receptor. Caso esse aviso não chegue em um tempo determinado, o transmissor realiza novamente a transmissão do quadro em outro momento (FOROUZAN, 2009). A Figura 8 mostra o fluxograma do funcionamento deste protocolo.

O DCF pode utilizar pedidos e permissões para transmitir dados (*Request To Send* (RTS) e *Clear To Send* (CTS)), o que evita o problema de nós escondidos. A Figura 9 permite mostrar o problema do nó escondido. Nesta rede, a estação B pode estar enviando um dado para a estação A ao mesmo tempo que a estação C também deseja enviar. Todavia, como a transmissão da estação B não alcança a estação C, este pensa que o meio está livre. Neste caso, C inicia sua transmissão, o que resulta na colisão em A devido a esta estar recebendo dados de B e C ao mesmo tempo (FOROUZAN, 2009).

Esse problema é resolvido utilizando quadros de controle para reservar o meio. Uma estação, quando deseja transmitir, verifica se o meio está livre e envia um pequeno quadro de controle chamado RTS, que carrega uma estimativa do tempo de transmissão. A estação de destino em resposta envia um quadro de controle CTS avisando que está pronta para receber os dados. Todas as outras estações, ao receberem um pacote RTS ou CTS, adiam suas tentativas de transmissões para depois do intervalo de tempo reservado. A Figura 10 mostra o fluxo na transmissão destes pacotes no tempo.

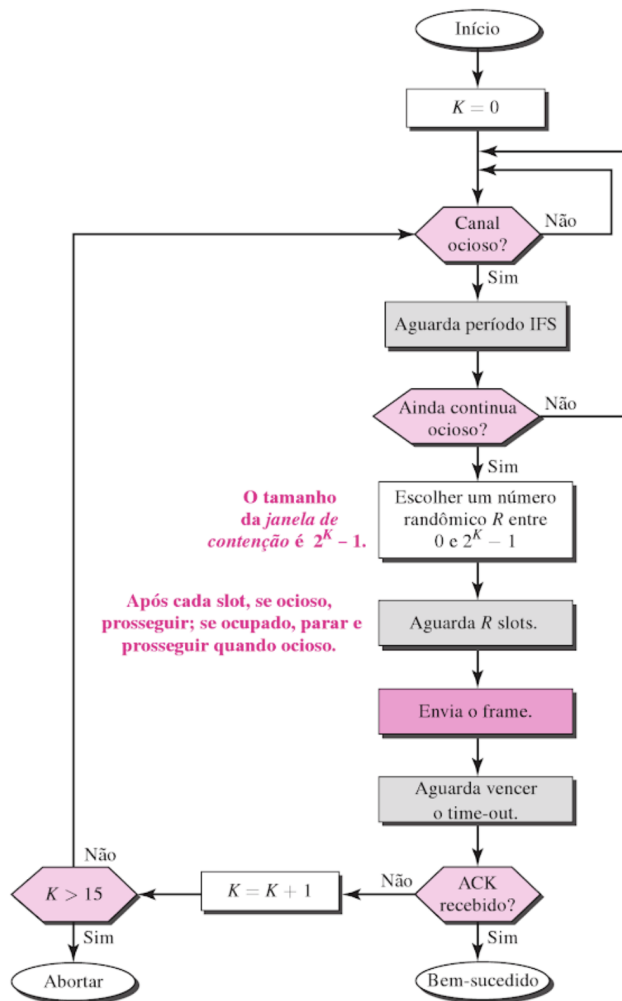
2.5 Parâmetros de uma WLAN

Esta seção apresenta alguns dos parâmetros que podem ser mensuráveis e que possuem relação direta com a qualidade percebida da rede sem fio.

2.5.1 Throughput

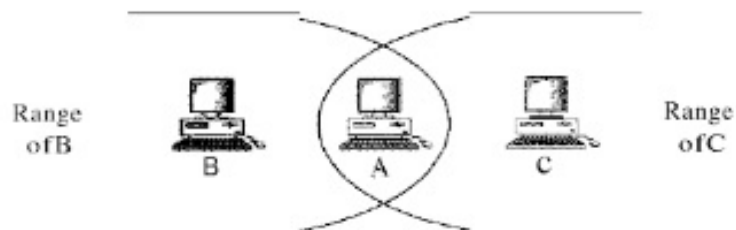
Throughput, ou taxa de transferência, é o termo dado à capacidade de transferência de dados em uma rede. É normalmente fornecida nas escalas de bits por segundo. Cada padrão dentro do protocolo 802.11 possui uma taxa máxima de transferência, conforme mostrado na Tabela 1. Porém, esta é uma taxa máxima, e pode ser influenciada pela potência do sinal recebida, pela quantidade de usuários compartilhando a mesma rede, pelo uso do espectro por outras redes sem fio, entre outros motivos.

Figura 8 – Fluxograma Protocolo CSMA/CA



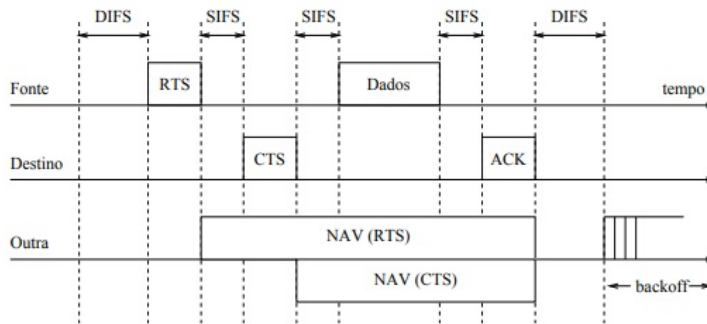
Fonte: Forouzan (2009)

Figura 9 – Problema do nodo escondido



Fonte: Forouzan (2009)

Figura 10 – Esquema básico de acesso no DCF com uso de RTS e CTS



Fonte: Rubinstein e Rezende (2002)

2.5.2 Atraso

O atraso, ou latência, é o tempo que leva para um pacote ser enviado pelo transmissor e chegar ao receptor. Embora esteja diretamente relacionada a taxa de transferência, esse parâmetro é especialmente importante pelo contexto de aplicações que exigem uma baixa latência, como *streaming*, chamadas multimídia e jogos online.

2.5.3 Perda de Pacotes

A taxa da perda de pacotes de redes é uma medida interessante para análise da rede sem fio. Com ela, é possível dizer quantos pacotes do total de pacotes enviados efetivamente foram recebidos pelo receptor. Este é um fator a ser levado em conta devido ao meio em que os pacotes são transmitidos. A interferência pode acarretar em colisões de pacotes ou até mesmo corromper alguns deles, o que fará o roteador descartá-lo devido a não integridade da mensagem.

2.5.4 Alcance

O alcance de uma rede é muito importante, pois determina o quão longe o receptor pode estar do transmissor e mesmo assim permanecer conectado. Embora aparelhos transmissores, operando com o mesmo protocolo e na mesma faixa de frequência sofram os mesmos efeitos da propagação de sinal, o alcance pode variar por alguns motivos. Entre esses motivos, é possível citar a potência de transmissão, a antena utilizada, a disposição desta do equipamento, além do limiar de sensibilidade desta para receber sinais.

Uma forma comum de se analisar o alcance de uma rede é através da potência do sinal. Cada rede sem fio possui limites mínimos de potência para operar, porém deve estar em níveis específicos para que toda a capacidade seja atingida (FLICKENGER, 2009).

3 METODOLOGIA

Esta seção tem por objetivo descrever a proposta de trabalho para a análise e desempenho de uma rede wifi.

3.1 Proposta

A proposta de trabalho é realizar uma sequência de testes com 3 modelos de EMTAs de grande circulação em Florianópolis. Esses testes poderão ser realizadas em uma residência, no próprio IF-SC ou nas dependências de uma empresa privada. Em cada bateria, será alterado parâmetros do tipo:

- Configurações do Roteador
- Obstáculos
- Superfície de fixação do roteador e campo próximo

Cada um destes parâmetros será alterado e tabulado para comparação entre si.

3.1.1 Configurações do Roteador

A configuração de um roteador pode alterar significativamente a navegação do usuário na internet. Tendo em vista isso, as seguintes configurações serão alteradas e por consequência analisadas quanto a influência na qualidade do sinal:

- Configuração de Canal Fixo - Será alterado a configuração do canal para fixa, e colocado em um espectro que possua a menor interferência possível no momento. Após isso, outro roteador próximo será colocado no mesmo canal para analisar o quanto afeta na navegação.
- Configuração de Canal Automático - A configuração do roteador será ajustada para automática. Ao iniciar, espera-se que ele ocupe o canal de menor interferência. Após isso, serão colocados outros roteadores em canais adjacentes para analisar a eficácia do algoritmo de seleção de frequência.
- Configuração de Largura de Banda - Será alterada a largura de banda de Canal entre as configurações de 20MHz, 40MHz, e automático.
- Potência de Saída - Será ajusta a potência de saída do roteador. Embora isso possa resultar num menor alcance, será verificado se esta alteração resultará em uma maior qualidade de conexão para usuários próximos.

3.1.2 Obstáculos

Um ambiente residencial é composto por diversos materiais que podem dificultar a propagação do sinal. Será analisado a influência de cada um desses para a conexão da rede sem fio. Entre os obstáculos que serão analisados, é possível destacar:

- Parede de Tijolo
- Parede com tubulação de Água

- Madeira
- Vidros e Espelho
- Metal

3.1.3 Superfície

A superfície e o campo próximo onde o roteador é colocado pode alterar a irradiação do sinal. Para isso, o roteador será colocado em diferentes superfícies e analisado o alcance da rede sem fio. As superfícies que serão colocadas são:

- Madeira
- Vidro
- Metal
- Concreto

3.2 Cronograma

Para o desenvolvimento deste trabalho, a Tabela 2 abaixo foi esboçada para a realização das atividades.

Tabela 2 – Cronograma de Atividades

Itens	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Definição de Metodologia de Estudo	✓						
Elaboração de Pré-Projeto	✓						
Revisão Bibliográfica e Estudo da Base Teórica	✓	✓	✓				
Apresentação de Pré-Projeto	✓						
Simulações em bancada com alterações de Configuração			✓	✓	✓		
Simulações em bancada com alterações de superfície			✓	✓	✓		
Simulações em bancada com alterações de obstáculos			✓	✓	✓		
Compilação de Dados				✓	✓	✓	
Escrita do TCC				✓	✓	✓	✓
Apresentação Final do TCC							✓

REFERÊNCIAS

- BARROS, J. J. R. *Efeitos da Interferência gerada por Fornos de Micro-ondas nas Redes sem fio IEEE 802.11 b/g/n*. Dissertação (Mestrado) — Instituto Federal de Ciência, Tecnologia e Educação - Paraíba, 2016. Citado na página 24.
- ELETROS. *Com empurrão da Netflix e do YouTube, Smart TVs ganham a preferência do consumidor*. 2017. Disponível em: <<http://www.eletros.org.br/lenoticia.php?id=232>>. Citado na página 13.
- FERREIRA, D. M. et al. Minimização do efeito de anomalia em redes ieee 802.11 usando snr para controlar o cw. [sn], 2007. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 23.
- FERREIRA, L.; MONTANHA, G. K. Interferência de sinal wi-fi em função de tipos de barreiras. *Tekhne e Logos*, v. 8, n. 2, p. 73–81, 2017. Citado na página 14.
- FIGUEIREDO, D. A. Análise da segurança de redes wi-fi através de teste de penetração em instituições de ensino superior de belo horizonte. *Projetos e Dissertações em Sistemas de Informação e Gestão do Conhecimento*, v. 4, n. 1, 2015. Citado na página 23.
- FLICKENGER, R. *Wireless Networking in the Developing World: A Practical Guide to Planning and Building*. University Press of Florida, 2009. ISBN 9781616100872. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=TXJ6tgAACAAJ>>. Citado 4 vezes nas páginas 19, 20, 21 e 26.
- FOROUZAN, B. *Comunicação de Dados e Redes de Computadores*. McGraw Hill Brasil, 2009. ISBN 9788563308474. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=FIaDr9ZtwXgC>>. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 25.
- GORON, L. P. Avaliação de desempenho e interferências em redes wi-fi. 2013. Citado na página 22.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de física: volume 4 : óptica e física moderna*. LTC, 2008. ISBN 9788521616085. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=6cd6PgAACAAJ>>. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.
- IBGE. *Acesso a Internet e a Televisão e Posse de Telefone Móvel Celular para Uso Pessoal*. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2018. Citado na página 13.
- MAIA, W. L. G. et al. Um estudo de viabilidade de links de rádio frequência para integração de redes de computadores na ufacnet e região do acre. Florianópolis, SC, 2000. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 24.
- MONTEBELLER, S. *Sensores sem fios - Avaliação e Emprego na Automação de Sistemas Prediais*. BIBLIOTECA 24 HORAS, 2011. ISBN 9788578938055. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=bYsx1luINB4C>>. Citado na página 21.
- NAJNUDEL, M. Estudo de propagação em ambientes fechados para o planejamento de wlans. *Rio de Janeiro*, v. 136, 2004. Citado 4 vezes nas páginas 13, 14, 18 e 21.
- NOGUEIRA, E. M. B. *Conceiving a antenna system for a real-time locating system applied to wireless sensor networks*. Tese (Theses) — Université de Grenoble, dez. 2013. Disponível em: <<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00981583>>. Citado na página 17.
- RAPPAPORT, T. *Comunicações sem fio: princípios e práticas*. PRENTICE HALL BRASIL, 2009. ISBN 9788576051985. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=I__2HPgAACAAJ>. Citado 4 vezes nas páginas 17, 18, 19 e 21.
- REX, R. *Análise de desempenho de redes sem fio ponto-a-ponto com diferentes protocolos do tipo IEEE 802.11*. Dissertação (B.S. thesis) — Univates, 2017. Citado na página 21.
- ROCHOL, J. *Sistemas de Comunicação sem Fio: Conceitos e Aplicações*. [s.n.], 2018. (Série Livros Didáticos Informática UFRGS). ISBN 9788582604564. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=QD1NDwAAQBAJ>>. Citado na página 21.
- RUBINSTEIN, M. G.; REZENDE, J. F. Qualidade de serviço em redes 802.11. *XX Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores (SBRC2002)*, p. 26, 2002. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 26.