

**INSTITUTO  
FEDERAL**  
Ceará

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ**  
**IFCE CAMPUS TAUÁ**  
**GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EM TELEMÁTICA**

**LEONARDO FEITOSA NOGUEIRA**

**TÍTULO DO TRABALHO**

**TAUÁ – CEARÁ**  
**2019**

---

---

LEONARDO FEITOSA NOGUEIRA

TÍTULO DO TRABALHO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao curso de Tecnologia em Telemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE – *Campus Tauá* como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Telemática.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Rafael Vasconcelos Guimarães

Coorientador: Prof. Kilbert Amorim Maciel

TAUÁ – CEARÁ

2019

*Deve ser gerada através do preenchimento do Formulário Eletrônico de Elaboração da Ficha Catalográfica, disponível no link:  
[http://www.uece.br/biblioteca/index.php/entrega-de-trabalho.](http://www.uece.br/biblioteca/index.php/entrega-de-trabalho)*

X000x Sobrenome, Nome do 1º autor. (citado na folha de rosto)  
Título principal: subtítulo./Nome completo do 1º autor,  
Nome completo do 2º autor, Nome completo do 3º autor;  
orientação [de]. – Local: ano.  
Nº de folhas.: il.(se houver ilustração); 30 cm.

Inclui bibliografias: f.(nº da folha em que se encontra)  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em) –  
Universidade Estadual do Ceará – (UECE).

1. Assunto. 2. Assunto. 3. Assunto. I. Sobrenome, Nome do  
2º autor. II. Sobrenome, Nome do 3º autor. III. Sobrenome,  
Nome do orientador (orient.). IV. Universidade Estadual do  
Ceará – UECE. V. Título.

CDU

---

---

## ERRATA

FERRIGNO, C. R. A. **Tratamento de neoplasias ósseas apendiculares com reimplantação de enxerto ósseo autólogo autoclavado associado ao plasma rico em plaquetas: estudo crítico na cirurgia de preservação de membro em cães.** 2011. 128 f. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

<b>Folha</b>	<b>Linha</b>	<b>Onde se lê</b>	<b>Leia-se</b>
1	10	auto-conclavo	autoconclavo

---

---

**LEONARDO FEITOSA NOGUEIRA**

**TÍTULO DO TRABALHO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao curso de Tecnologia em Telemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE – *Campus* Tauá como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Telemática.

Aprovado em:

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Francisco Rafael Vasconcelos Guimarães (Orientador)  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE

---

Prof. Kilbert Amorim Maciel (Coorientador)  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE

---

Membro da Banca Dois  
Universidade do Membro da Banca Dois - SIGLA

---

Membro da Banca Três  
Universidade do Membro da Banca Três - SIGLA

---

Membro da Banca Quatro  
Universidade do Membro da Banca Quatro - SIGLA

À minha família, por sua capacidade de acreditar em mim e investir em mim. Mãe, seu cuidado e dedicação foi que deram a motivação para seguir em frente. Pai, sua presença significou segurança e certeza de que não estou sozinho nessa caminhada.

---

---

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitário, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

Aos meus pais, Antonia e Valdir, pelo amor, incentivo e apoio incondicional em toda a minha caminhada!

A minha irmã, Lara, pelo simples fato de existir!

A todos os meus amigos de dentro e de fora da sala de aula, um muito obrigado por todas as vezes que estiveram ao meu lado, pois juntos compartilhamos momentos difíceis mas também momentos incríveis. E a todos que participaram direta ou indiretamente da minha vida acadêmica.

A esta instituição, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, centrado pela confiança no mérito e ética aqui presentes.

A todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional e cidadã, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais, sem nomear, terão os meus eternos e sinceros votos de agradecimento.

Por último, mas não menos importante, agradeço ao meu orientador e coorientador pela paciência, pela dedicação, por nunca terem desistido de mim. E acima de tudo, pelo incentivo, pois muitas vezes foi o empurrão de que precisava.

“É melhor lançar-se à luta em busca do triunfo mesmo expondo-se ao insucesso, que formar fila com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito; E vivem nessa penumbra cinzenta sem conhecer nem vitória nem derrota.”

(Franklin Roosevelt)

---

---

## RESUMO

Em Pelas Ondas do Rádio: Cultura Popular, Camponeses e o MEB analisa a participação de camponeses do nordeste brasileiro no Movimento de Educação de Base. A perspectiva da tese é a de demonstrar como os trabalhadores envolvidos com as escolas radiofônicas elaboraram ações para manutenção e reprodução da escola em sua comunidade, visando obter os benefícios necessários à reprodução e melhoria de seu modo de vida. A partir de representações políticas e culturais singulares, dentre as quais vigoraram: um sentido para escola, um papel para o sindicato e para participação política, preceitos do direito de uso da terra e dos direitos do trabalho, assim como, sentidos múltiplos para o uso do rádio como meio de comunicação, informação e lazer, os camponeses do MEB, foram coadjuvantes da proposição católica modernizadora de inícios de 1960. Isto posto, demarca que a ação do camponês nordestino e seu engajamento político, seja no MEB, nos sindicatos rurais, nas Juventudes Agrárias Católicas (JAC's), no MCP, e nas mais diversas instâncias dos movimentos sociais do período, não se apartaram do processo modernizador. Neste sentido, considera-se que a modernização brasileira foi pauta das instituições, organismos políticos e partidos, assim como, do movimento social, instância em que ela foi ressignificada a partir de elementos da vida material, que envolviam diretamente, no momento em questão, a problemática do direito a terra, do direito a educação e cultura e dos direitos do trabalho.

**Palavras-chave:** Redes sem fio. Wireless. Wi-Fi. Internet. Site survey.

---

---

## ABSTRACT

In this on the radio waves: popular culture, peasants and the Basic Education Movement we analyze the participation of peasants of the Brazilian northeastern region in the Basic Education Movement. The focus of this thesis is to demonstrate how the labors involved with broadcast schools have elaborated actions for maintaining and spreading the schools in their communities, in order to achieve the necessary means to improve their way of life. Peasants of the Basic Education Movement have been coadjvant of the modernizing catholic proposition of the early 1960s, by means of quite peculiar political and cultural representations. Some of these representations were: a meaning for the school, a role for the union and for the political participation, precepts of the land use rights and labor rights, and the multiple meanings of the radio as a mass communication, information and leisure medium. This study intends to stress that the actions – and the political enrollment – of the northeastern peasant could not ever be separated from the modernizing process. The connection can be observed in different social movements of the period, such as the Basic Education Movement, rural unions, the Catholic Agrarian Youth and the MCP. In this sense, we consider that, if the Brazilian modernization was a guideline for the institutions, political organisms and parties for the social movement, such a modernization was a guideline of demands based on elements of material life. Those elements included, by that time, the agrarian reform, the educational issue and labor urgencies.

**Keywords:** Adult education. Community schools. Peasants. Popular culture

---

---

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Suspendisse com-	modo lectus et augue elementum varius. . . . .	20
Figura 2 – Maecenas luctus augue odio, sed tincidunt nunc posuere nec . . . . .	21	
Figura 3 – Ut posuere, ex quis sagittis auctor, magna massa euismod felis . . . . .	22	
Figura 4 – Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Suspendisse com-	modo lectus et augue elementum varius. . . . .	24
Figura 5 – Maecenas luctus augue odio, sed tincidunt nunc posuere nec . . . . .	25	
Figura 6 – Propriedades de uma onda. . . . .	37	
Figura 7 – O espectro eletromagnético e a maneira como ele é usado na comunicação. .	38	
Figura 8 – As bandas ISM e U-NII. . . . .	39	
Figura 9 – Atenuação de uma onda devido a absorção. . . . .	40	
Figura 10 – Reflexão de ondas de rádio. . . . .	41	
Figura 11 – Sinais refletidos geram o multipercorso. . . . .	41	
Figura 12 – Difração no topo de uma montanha. . . . .	42	
Figura 13 – Refração. . . . .	43	
Figura 14 – Interferência de radiofrequênciia. . . . .	43	
Figura 15 – Interferência construtiva e destrutiva. . . . .	44	
Figura 16 – Desvanecimento lento e desvanecimento rápido. . . . .	45	
Figura 17 – Modelo de reflexão no solo com dois raios. . . . .	47	
Figura 18 – Elementos de uma rede Wi-Fi padrão. . . . .	52	
Figura 19 – Topologias de redes sem fio. (a) Modo de infraestrutura. (b) Modo <i>ad hoc</i> . .	53	
Figura 20 – Ponto de acesso da fabricante 3Com. . . . .	53	
Figura 21 – Exemplos de clientes sem fio. . . . .	54	
Figura 22 – Arquitetura típica de uma LAN IEEE 802.11. . . . .	54	
Figura 23 – Fluxograma para o processo completo do <i>Site Survey</i> . . . . .	59	
Figura 24 – Tela de <i>survey</i> do NetSpot. . . . .	61	
Figura 25 – Tela de principal do Ekahau HeatMapper. . . . .	62	
Figura 26 – Tela de geração de mapas de calor do Acrylic Wi-Fi Heatmaps. . . . .	63	
Figura 27 – Tela de geração de mapas de calor do VisiWave Site Survey. . . . .	64	

---

---

Figura 28 – Tela de geração de mapas de calor do AirMagnet Survey PRO. . . . .	64
Figura 29 – Tela principal do Xirrus Wi-Fi Inspector. . . . .	65

---

---

<b>LISTA DE TABELAS</b>	
Tabela 1 – Duis faucibus, enim quis tincidunt pellentesque, nisl leo varius nulla, vitae tempus dui mauris ac ante purus lorem . . . . .	22
Tabela 2 – Etiam molestie, nulla a egestas aliquet, velit augue congue metus . . . . .	23
Tabela 3 – Expoentes de perda de percurso para diferentes ambientes. . . . .	48
Tabela 4 – Valores de perda de penetração da parede para o modelo MWF para 5.8 GHz. . . . .	49
Tabela 5 – Resumo dos padrões IEEE 802.11. . . . .	57

Tabela 1 – Duis faucibus, enim quis tincidunt pellentesque, nisl leo varius nulla, vitae tempus dui mauris ac ante purus lorem . . . . .	22
Tabela 2 – Etiam molestie, nulla a egestas aliquet, velit augue congue metus . . . . .	23
Tabela 3 – Expoentes de perda de percurso para diferentes ambientes. . . . .	48
Tabela 4 – Valores de perda de penetração da parede para o modelo MWF para 5.8 GHz. . . . .	49
Tabela 5 – Resumo dos padrões IEEE 802.11. . . . .	57

---

---

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NASA                   *National Aeronautics and Space Administration*

LAN                   *Local Area Network*

WLAN                  *Wireless Local Area Network*

lauro cesar           este é o meu nome

---

---

## LISTA DE SÍMBOLOS

<i>Ae</i>	Área efetiva da antena
<i>B</i>	Largura de faixa em que o ruído é medido em Hertz
<i>d</i>	Distância em metros
<i>E</i>	Campo elétrico
<i>FA</i>	Fator da antena
<i>Gr</i>	Ganho de recepção
<i>h</i>	Altura efetiva ou comprimento efetivo de uma antena
<i>I</i>	Corrente elétrica
<i>k</i>	Constante de Boltzmann's
<i>K</i>	Eficiência de irradiação
<i>M</i>	Variação do patamar de ruído em função da RBW
<i>N</i>	Condutor de neutro
<i>NF</i>	Figura de ruído
<i>Ni</i>	Potência do ruído na entrada
<i>No</i>	Potência do ruído na saída
<i>P</i>	Potência
<i>R</i>	Resistência
<i>Si</i>	Potência do sinal na entrada
<i>So</i>	Potência do sinal na saída
<i>t</i>	Tempo
<i>V</i>	Tensão
<i>ZL</i>	Impedância da antena
<i>Zo</i>	Impedância de referência ( $50\Omega$ )
$\lambda$	Comprimento de onda
$\Gamma$	Coeficiente de reflexão

---

---

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	17
1.1	MOTIVAÇÃO . . . . .	19
1.2	OBJETIVOS . . . . .	19
1.2.1	Objetivo Geral . . . . .	19
1.2.2	Objetivos Específicos . . . . .	19
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA . . . . .</b>	20
2.1	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA A . . . . .	20
2.2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA B . . . . .	21
<b>3</b>	<b>TRABALHOS RELACIONADOS . . . . .</b>	24
3.1	TRABALHO RELACIONADO A . . . . .	24
3.2	TRABALHO RELACIONADO B . . . . .	25
<b>4</b>	<b>RESULTADOS . . . . .</b>	27
4.1	RESULTADOS DO EXPERIMENTO A . . . . .	27
4.2	RESULTADOS DO EXPERIMENTO B . . . . .	27
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS . . . . .</b>	28
5.1	CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO . . . . .	28
5.2	LIMITAÇÕES . . . . .	28
5.3	TRABALHOS FUTUROS . . . . .	29
<b>6</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	30
6.1	CONTEXTUALIZAÇÃO . . . . .	30
6.2	JUSTIFICATIVA . . . . .	31
6.3	OBJETIVOS . . . . .	34
6.4	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO . . . . .	34
<b>7</b>	<b>TRANSMISSÃO EM REDES SEM FIO . . . . .</b>	36
7.1	O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO . . . . .	36
7.2	EFEITOS DE PROPAGAÇÃO EM ONDAS ELETROMAGNÉTICAS . . . . .	39
7.2.1	Absorção . . . . .	40
7.2.2	Reflexão . . . . .	40
7.2.2.1	Multipercurso . . . . .	41
7.2.3	Difração . . . . .	42
7.2.4	Refração . . . . .	42

7.2.5	Interferência . . . . .	43
7.2.6	Desvanecimento ( <i>fading</i> ) . . . . .	44
7.3	<b>MODELOS DE PROPAGAÇÃO</b> . . . . .	45
7.3.1	Modelo de propagação no espaço livre . . . . .	46
7.3.2	Modelo de dois raios . . . . .	46
7.3.3	Modelo log-distância (log simplificado) . . . . .	47
7.3.4	Modelo de Okumura–Hata . . . . .	48
7.3.5	Modelo Multi–Wall-and–Floor . . . . .	49
<b>8</b>	<b>REDES WI-FI</b> . . . . .	50
8.1	<b>INTRODUÇÃO</b> . . . . .	50
8.2	<b>ELEMENTOS DE UMA REDE WI-FI</b> . . . . .	51
8.3	<b>TOPOLOGIAS DE LANS SEM FIO</b> . . . . .	52
8.4	<b>VISÃO GERAL DO SISTEMA WI-FI</b> . . . . .	53
8.5	<b>ARQUITETURA DA LAN SEM FIO 802.11</b> . . . . .	54
8.6	<b>PADRÃO IEEE 802.11</b> . . . . .	55
8.6.1	IEEE 802.11b . . . . .	55
8.6.2	IEEE 802.11a . . . . .	55
8.6.3	IEEE 802.11g . . . . .	56
8.6.4	IEEE 802.11n . . . . .	56
8.6.5	IEEE 802.11ac . . . . .	56
8.6.6	IEEE 802.11ax . . . . .	57
8.7	<b>PLANEJAMENTO/AVALIAÇÃO DE REDES WI-FI</b> . . . . .	58
8.8	<b>SITE SURVEY</b> . . . . .	58
8.8.1	Softwares de Site Survey . . . . .	60
8.8.1.1	NetSpot . . . . .	60
8.8.1.2	Ekahau HeatMapper . . . . .	61
8.8.1.3	Acrylic Wi-Fi Heatmaps . . . . .	62
8.8.1.4	VisiWave Site Survey . . . . .	63
8.8.1.5	AirMagnet Survey PRO . . . . .	64
8.8.1.6	Xirrus Wi-Fi Inspector . . . . .	65
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	66

## 1 INTRODUÇÃO

Em 1971, o sistema Aloha<sup>1</sup> estabeleceu e operou uma rede de dados terrestres (AlohaNet) no estado americano do Havaí. Em 1973, ao sofrer uma adaptação, o sistema Aloha usou um transponder acoplada em um satélite experimental da Agência Espacial Americana (NASA, do inglês, *National Aeronautics and Space Administration*) (ATS-1) para demonstrar uma rede internacional de dados via satélite conectando a NASA, na Califórnia, e cinco universidades nos Estados Unidos, Japão e Austrália, fornecendo a primeira demonstração pública de uma rede de dados por pacotes sem fio (ABRAMSON, 1970; SCHWARTZ; ABRAMSON, 2009). Também em 1973, a rede AlohaNet foi vinculada à ARPANet<sup>2</sup> (do inglês, *Advanced Research Projects Agency Network*) (ABRAMSON, 1970; SCHWARTZ; ABRAMSON, 2009).

Mesmo com limitações como largura de banda e tecnologia de transmissão, foi graças ao pioneirismo do sistema Aloha, que as redes de comutação sem fio, conhecidas como *wireless* ou ainda WLANs (do inglês, *Wireless Local Area Network*) surgiram como redes complementares às redes cabeadas tradicionais. Essa tecnologia de comunicação se desenvolveu devido à necessidade de implementação de um método alternativo de conexão que não privasse a movimentação do usuário a uma posição fixa durante uma transmissão/recepção de dados na rede. O tempo passou e a tecnologia evoluiu, deixou de ser restrito ao meio acadêmico e militar e se tornou acessível a empresas e ao usuário doméstico. Nos dias de hoje podemos pensar em redes *wireless* como uma alternativa bastante interessante em relação às redes cabeadas. Suas aplicações são muitas e variadas e o fato de ter a mobilidade como principal característica, tem facilitado a sua aceitação, principalmente nas empresas (FARIAS, 2005).

Com o advento de *notebooks*, *tablets*, *smartphones* e a promessa de acesso desimpedido à Internet global de qualquer lugar por meio das comunicações sem fio, a qualquer hora, assistimos a uma explosão semelhante da utilização de dispositivos sem fio para acesso à Internet em comparação aos telefones móveis, não só através da rede de telefonia móvel, agora plenamente possível, mas também por meio das redes Wi-Fi. O uso deste tipo de rede está se tornando cada vez mais comum, não só nos ambientes domésticos e corporativos, mas também em locais públicos (bares, lanchonetes, shoppings, aeroportos, etc) e em instituições acadêmicas. Independentemente do crescimento futuro de equipamentos sem fio para Internet, já ficou claro

<sup>1</sup> Originalmente, o sistema Aloha, desenvolvido por Norman Abramson em 1970, na Universidade do Havaí, funcionava como um protocolo para sistemas de comunicação via radiofrequência para o acesso remoto entre computadores enviando pacotes num sistema de radiocomunicação (ABRAMSON, 1970; ??).

<sup>2</sup> A primeira rede de computadores por comutação de pacotes é uma ancestral direta da Internet pública de hoje (KUROSE; ROSS, 2013).

que as redes sem fio e os serviços móveis relacionados que elas possibilitam vieram para ficar (KUROSE; ROSS, 2013; GAST, 2002).

No período em que as redes locais cabeadas (LAN – *Local Area Network*, do inglês) dominavam a infraestrutura de rede de computadores, somente era possível conectar computadores à Internet e entre si por meio de cabos padrão Ethernet. Este tipo de conexão é bastante popular, mas conta com algumas limitações, por exemplo: só se pode movimentar o computador até o limite de alcance do cabo; ambientes com um grande número computadores podem exigir adaptações na estrutura do prédio para a passagem dos fios; em uma residência, pode ser necessário realizar perfurações na parede para que os cabos alcancem outros cômodos; a manipulação constante ou incorreta pode fazer com que o conector do cabo de rede se danifique. Com exceção da mobilidade, o restante das alegações implica em investimento financeiro direto por parte das empresas e também para o usuário doméstico. Felizmente, as redes sem fio Wi-Fi surgiram para eliminar estas limitações. Como consequência, alcançaram rapidamente uma disseminação generalizada tanto no espaço comercial quanto no residencial (ALECRIM, 2008).

## 1.1 MOTIVAÇÃO

## 1.2 OBJETIVOS

Interdum et malesuada fames ac ante ipsum primis in faucibus. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut ex tellus, sodales in euismod at, ultricies quis leo (ALECRIM, 2008).

### 1.2.1 Objetivo Geral

Integer imperdiet ac magna eu pulvinar. Aliquam erat volutpat. Etiam molestie, nulla a egestas aliquet, velit augue congue metus, et ultricies metus massa vel nibh. Vivamus viverra commodo finibus. Nam elementum convallis accumsan. Quisque tincidunt purus nisl, tincidunt ultricies odio ultrices eu.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis scelerisque, velit at facilisis hendrerit, dui eros lacinia metus, non maximus mi tortor ut lectus. Donec hendrerit leo ut consectetur tincidunt.

- a) Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nunc dictum sed tortor nec viverra.
- b) Praesent vitae nulla varius, pulvinar quam at, dapibus nisi. Aenean in commodo tellus. Mauris molestie est sed justo malesuada, quis feugiat tellus venenatis.
- c) Praesent quis erat eleifend, lacinia turpis in, tristique tellus. Nunc dictum sed tortor nec viverra.
- d) Mauris facilisis odio eu ornare tempor. Nunc dictum sed tortor nec viverra.
- e) Curabitur convallis odio at eros consequat pretium.

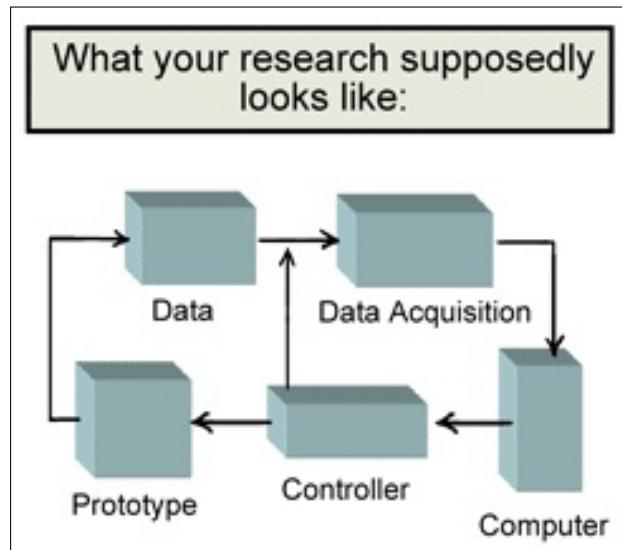
## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Integer non lacinia magna. Aenean tempor lorem tellus, non sodales nisl commodo ut. Proin mattis placerat risus sit amet laoreet. Praesent sapien arcu, maximus ac fringilla efficitur, vulputate faucibus sem. Donec aliquet velit eros, sit amet elementum dolor pharetra eget. Integer eget mattis libero

### 2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA A

Suspendisse vitae elit. Aliquam arcu neque, ornare in, ullamcorper quis, commodo eu, libero. Fusce sagittis erat at erat tristique mollis. Maecenas sapien libero, molestie et, lobortis in, sodales eget, dui. Morbi ultrices rutrum lorem. Nam elementum ullamcorper leo. Morbi dui. Aliquam sagittis. Nunc placerat. Pellentesque tristique sodales est. Maecenas imperdiet lacinia velit. Cras non urna. Morbi eros pede, suscipit ac, varius vel, egestas non, eros. Praesent malesuada, diam id pretium elementum, eros sem dictum tortor, vel consectetur odio sem sed wisi.

Figura 1 – Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Suspendisse commodo lectus et augue elementum varius.



Fonte: Elaborado pelo autor

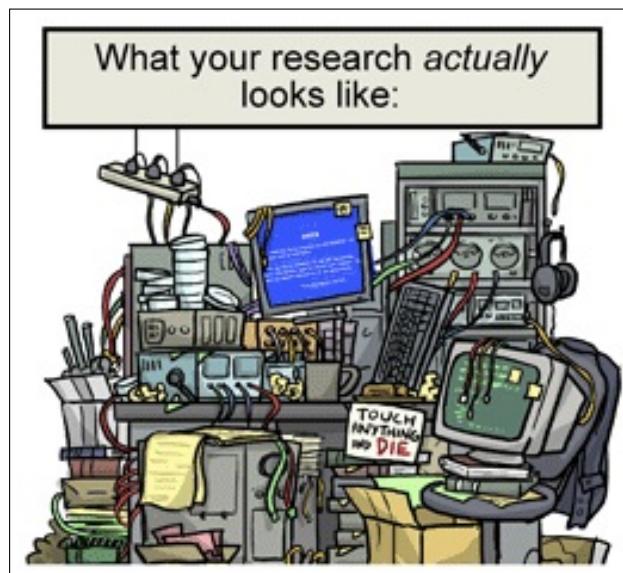
Sed feugiat. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Ut pellentesque augue sed urna. Vestibulum diam eros, fringilla et, consectetur eu, nonummy id, sapien. Nullam at lectus. In sagittis ultrices mauris. Curabitur malesuada erat sit amet massa. Fusce blandit. Aliquam erat volutpat. Aliquam euismod. Aenean vel lectus.

Nunc imperdiet justo nec dolor.

## 2.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA B

Integer non lacinia magna. Aenean tempor lorem tellus, non sodales nisl commodo ut. Proin mattis placerat risus sit amet laoreet. Praesent sapien arcu, maximus ac fringilla efficitur, vulputate faucibus sem. Donec aliquet velit eros, sit amet elementum dolor pharetra eget. Integer eget mattis libero. Praesent ex velit, pulvinar at massa vel, fermentum dictum mauris. Ut feugiat accumsan augue, et ultrices ipsum euismod vitae

Figura 2 – Maecenas luctus augue odio, sed tincidunt nunc posuere nec



Fonte: Elaborado pelo autor

Nunc ac pretium dui. Mauris aliquam dapibus nulla ac mattis. Aenean non tortor volutpat, varius lectus vitae, accumsan nibh. Cras pretium vestibulum enim, id ullamcorper tortor ultrices non. Integer sodales viverra faucibus. Curabitur at dui lacinia, rhoncus lacus at, blandit metus. Integer scelerisque non enim quis ornare.

Aliquam lectus. Vivamus leo. Quisque ornare tellus ullamcorper nulla. Mauris porttitor pharetra tortor. Sed fringilla justo sed mauris. Mauris tellus. Sed non leo. Nullam elementum, magna in cursus sodales, augue est scelerisque sapien, venenatis congue nulla arcu et pede. Ut suscipit enim vel sapien. Donec congue. Maecenas urna mi, suscipit in, placerat ut, vestibulum ut, massa. Fusce ultrices nulla et nisl.

Duis faucibus, enim quis tincidunt pellentesque, nisl leo varius nulla, vitae tempus dui mauris ac ante. Quisque purus lorem, pharetra sit amet lobortis eu, vehicula vitae purus. Ut

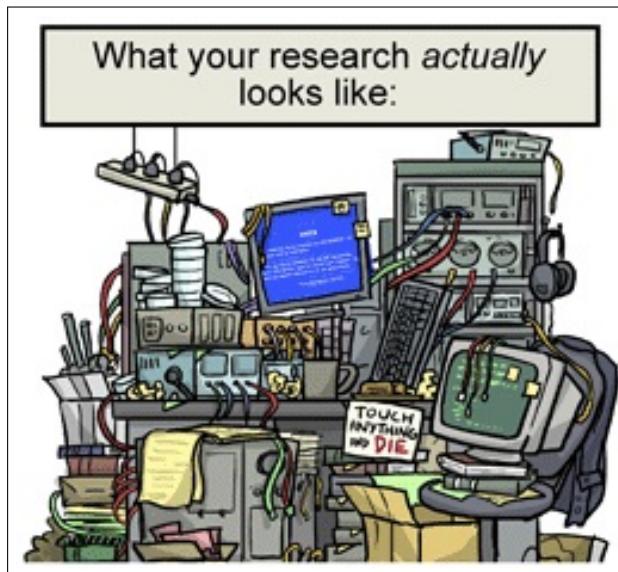
Tabela 1 – Duis faucibus, enim quis tincidunt pellentesque, nisl leo varius nulla, vitae tempus dui mauris ac ante purus lorem

Ranking	Exon Coverage	Splice Site Support
E1	Complete coverage by a single transcript	Both splice sites
E2	Complete coverage by more than a single transcript	Both splice sites
E3	Partial coverage	Both splice sites
E4	Partial coverage	One splice site
E5	Complete or partial coverage	No splice sites
E6	No coverage	No splice sites

Fonte: Elaborado pelo autor

varius, erat nec vehicula elementum, risus est tempus justo, nec vulputate augue leo egestas metus.

Figura 3 – Ut posuere, ex quis sagittis auctor, magna massa euismod felis



Fonte: Elaborado pelo autor

Etiam ac leo a risus tristique nonummy. Donec dignissim tincidunt nulla. Vestibulum rhoncus molestie odio. Sed lobortis, justo et pretium lobortis, mauris turpis condimentum augue, nec ultricies nibh arcu pretium enim. Nunc purus neque, placerat id, imperdiet sed, pellentesque nec, nisl. Vestibulum imperdiet neque non sem accumsan laoreet. In hac habitasse platea dictumst. Etiam condimentum facilisis libero. Suspendisse in elit quis nisl aliquam dapibus. Pellentesque auctor sapien. Sed egestas sapien nec lectus. Pellentesque vel dui vel neque bibendum viverra. Aliquam porttitor nisl nec pede. Proin mattis libero vel turpis. Donec rutrum mauris et libero. Proin euismod porta felis. Nam lobortis, metus quis elementum commodo, nunc lectus elementum mauris, eget vulputate ligula tellus eu neque. Vivamus eu dolor.

- Integer non lacinia magna. Aenean tempor lorem tellus, non sodales nisl commodo

Tabela 2 – Etiam molestie, nulla a egestas aliquet, velit augue congue metus

Quisque	pharetra	tempus	vulputate
E1	Complete coverage by a single transcript	Both splice sites	
E2	Complete coverage by more than a single transcript	Both splice sites	
E3	Partial coverage	Both splice sites	Both
E4	Partial coverage	One splice site	Both
E5	Complete or partial coverage	No splice sites	Both
E6	No coverage	No splice sites	

Fonte: Elaborado pelo autor

ut

- Proin mattis placerat risus sit amet laoreet. Praesent sapien arcu, maximus ac fringilla efficitur, vulputate faucibus sem. Donec aliquet velit eros, sit amet elementum dolor pharetra eget
- Integer eget mattis libero. Praesent ex velit, pulvinar at massa vel, fermentum dictum mauris. Ut feugiat accumsan augue, et ultrices ipsum euismod vitae
  - Integer non lacinia magna. Aenean tempor lorem tellus, non sodales nisl commodo ut
  - Proin mattis placerat risus sit amet laoreet.

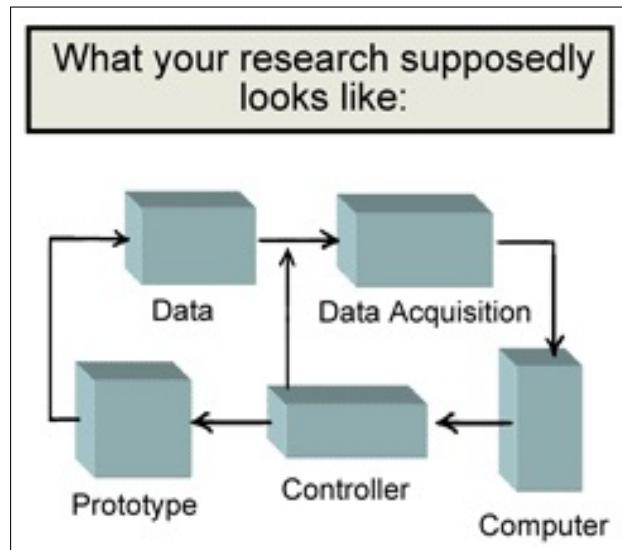
### 3 TRABALHOS RELACIONADOS

Integer non lacinia magna. Aenean tempor lorem tellus, non sodales nisl commodo ut. Proin mattis placerat risus sit amet laoreet. Praesent sapien arcu, maximus ac fringilla efficitur, vulputate faucibus sem. Donec aliquet velit eros, sit amet elementum dolor pharetra eget. Integer eget mattis libero

#### 3.1 TRABALHO RELACIONADO A

Suspendisse vitae elit. Aliquam arcu neque, ornare in, ullamcorper quis, commodo eu, libero. Fusce sagittis erat at erat tristique mollis. Maecenas sapien libero, molestie et, lobortis in, sodales eget, dui. Morbi ultrices rutrum lorem. Nam elementum ullamcorper leo. Morbi dui. Aliquam sagittis. Nunc placerat. Pellentesque tristique sodales est. Maecenas imperdiet lacinia velit. Cras non urna. Morbi eros pede, suscipit ac, varius vel, egestas non, eros. Praesent malesuada, diam id pretium elementum, eros sem dictum tortor, vel consectetur odio sem sed wisi.

Figura 4 – Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Suspendisse commodo lectus et augue elementum varius.



Fonte: Elaborado pelo autor

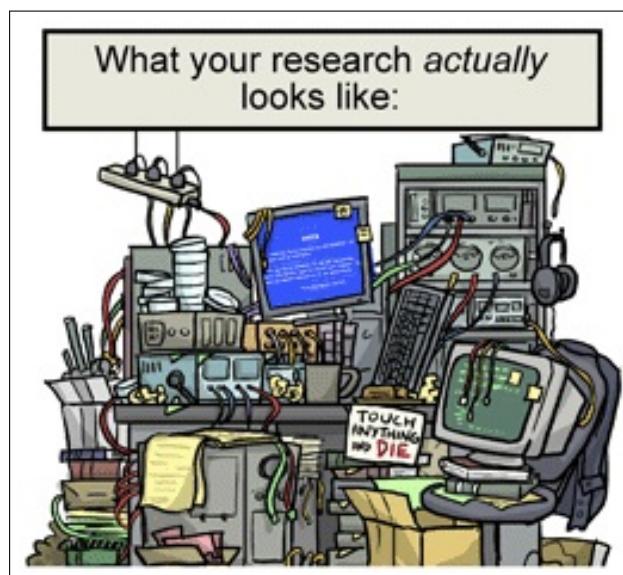
Sed feugiat. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Ut pellentesque augue sed urna. Vestibulum diam eros, fringilla et, consectetur eu, nonummy id, sapien. Nullam at lectus. In sagittis ultrices mauris. Curabitur malesuada erat sit amet massa. Fusce blandit. Aliquam erat volutpat. Aliquam euismod. Aenean vel lectus.

Nunc imperdiet justo nec dolor.

### 3.2 TRABALHO RELACIONADO B

Integer non lacinia magna. Aenean tempor lorem tellus, non sodales nisl commodo ut. Proin mattis placerat risus sit amet laoreet. Praesent sapien arcu, maximus ac fringilla efficitur, vulputate faucibus sem. Donec aliquet velit eros, sit amet elementum dolor pharetra eget. Integer eget mattis libero. Praesent ex velit, pulvinar at massa vel, fermentum dictum mauris. Ut feugiat accumsan augue, et ultrices ipsum euismod vitae

Figura 5 – Maecenas luctus augue odio, sed tincidunt nunc posuere nec



Fonte: Elaborado pelo autor

Nunc ac pretium dui. Mauris aliquam dapibus nulla ac mattis. Aenean non tortor volutpat, varius lectus vitae, accumsan nibh. Cras pretium vestibulum enim, id ullamcorper tortor ultrices non. Integer sodales viverra faucibus. Curabitur at dui lacinia, rhoncus lacus at, blandit metus. Integer scelerisque non enim quis ornare.

Quadro 1 – Praesent ex velit, pulvinar at massa vel, fermentum dictum mauris. Ut feugiat accumsan augue

Quisque	pharetra	tempus	vulputate
E1	Complete coverage by a single transcript	Both	Complete
E2	Complete coverage by more than	Both splice sites	Complete
E3	Partial coverage	Both splice sites	Both

Fonte: Elaborado pelo autor

Nulla ac nisl. Nullam urna nulla, ullamcorper in, interdum sit amet, gravida ut, risus.

Aenean ac enim. In luctus. Phasellus eu quam vitae turpis viverra pellentesque. Duis feugiat felis ut enim. Phasellus pharetra, sem id porttitor sodales, magna nunc aliquet nibh, nec blandit nisl mauris at pede. Suspendisse risus risus, lobortis eget, semper at, imperdiet sit amet, quam. Quisque scelerisque dapibus nibh. Nam enim. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nunc ut metus. Ut metus justo, auctor at, ultrices eu, sagittis ut, purus. Aliquam aliquam.

Quadro 2 – Duis faucibus, enim quis tincidunt pellentesque

Quisque	pharetra
E1	Complete coverage by a single transcript
E2	Complete coverage by more than
E3	Partial coverage
E4	Partial coverage
E5	Partial coverage
E6	Partial coverage
E7	Partial coverage

Fonte: Elaborado pelo autor

Etiam pede massa, dapibus vitae, rhoncus in, placerat posuere, odio. Vestibulum luctus commodo lacus. Morbi lacus dui, tempor sed, euismod eget, condimentum at, tortor. Phasellus aliquet odio ac lacus tempor faucibus. Praesent sed sem. Praesent iaculis. Cras rhoncus tellus sed justo ullamcorper sagittis. Donec quis orci. Sed ut tortor quis tellus euismod tincidunt. Suspendisse congue nisl eu elit. Aliquam tortor diam, tempus id, tristique eget, sodales vel, nulla. Praesent tellus mi, condimentum sed, viverra at, consectetur quis, lectus. In auctor vehicula orci. Sed pede sapien, euismod in, suscipit in, pharetra placerat, metus. Vivamus commodo dui non odio. Donec et felis.

Integer non lacinia magna. Aenean tempor lorem tellus, non sodales nisl commodo ut. Proin mattis placerat risus sit amet laoreet. Praesent sapien arcu, maximus ac fringilla efficitur, vulputate faucibus sem. Donec aliquet velit eros, sit amet elementum dolor pharetra eget. Integer eget mattis libero. Ambiguidade Braile Coerência Dialetos Elipse Locução Adjetiva Modificadores Parônimos Síntese Borboleta

## 4 RESULTADOS

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

### 4.1 RESULTADOS DO EXPERIMENTO A

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

### 4.2 RESULTADOS DO EXPERIMENTO B

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

## 5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris. Nullam eleifend justo in nisl. In hac habitasse platea dictumst. Morbi nonummy. Aliquam ut felis. In velit leo, dictum vitae, posuere id, vulputate nec, ante. Maecenas vitae pede nec dui dignissim suscipit. Morbi magna. Vestibulum id purus eget velit laoreet laoreet. Praesent sed leo vel nibh convallis blandit. Ut rutrum. Donec nibh. Donec interdum. Fusce sed pede sit amet elit rhoncus ultrices. Nullam at enim vitae pede vehicula iaculis.

### 5.1 CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

### 5.2 LIMITAÇÕES

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

### 5.3 TRABALHOS FUTUROS

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

## 6 INTRODUÇÃO

### 6.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Na década de 1970, o sistema Aloha<sup>1</sup> estabeleceu e operou uma rede de dados terrestres (AlohaNet) no estado americano do Havaí. O sistema usou um transponder acoplado em um satélite experimental da Agência Espacial Americana (NASA, do inglês, *National Aeronautics and Space Administration*) (ATS-1) para demonstrar uma rede internacional de dados via satélite conectando a NASA, na Califórnia, e cinco universidades nos Estados Unidos, Japão e Austrália, fornecendo a primeira demonstração pública de uma rede de dados por pacotes sem fio (ABRAMSON, 1970; SCHWARTZ; ABRAMSON, 2009).

Mesmo com limitações como largura de banda e tecnologia de transmissão, foi graças ao pioneirismo do sistema Aloha, que as redes de comutação sem fio locais, conhecidas como LANs (do inglês, *Local Area Network*) sem fio ou ainda WLANs (do inglês, *Wireless Local Area Network*) surgiram como redes complementares às redes cabeadas tradicionais. Essa tecnologia de comunicação se desenvolveu devido a necessidade de implementação de um método alternativo de conexão que não privasse a movimentação do usuário durante a conexão com a rede. O tempo passou e a tecnologia evoluiu, deixou de ser restrita ao meio acadêmico e militar e se tornou acessível a empresas e ao usuário doméstico. Nos dias de hoje podemos pensar em redes *wireless* (“sem fio”, em português) como uma alternativa bastante interessante em relação às redes cabeadas. Suas aplicações são muitas e variadas e o fato de ter a mobilidade como principal característica, tem facilitado a sua aceitação, principalmente nas empresas (FARIAS, 2005).

Com o advento de *notebooks*, *tablets*, *smartphones* e a promessa de acesso desimpedido à Internet global de qualquer lugar por meio das comunicações sem fio, a qualquer hora e lugar, a demanda de acesso de dispositivos sem fio à Internet aumentou consideravelmente não só através da rede de telefonia móvel, agora plenamente possível, mas também por meio das redes Wi-Fi (do inglês, *Wireless Fidelity*). O uso deste tipo de rede está se tornando cada vez mais comum, não só nos ambientes domésticos e corporativos, mas também em locais públicos (bares, lanchonetes, *shoppings*, aeroportos, etc) e em instituições acadêmicas. Independentemente do crescimento futuro de equipamentos sem fio para Internet, já ficou claro que as redes sem fio e os

<sup>1</sup> Originalmente, o sistema Aloha, desenvolvido por Norman Abramson em 1970, na Universidade do Havaí, funcionava como um protocolo para sistemas de comunicação via radiofrequência para o acesso remoto entre computadores enviando pacotes num sistema de radiocomunicação (ABRAMSON, 1970; HAYKIN; MOHER, 2008).

serviços móveis relacionados que elas possibilitam se popularizaram e fazem parte do cotidiano das pessoas (GAST, 2002; KUROSE; ROSS, 2013).

Esse crescimento se deu principalmente com os avanços tecnológicos feitos na área, tornando a conexão mais rápida e confiável na troca de dados entre os nós da rede, fazendo com que os dispositivos móveis agregassem praticamente todas as funções que teria um computador de mesa convencional. Como consequência, estima-se que a força de trabalho móvel, em 2020, corresponderá a aproximadamente 1,75 bilhão de trabalhadores, segundo a Organização Internacional do Trabalho (GABRIEL; FELLAH, 2017). Para estes bilhões de usuários móveis, trabalhando dentro e fora do escritório tradicional, a mobilidade se tornou sinônimo de produtividade.

Quando se trata de conexão sem fio, foi mostrado que os trabalhadores móveis preferem redes Wi-Fi ao invés de redes celulares mais cara. Dessa forma, o Wi-Fi carrega mais da metade de todos os dados móveis de acordo com o Cisco VNI (do inglês, *Visual Networking Index*) (GABRIEL; FELLAH, 2017).

## 6.2 JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos, o mundo tornou-se cada vez mais móvel. Como resultado, as formas tradicionais de trabalho em rede no mundo mostraram-se inadequadas para enfrentar os desafios apresentados por nosso novo estilo de vida coletivo. Se os usuários precisarem estar conectados a uma rede por cabos físicos, seu movimento será drasticamente reduzido. A conectividade sem fio, no entanto, não apresenta essa restrição e permite muito mais movimento livre por parte do usuário da rede. Como resultado, as tecnologias sem fio estão invadindo o domínio tradicional das redes “fixas” ou “com fio” (GAST, 2002).

As redes sem fio compartilham várias vantagens importantes. A vantagem mais evidente da rede sem fio é a mobilidade. Usuários de redes sem fio podem se conectar às redes existentes e, em seguida, podem circular livremente. Por exemplo, um usuário de telefone celular pode percorrer quilômetros no decorrer de uma única conversa porque o telefone conecta o usuário por meio de torres celulares. Inicialmente, a telefonia móvel era muito cara (GAST, 2002).

Da mesma forma, as redes Wi-Fi liberam os desenvolvedores de software das amarras de um cabo Ethernet em uma mesa. Os desenvolvedores podem trabalhar na biblioteca, em uma sala de conferências, no estacionamento ou até mesmo na lanchonete do outro lado da rua. Enquanto os usuários sem fio permanecerem dentro do alcance da estação base, eles poderão

tirar proveito da rede (GAST, 2002).

Em escolas e universidades, os laboratórios e bibliotecas estão quase sempre repletos de alunos que encontram na rede (Internet) uma boa fonte de consultas e pesquisas que complementam o conteúdo abordado em sala de aula, além de facilitar a comunicação e a troca de informações entre os estudantes. Graças à tecnologia de comunicação sem fio Wi-Fi, estudantes e professores não dependem exclusivamente dos laboratórios de informática para se conectarem à Internet.

O acesso sem fio pode ser disponibilizado por todo o ambiente educacional, bastando apenas o usuário ligar seu notebook ou dispositivo móvel de qualquer local com cobertura e estabelecer a conexão com a rede.

Outra propriedade benéfica das redes sem fio é que estas geralmente têm muita flexibilidade, o que pode se traduzir em implantação rápida. Redes sem fio usam um número de estações base para conectar usuários a uma rede existente. O lado da infraestrutura de uma rede sem fio, no entanto, é qualitativamente o mesmo, esteja conectando um usuário ou um milhão de usuários. Para oferecer serviço em uma determinada área, é necessário a presença de estações base e antenas no lugar. Uma vez que essa infraestrutura é construída, adicionar um usuário a uma rede sem fio é principalmente uma questão de autorização. Com a infraestrutura disponível, ela deve ser configurada para reconhecer e oferecer serviços aos novos usuários, mas a autorização não exige mais infraestrutura. Adicionar um usuário a uma rede sem fio é uma questão de configurar a infraestrutura, mas isso não envolve a passagem de cabos, o fechamento de terminais e a aplicação de correções em um conector (GAST, 2002).

Este exemplo simples ignora os desafios de escalabilidade. Naturalmente, se os novos usuários sobrecarregarem a infraestrutura existente, a própria infraestrutura precisará ser reforçada para que mais usuários possam ser conectados. A expansão da infraestrutura pode ser cara e demorada, especialmente se envolver aprovação legal e regulatória de faixas de frequência. No entanto, o ponto básico é válido: adicionar um usuário a uma rede sem fio pode ser reduzido a uma questão de configuração, enquanto adicionar um usuário a uma rede fixa requer conexões físicas (GAST, 2002).

Embora seja possível atender a um grupo fluido de usuários com conectores padrão Ethernet, o fornecimento de acesso através de uma rede com fio é problemático por vários motivos. A passagem de cabos é demorada, cara e também pode exigir adaptações no espaço físico; adivinhar corretamente o número de enlaces de cabos é difícil devido ao intenso fluxo de pessoas. Com uma rede sem fio, porém, não há necessidade de eventuais alterações na

construção ou fazer suposições estatísticas complexas sobre a demanda. Uma infraestrutura com fio simples se conecta à Internet e, em seguida, a rede sem fio pode acomodar quantos usuários forem necessários (GAST, 2002).

Apesar das várias vantagens oferecidas pelas redes sem fio, as mesmas não substituem as LANs cabeadas. Servidores e outros equipamentos de *datacenter* devem acessar dados, mas a localização geográfica do servidor é irrelevante. A velocidade das redes sem fio é limitada pela largura de banda disponível. A teoria da informação pode ser usada para deduzir o limite da velocidade de uma rede. A menos que as autoridades reguladoras estejam dispostas a aumentar as bandas de espectro não licenciadas, há um limite superior na velocidade das redes sem fio. O *hardware* de rede sem fio tende a ser mais lento que o *hardware* com fio. Diferentemente do padrão Ethernet, os padrões de rede sem fio devem avaliar cuidadosamente os quadros de entrada para proteger contra perda devido à falta de confiabilidade do meio *wireless* (GAST, 2002).

Para que haja transferência de dados, as redes sem fio usam ondas de rádio como meio de transmissão, entretanto essa abordagem apresenta vários desafios. As ondas de rádio podem sofrer vários problemas de propagação que podem interromper o *link* de rádio, como interferência, perdas de multipercorso e áreas de sombra (locais sem cobertura de sinal) (GAST, 2002). Isso significa que o canal de rádio impõe limitações fundamentais para o desempenho dos sistemas de comunicação sem fio.

Para que uma WLAN tenha um desempenho satisfatório aos usuários, vários fatores devem ser levados em consideração para que o processo de instalação corresponda o mais fielmente possível ao planejado. Um método amplamente utilizado por projetista de redes, seja cabeada ou sem fio, é o *site survey* (do inglês, pesquisa local). O *site survey* é um conjunto de métodos de análise detalhada da estrutura do local onde será implantada a nova rede ou aplicada a uma infraestrutura já existente com o objetivo de identificar e solucionar problemas no sistema em funcionamento (PINHEIRO, 2004).

A proposta deste trabalho consiste em analisar a infraestrutura geral da rede sem fio do Bloco Didático do IFCE *campus* Tauá a fim de avaliar se a configuração atual da rede sem fio provê um serviço satisfatório de acordo com a demanda exigida pelos usuários a ela conectados e dependentes.

Mediante o exposto, nesta proposta de trabalho será empregado a técnica de projeto chamada *site survey*, ou simplesmente pesquisa local, em tradução livre, para levantar dados do Bloco Didático, especialmente sobre como ocorre a propagação e medir o nível de sinal da rede sem fio, a partir dos pontos de acesso já presentes no local, pois estes, são aspectos mais

impactantes no desempenho das redes sem fio em geral. Este método tem como intuito detectar possíveis problemas que incapacite a rede de prover a cobertura necessária para que serviços básicos dos estudantes (pesquisas, estudos, experimentos, etc.), docentes e servidores sejam atendidas com o mínimo de satisfação.

É extremamente recomendado aliar ao *site survey* ferramentas complementares para auxiliar o processo de inspeção do local, como, por exemplo, um *software* adequado instalado em um *notebook* que possa realizar a medição de potência do sinal e também identificar o canal de frequência em que opera as redes vizinhas, com objetivo de identificar possíveis interferências destrutivas no sinal.

### 6.3 OBJETIVOS

Este trabalho apresenta como objetivo geral mostrar a aplicação do método de site survey para análise de cobertura e recepção do sinal Wi-Fi no Bloco Didático do Instituto Federal do Ceará *campus* Tauá. Já com relação aos objetivos específicos, este trabalho visa:

- Analisar a planta estrutural do Bloco Didático;
- Analisar a infraestrutura atual da rede sem fio;
- Identificar e localizar os locais de concentração de equipamentos para a elaboração de plantas, desenhos e esquemáticos, seguindo uma simbologia padronizada;
- Verificar a presença de obstáculos, fontes de interferência e áreas de sombra que possam limitar a propagação do sinal da rede sem fio;
- Levantar e coletar dados do Bloco Didático, principalmente sobre como ocorre a propagação do sinal Wi-Fi, medir o nível de sinal da rede sem fio;
- Propor uma sugestão de melhoria na estrutura de rede atual com base nas análises feitas;
- Testar a performance na proposta implementada com a rede já instalada;
- Comparar os resultados obtidos nas duas redes, a que já estava implantada, com a proposta feita neste trabalho.

### 6.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está dividido da seguinte forma:

- Capítulo 2: aborda os principais conceitos por trás do processo de transmissão em redes sem fio, essenciais para a compreensão do funcionamento geral das comunicações

sem fio, incluindo os mecanismos básicos da propagação de ondas de eletromagnéticas e alguns modelos de propagação utilizados na predição de enlaces de rádio, tanto para ambientes internos quanto para ambientes externos.

- Capítulo 3: apresenta as principais características das redes Wi-Fi, a sua arquitetura, o padrão IEEE 802.11 (o qual as redes Wi-Fi são estruturadas) e, por fim, o método de inspeção *site survey* como ferramenta para o planejamento e avaliação de redes *wireless*.
- Capítulo 4: apresenta um estudo de caso realizado a partir da aplicação do *site survey* na infraestrutura de rede sem fio do Bloco Didático do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará *campus* Tauá; Expõe e discute os resultados obtidos ao fim do processo de coleta de dados do local alvo.
- Capítulo 5: apresenta o encerramento do trabalho baseado no conteúdo discutido e nos resultados obtidos no estudo de caso.

## 7 TRANSMISSÃO EM REDES SEM FIO

As ondas de rádio são fáceis de gerar, podem percorrer longas distâncias e penetrar facilmente em diversos materiais, por isso, são amplamente utilizadas para comunicação, seja em ambientes fechados, seja em locais abertos. As ondas de rádio também são omnidirecionais, o que significa que elas se propagam em todas as direções a partir da origem. Desse modo, o transmissor e o receptor não precisam estar cuidadosamente alinhados para que haja comunicação (TANENBAUM; WETHERALL, 2011). Por todas essas características, as ondas de rádio são o principal recurso para que a comunicação sem fio se tornasse possível, resultando em uma dispersão generalizada pelo globo.

### 7.1 O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Quando se movem, os elétrons criam ondas eletromagnéticas que podem se propagar pelo espaço livre (até mesmo no vácuo), transportando energia durante o percurso. Essas ondas foram previstas pelo físico inglês James Clerk Maxwell em 1865 e foram observadas pela primeira vez pelo físico alemão Heinrich Hertz em 1887 (TANENBAUM; WETHERALL, 2011).

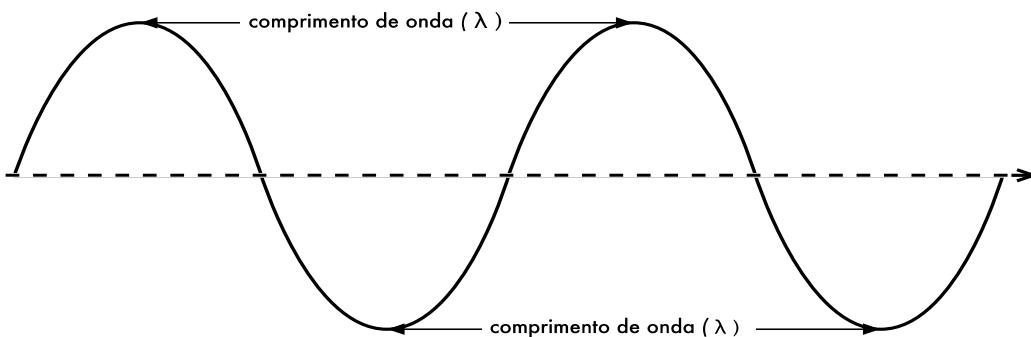
O número de ondas completas que passam por um ponto fixo dentro de um período de tempo é chamado de frequência, e é medido em Hertz (Hz, em homenagem a Heinrich Hertz). A distância entre dois pontos máximos (ou mínimos) consecutivos é chamada comprimento de onda, designada universalmente pela letra grega  $\lambda$  (lambda). A Figura 6 ilustra essa propriedade das ondas.

A velocidade de uma onda qualquer depende do meio em que ela se propaga. No vácuo, todas as ondas eletromagnéticas viajam na mesma velocidade, a da luz, que é aproximadamente igual a  $3 \times 10^8$  m/s, independentemente de sua frequência (TANENBAUM; WETHERALL, 2011).

Essas três grandezas – frequência ( $f$ ), comprimento de onda ( $\lambda$ ) e velocidade ( $c$ ) – se relacionam (no vácuo) através da seguinte expressão:

$$c = \lambda f \quad (7.1)$$

Figura 6 – Propriedades de uma onda.



Fonte: Flickenger (2008, p. 10).

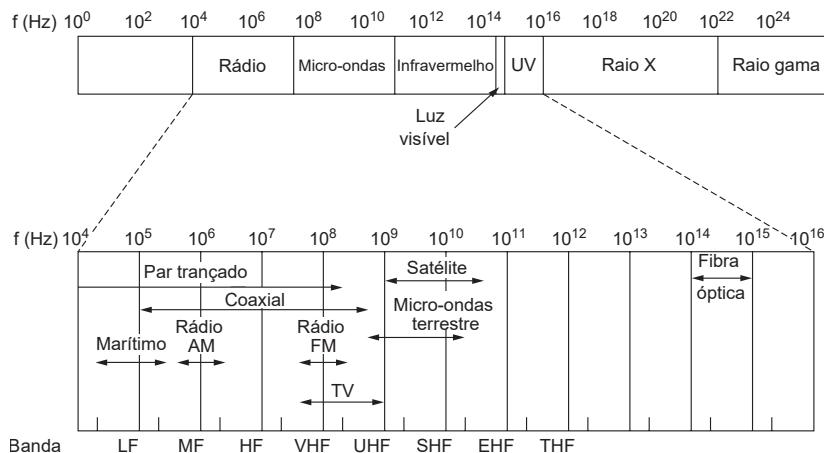
Uma onda eletromagnética pode ser gerada ou captada por circuitos eletrônicos simples. Além disso, esse tipo de onda se propaga no vácuo, o que permite a comunicação entre antenas terrestres com satélites no espaço e vice-versa, entre os próprios satélites e entre dois pontos localizados em qualquer parte da superfície terrestre (UFF, 2010).

Os dispositivos sem fio usam ondas eletromagnéticas para transmitir suas informações, porém são restritos para operar em uma determinada banda (ou faixa) de frequência. Cada faixa tem uma largura de banda associada, que é simplesmente a quantidade de espaço de frequência na banda. Se a variação entre 2,40 GHz e 2,48 GHz é usada por um dispositivo, então a largura de banda será de 0,08 GHz ou 80 MHz.

A largura de banda adquiriu uma conotação de ser uma medida da capacidade de dados de um link. Uma grande quantidade de matemática, teoria da informação e processamento de sinais pode ser usada para demonstrar que fatias mais largas de frequência podem ser usadas para transmitir mais informações (GAST, 2002). Por exemplo, um canal de telefonia móvel analógico requer uma largura de banda de 20 kHz. Os sinais de televisão são muito mais complexos, já que, necessariamente, transmitem tráfego de áudio e vídeo, e por esse motivo possuem uma largura de banda consideravelmente maior, cerca de 6 MHz (GAST, 2002).

Cada banda de frequência utilizada nas telecomunicações estão contidas em um modelo de escala comum, onde é apresentado o intervalo completo de todas as possíveis frequências da radiação eletromagnética, denominado de espectro eletromagnético. A Figura 7 ilustra todas as variações de frequências contidas no espectro eletromagnético.

Figura 7 – O espectro eletromagnético e a maneira como ele é usado na comunicação.



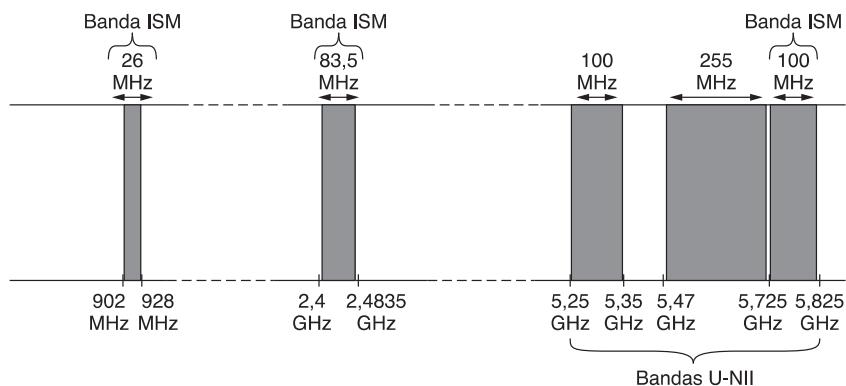
Fonte: Tanenbaum e Wetherall (2011, p. 70).

As faixas de rádio, microondas, infravermelho e luz visível do espectro podem ser usadas na transmissão de informações, por meio de modulação da amplitude, da frequência ou da fase das ondas. A luz ultravioleta, os raios X e os raios gama representariam opções ainda melhores, por terem frequências mais altas, mas são difíceis de produzir e modular, além de não se propagarem bem através dos prédios e de serem perigosos para os seres vivos (TANENBAUM; WETHERALL, 2011, p. 65).

O uso de uma faixa de frequência é rigorosamente controlado pelas autoridades reguladoras através de processos de licenciamento. No âmbito mundial, o processo de padronização de alocação de frequências para uso específico é realizado pela União Internacional de Telecomunicações (ITU, do inglês, *International Telecommunication Union*). No Brasil, a ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações) representa a entidade responsável pela definição e fiscalização da utilização das faixas de frequência em território nacional. Essas determinações regulatórias visam coibir o uso das faixas de frequência sem permissão por infratores como estações de rádio e TVs piratas.

Entretanto, existem faixas de frequência que não estão sujeitas a autorização de uso pelos órgãos reguladores, ou seja, são bandas de frequência abertas para transmitir. Essas frequências não licenciadas são conhecidas como ISM (do inglês, *Industrial, Scientific, Medical*). As bandas ISM foram padronizadas na maioria dos países em três faixas de frequência: 900 MHz, 2,4 GHz e 5 GHz (MORAES, 2010; TANENBAUM; WETHERALL, 2011). A Figura 8 exibe a alocação das frequências ISM e também das bandas U-NII (do inglês, *Unlicensed National Information Infrastructure*).

Figura 8 – As bandas ISM e U-NII.



Fonte: Tanenbaum e Wetherall (2011, p. 66).

## 7.2 EFEITOS DE PROPAGAÇÃO EM ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Sistemas de comunicações sem fio utilizam-se de ondas eletromagnéticas para o envio de sinais através do ar. Na perspectiva de um usuário, conexões sem fio não são particularmente diferentes de qualquer outro tipo de conexão de rede: os serviços de transmissão de informações funcionarão de acordo com o esperado (FLICKINGER, 2008). Mas ondas de rádio possuem algumas propriedades inesperadas se comparadas com o meio guiado. Por exemplo: é muito fácil ver o caminho que o cabo Ethernet faz, só é preciso seguí-lo em sua extensão. Também pode-se ter a confiança de que ter vários cabos Ethernet lado a lado não causarão problemas, uma vez que os sinais trafegam no interior dos fios.

Diferentemente dos enlaces físicos, o caminho de uma onda de rádio entre transmissor e receptor pode variar de uma simples linha de visão completamente desobstruída até um cenário em que seja obstruído por prédios, terrenos elevados e áreas de vegetação densa (RAPPAPORT, 2009). Isso quer dizer que os sinais de rádio são aleatórios e de difícil análise. Até a velocidade do deslocamento dos terminais influencia na rapidez com que o sinal enfraquece (RAPPAPORT, 2009).

Portanto, o estudo da propagação dos sinais de radiofrequência é importante para a compreensão das comunicações sem fio porque fornece a modelagem física necessária, o que resulta em uma boa estimativa de potência requerida para o estabelecimento do enlace de comunicação para que haja comunicação confiável (HAYKIN; MOHER, 2008). Além disso, o estudo da propagação auxilia na compreensão das técnicas de recepção para compensação das perdas introduzidas pela transmissão sem fio (HAYKIN; MOHER, 2008).

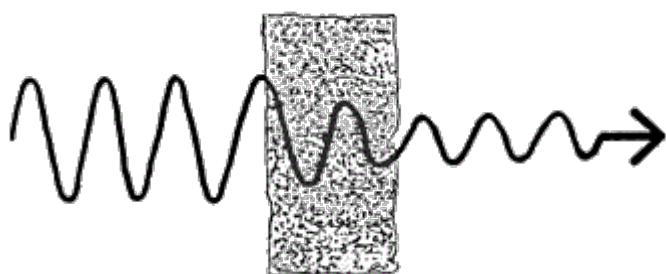
Os efeitos sofridos pela onda eletromagnética ao se propagar são diversos, mas os principais e mais importantes são a absorção, a reflexão, a difração, a refração, o desvanecimento

e a interferência (FLICKENGER, 2008; HAYKIN; MOHER, 2008; RAPPAPORT, 2009).

### 7.2.1 Absorção

Quando ondas eletromagnéticas penetram algum objeto, elas geralmente atenuam ou dissipam-se totalmente, como ilustra a Figura 9. O quanto elas perdem de potência irá depender de sua frequência e do material em que penetram (FLICKENGER, 2008). Em analogia, janelas de vidro são, transparentes para a luz, enquanto o vidro usado em óculos de sol filtram uma boa quantidade da intensidade da luz e também da radiação ultravioleta.

Figura 9 – Atenuação de uma onda devido a absorção.



Fonte: Adaptado de Sound... (c2019).

Para ondas de rádio, os dois principais materiais absorventes são (FLICKENGER, 2008):

- Metal. Elétrons podem mover-se livremente em metais, sendo prontamente capazes de oscilar e absorver a energia de uma onda que incida sobre eles.
- Água. Ondas de rádio fazem com que as moléculas de água agitem-se, tomando parte da energia da onda.

Em termos práticos de redes sem fio, os metais e a água são considerados como excelentes absorventes: as ondas de rádio não serão capazes de atravessá-los com facilidade (FLICKENGER, 2008).

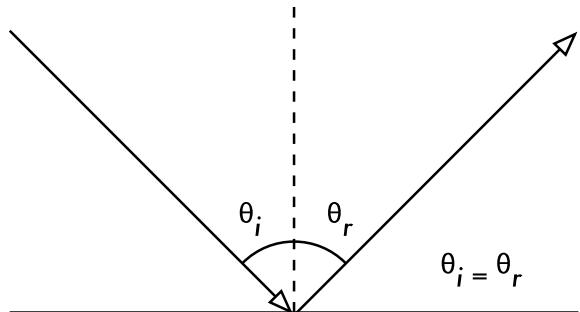
### 7.2.2 Reflexão

Nas comunicações sem fio terrestres, normalmente não existe uma linha de visada desimpedida no percurso do sinal de rádio entre transmissor e receptor e as comunicações geralmente envolvem o fenômeno da reflexão (HAYKIN; MOHER, 2008). O fenômeno da reflexão de ondas eletromagnéticas é mostrado na Figura 10.

“A reflexão ocorre quando uma onda eletromagnética em propagação colide com um objeto que possui dimensões muito grandes em comparação com o comprimento de onda da

onda que se propaga” (RAPPAPORT, 2009, p. 76).

Figura 10 – Reflexão de ondas de rádio.



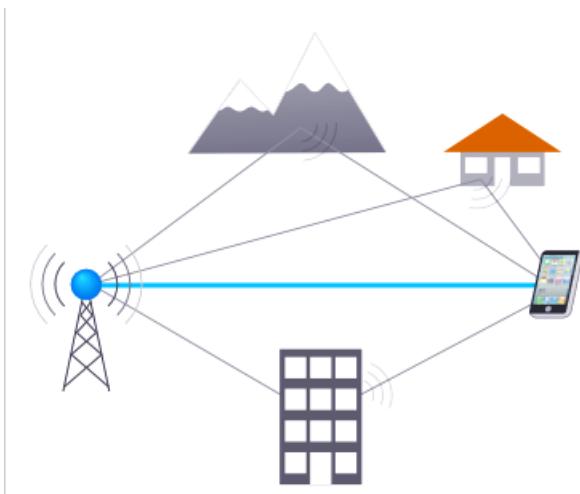
Fonte: Flickenger (2008, p. 18).

#### 7.2.2.1 Multipercurso

Ainda que as regras de reflexão sejam relativamente simples, a situação pode se complicar quando se imagina o interior de um escritório particionado e objetos metálicos das mais variadas formas e tamanhos. O mesmo se aplica aos ambientes urbanos, já que estes apresentam construções de concreto, árvores, veículos e um intenso fluxo de pessoas circulando pelas ruas.

Nessas áreas densamente ocupadas, a maior parte da comunicação acontece por espalhamento das ondas eletromagnéticas ao chocarem-se contra a superfície das construções e objetos ao redor, como pode ser visto na Figura 11 (HAYKIN; MOHER, 2008). Esses percursos de propagação múltiplos são conhecidos como multipercurso ou multicaminho. Até mesmo quando existe uma linha de visão direta, o multipercurso ainda ocorre devido às reflexões no solo e nas estruturas próximas a estação móvel (RAPPAPORT, 2009).

Figura 11 – Sinais refletidos geram o multipercurso.

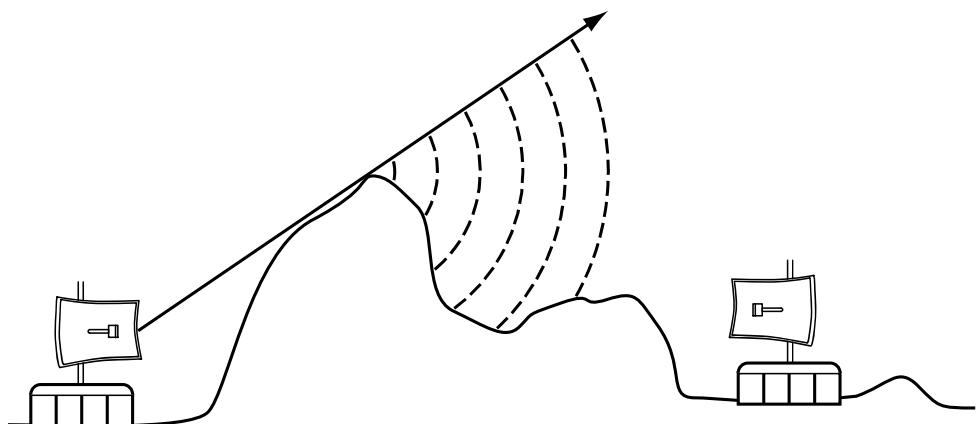


Fonte: Adaptado de Radio... (2015).

### 7.2.3 Difração

O fenômeno da difração está relacionado ao fato de as ondas eletromagnéticas contornarem objetos quando passam ao redor dos mesmos, tais como arestas de construções ou picos de montanhas (Figura 12) ou quando atravessam barreiras contendo aberturas. Para altas frequências, a difração, assim como a reflexão, depende do formato do objeto, além da amplitude, fase e polarização da onda incidente sobre o ponto difrator (RAPPAPORT, 2009).

Figura 12 – Difração no topo de uma montanha.



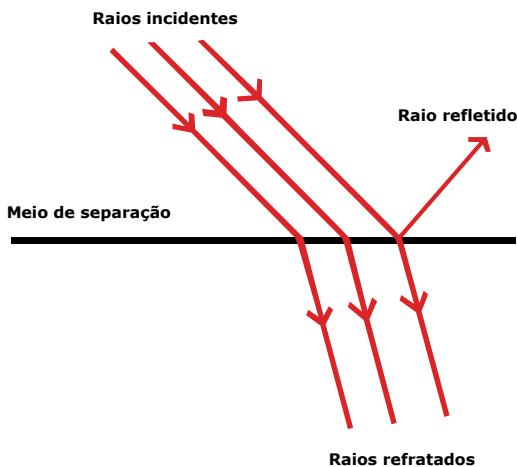
Fonte: Flickrenger (2008, p. 20).

Vale ressaltar que a difração ocorre ao custo de perda de potência, isto é, a energia da onda difratada é significativamente menor que a da onda original. Mas ainda sim existe, nas ondas secundárias resultantes, força suficiente para produzir um sinal útil, além da vantagem da difração para contornar obstáculos entre transmissor e receptor (FLICKENGER, 2008; RAPPAPORT, 2009).

### 7.2.4 Refração

A refração ocorre quando as ondas eletromagnéticas mudam a trajetória de propagação quando passam de um meio para outro, assim como mostra a Figura 13. Na transição, o nível de energia da onda é reduzido, pois uma fração da onda é refletida (FLICKENGER, 2008). Um exemplo de refração ocorre quando a luz, propagando-se no ar, encontra uma interface com a água. A utilização da refração nas comunicações sem fio fica limitada a circunstâncias especiais, tais como comunicações via satélite, pois a transmissão necessita penetrar através das camadas da atmosfera, cada uma com densidade distinta da outra (RAPPAPORT, 2009).

Figura 13 – Refração.



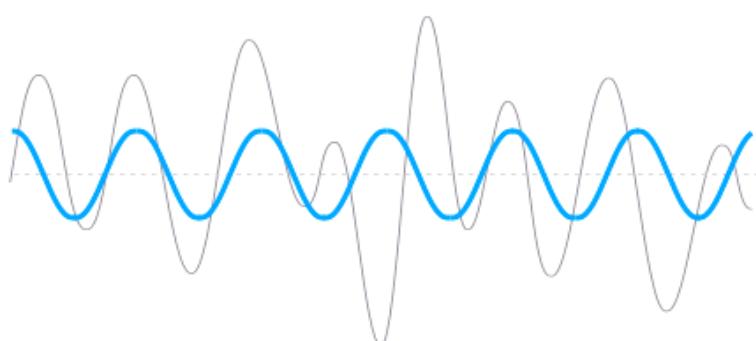
Fonte: Adaptado de Teixeira (c2019).

### 7.2.5 Interferência

Interferência é o fenômeno que corrompe um sinal enquanto ele viaja em um enlace da origem para o destino. A perturbação pode interromper, obstruir, degradar ou limitar a recepção efetiva de sinais. Esses efeitos podem variar de uma simples degradação de dados a uma perda total de dados. O termo é frequentemente usado para se referir à adição de sinais indesejados a um sinal útil (FLICKINGER, 2008).

Em comunicações sem fio, a interferência é causada principalmente por fontes de radiofrequência que operam na mesma faixa de frequência, como por exemplo, o aparelho de microondas e as redes 802.11 (detalhadas no capítulo 3), ambas operando na banda de 2,4 GHz (MORAES, 2010). A Figura 14 mostra um exemplo de interferência entre ondas de rádio.

Figura 14 – Interferência entre ondas de rádio.

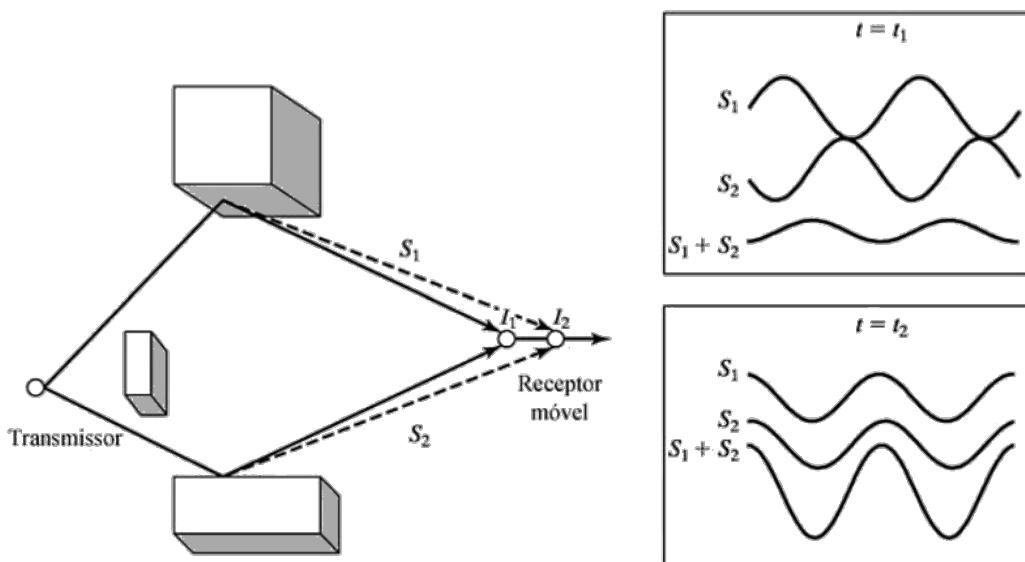


Fonte: Adaptado de Radio... (2015).

### 7.2.6 Desvanecimento (*fading*)

O desvanecimento é um fenômeno causado pela variabilidade da intensidade do sinal no tempo associado à mobilidade da estação móvel (HAYKIN; MOHER, 2008; RAPPAPORT, 2009). Frequentemente, o sinal recebido é uma combinação de vários modos de propagação resultantes da reflexão e da difração. Assim, a maior parte da comunicação acontece por espalhamento das ondas eletromagnéticas, que chegam de diferentes direções com diferentes atrasos de propagação (HAYKIN; MOHER, 2008). No receptor, o sinal final é a soma vetorial dessas ondas de caminhos múltiplos, podendo interagir umas com as outras construtiva ou destrutivamente (Figura 15), dependendo da amplitude e da fase de cada componente espectral (HAYKIN; MOHER, 2008).

Figura 15 – Interferência construtiva e destrutiva.



Fonte: Haykin e Moher (2008, p. 57)

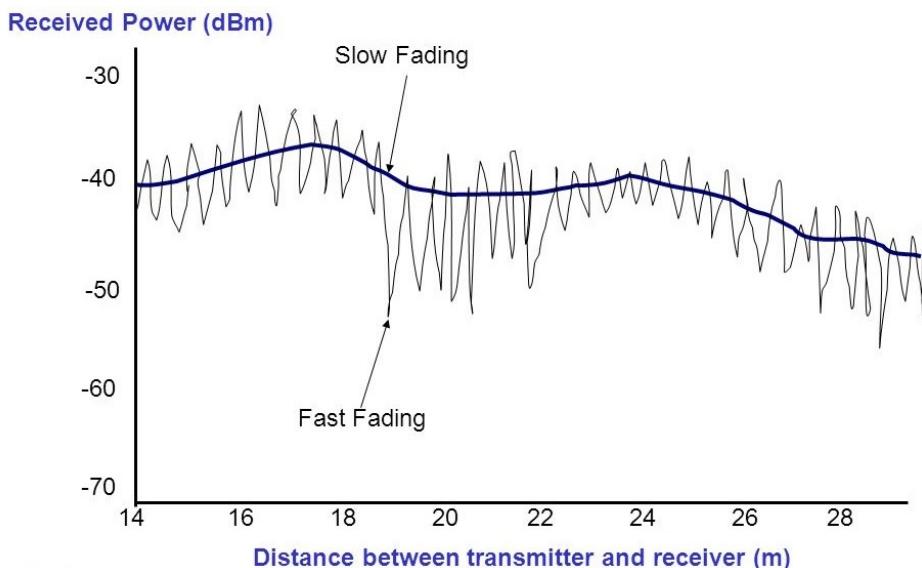
A rapidez com que as flutuações na intensidade do sinal ocorre pode ser classificada como desvanecimento lento (*slow-fading*) ou desvanecimento rápido (*fast-fading*), como ilustra a Figura 16 (HAYKIN; MOHER, 2008).

O desvanecimento lento origina-se devido ao efeito da mobilidade do terminal do usuário. É o resultado de mudança de caminho (reflexões) de sinal devido a obstruções como árvores ou edifícios distantes do receptor. O movimento relativo da estação móvel em relação a esses objetos é pequeno, o que resulta em uma perda de percurso pequena (HAYKIN; MOHER, 2008).

O desvanecimento rápido surge devido a alternância nos modos de interferência construtiva e destrutiva causados por multipercorso, juntamente com a velocidade de deslocamento do

terminal em relação aos objetos refletores e difratores (HAYKIN; MOHER, 2008).

Figura 16 – Desvanecimento lento e desvanecimento rápido.



Fonte: Akkaya (c2019).

### 7.3 MODELOS DE PROPAGAÇÃO

Para que se possa realizar um projeto de enlace de rádio confiável e com boa eficiência, são utilizados os chamados modelos de propagação. Os mesmos são desenvolvidos com base em medições empíricas que buscam alimentar com dados todo um processo matemático complexo capaz de representar a proliferação das ondas de rádio, predizer a perda de caminho ou a cobertura efetiva de um transmissor (AKPAIDA *et al.*, 2018; NAJNUDEL, 2004). Assim, é fácil concluir que, quanto mais informações for possível representar nestas equações, mais precisa será a caracterização do meio e seus efeitos (AKPAIDA *et al.*, 2018).

Modelos de propagação de rádio são empíricos por natureza. E como todos os modelos empíricos, os modelos de propagação de rádio não chamam a atenção para a conduta exata de uma conexão, mas sim para prever o comportamento que o *link* pode mostrar sob as condições especificadas (AKPAIDA *et al.*, 2018).

Existem diversos modelos de propagação formulados por estudiosos e organizações voltadas para o ramo das comunicações sem fio. Cada modelo aplica-se a uma determinada situação específica, dependendo da característica física do local (região urbana ou região rural, por exemplo); frequência de operação do sistema de comunicação e o tipo de material da construção, fator este, crítico para as redes Wi-Fi.

### 7.3.1 Modelo de propagação no espaço livre

O modelo de propagação no espaço livre é usado para prever a intensidade do sinal recebido quando o transmissor e o receptor possuem uma linha de visão sem a presença de obstáculos, ou seja, um caminho livre entre eles (RAPPAPORT, 2009). Os sistemas de comunicação via satélite normalmente experimentam uma transmissão com caminho desobstruído.

O modelo de espaço livre, assim como a maioria dos modelos de propagação de rádiofrequência, prevê que a potência recebida diminui em função da distância de separação transmissor-receptor (T-R) (RAPPAPORT, 2009). A potência no espaço livre recebida por uma antena receptora que está separada de uma antena transmissora, irradiando, por uma distância T-R é dada pela equação do espaço livre:

$$P_R = \frac{P_T G_T G_R}{L_P} \quad (7.2)$$

onde  $P_T$  é a potência transmitida,  $P_R$  é a potência recebida,  $G_T$  é o ganho da antena transmissora,  $G_R$  é o ganho da antena receptora e  $L_P$  é a perda do percurso entre T-R. Tanto a dedução matemática do ganho da antena ( $G$ ) quanto a da perda do percurso ( $L_P$ ) pode ser encontrada com detalhes em Haykin e Moher (2008).

A Equação 7.2 é conhecida como equação de Friis. É possível simplificá-la em função do ganho em decibel (dB) (HAYKIN; MOHER, 2008):

$$P_R(dB) = P_T(dB) + G_T(dB) + G_R(dB) - L_P(dB) \quad (7.3)$$

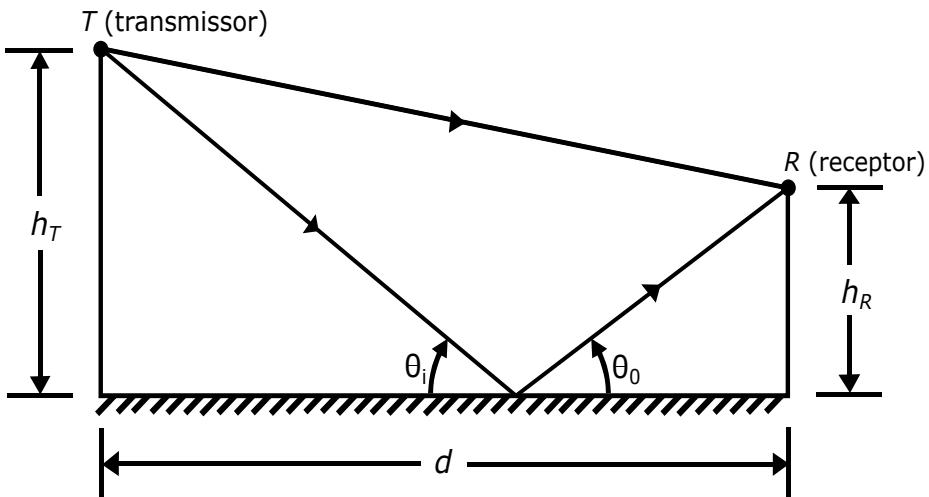
onde  $X(dB) = 10\log_{10}(X)$ . A equação de Friis é a equação fundamental para o planejamento do enlace de rádio, pois relaciona as potências transmitida e recebida, considerando as condições da transmissão (HAYKIN; MOHER, 2008). Ela fornece os requisitos essenciais para que o nível de potência requerida pelo receptor seja suficiente para ele detectar as informações que lhe foram transmitidas com confiabilidade (HAYKIN; MOHER, 2008).

### 7.3.2 Modelo de dois raios

A equação do espaço livre (Equação 7.2) considera que sempre existe uma linha de visada direta entre transmissor e receptor, não considera, entretanto, o efeito da superfície terrestre na comunicação. Esse fato raramente acontece com transmissões em solo, o que torna o modelo de espaço livre impreciso na grande maioria dos casos (RAPPAPORT, 2009).

O modelo de reflexão no solo, baseado na ótica geométrica, considera o caminho direto e um caminho de propagação refletido no solo entre o transmissor e o receptor, como ilustra a Figura 17 (RAPPAPORT, 2009).

Figura 17 – Modelo de reflexão no solo com dois raios.



Fonte: Adaptado de Rappaport (2009, p. 80)

A potência recebida a uma distância  $d$  do transmissor para o modelo de dois raios pode ser expressa como (RAPPAPORT, 2009):

$$P_R = P_T G_T G_R \frac{h_T^2 h_R^2}{d^4} \quad (7.4)$$

onde  $P_R$  é a potência recebida,  $P_T$  é a potência transmitida,  $G_T$  é o ganho da antena transmissora,  $G_R$  é o ganho da antena receptora,  $h_T$  é a altura do transmissor e  $h_R$  é a altura do receptor. Todo o desenvolvimento algébrico até chegar a Equação 7.4 pode ser encontrada em Rappaport (2009) ou Haykin e Moher (2008).

### 7.3.3 Modelo log-distância (log simplificado)

Os modelos de propagação baseados em medições em campo indicam que a potência média do sinal recebida cai logaritmicamente com a distância, seja em enlaces de rádio para ambientes fechados *indoor* ou abertos *outdoor* (RAPPAPORT, 2009). A perda de percurso média para a uma separação T-R qualquer é obtida em função da distância usando um expoente de perda de caminho,  $n$ , dada por

$$PL(d) \propto \left( \frac{d}{d_0} \right)^n \quad (7.5)$$

ou

$$PL(dB) = PL(d_0) + 10n \log_{10} \left( \frac{d}{d_0} \right)^n \quad (7.6)$$

onde  $PL$  é a perda média do percurso,  $n$  é o expoente de perda de caminho (indica a velocidade com a qual essa perda aumenta com relação a distância),  $d_0$  é a distância de referência próxima que é determinada pelas medições perto do transmissor, e  $d$  é a distância de separação T-R. O valor de  $n$  é calculado usando-se a equação de Friis (modelo de espaço livre) ou por medições de campo à distância  $d_0$ . A Tabela 1 lista os expoentes típicos de perda de percurso em diversos ambientes.

Tabela 3 – Expoentes de perda de percurso para diferentes ambientes.

Ambiente	Expoente de perda de percurso ( $n$ )
Espaço livre	2
Rádio-cellular em área urbana	2,7 a 3,5
Rádio-cellular urbano sombreado	3 a 5
Na linha de visão do prédio	1,6 a 1,8
Obstruído no prédio	4 a 6
Obstruído em prédio	2 a 3

Fonte: Rappaport (2009, p. 91).

#### 7.3.4 Modelo de Okumura–Hata

O modelo de Okumura-Hata baseia-se em medições puramente empíricas voltadas especificamente para a predição de sinal de redes celulares para diferentes ambientes. A melhor aplicação do modelo de Okumura-Hata acontece na faixa de frequência existente entre 150 MHz e 1 GHz, podendo ser estendido até 1,5 GHz (HAYKIN; MOHER, 2008; RAPPAPORT, 2009).

Os dados originais foram medidos por Okumura (entre outros) em diversos locais do Japão. Algum tempo depois, Hata forneceu a equação para predição da perda de propagação em área urbana, juntamente com outras equações de correção para aplicações em área suburbana e aberta.

As perdas do percurso, em dB, para esses três tipos de meios, respectivamente, são dadas pelas equações

$$\begin{aligned} L_P &= A + B \log_{10} r \\ L_P &= A + B \log_{10} r - C \\ L_P &= A + B \log_{10} r - D \end{aligned} \quad (7.7)$$

onde  $r$  é o alcance em quilômetros, os parâmetros  $A$ ,  $B$ ,  $C$  e  $D$  dependem da frequência de operação ( $f_c$ ), da altura da estação transmissora ( $h_T$ ) e da altura da estação receptora ( $h_R$ ). As fórmulas que permitem-nos determinar os valores de  $A$ ,  $B$ ,  $C$  e  $D$  encontram-se na literatura (HAYKIN; MOHER, 2008).

### 7.3.5 Modelo Multi–Wall-and–Floor

O modelo *Multi-Wall-and-Floor* (MWF) leva em consideração a perda decrescente de penetração de paredes/pisos da mesma categoria, à medida que o número de paredes/pisos atravessados aumenta, isto é, defende que a relação entre as perdas não segue uma linearidade lógica (LOTT; FORKEL, 2001). Por exemplo, dada uma perda de penetração de 2 dB em uma parede de concreto, essa mesma onda, ao penetrar em outra parede de mesma característica, não sofrerá uma atenuação de 2 dB como ocorrido no primeiro obstáculo.

O modelo MWF, proposto por Lott e Forkel (2001), é voltado especialmente para a análise dos efeitos da propagação em ambientes (*indoor*), pois esses locais concentram grande variedade de divisórias construídas com diferentes materiais. A perda sofrida por uma onda de rádio ao atravessar múltiplas paredes/pisos,  $L_P$ , pode ser dada pela seguinte equação:

$$L_P = L_0 + 10n \log_{10}(d) + \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^{K_{wi}} L_{wik} + \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{K_{fj}} L_{fjk} \quad (7.8)$$

onde  $L_0$  é a perda de trajetória a uma distância de 1m,  $n$  é o fator de perda do percurso,  $d$  é a distância entre o transmissor e o receptor,  $L_{wik}$  é a atenuação devida ao tipo de parede  $i$  e à  $k$ -ésima parede atravessada,  $L_{fjk}$  é a atenuação devida ao tipo de piso  $j$  e ao  $k$ -ésimo piso atravessado,  $I$  é o número de tipos de parede,  $J$  é o número de tipos de piso,  $K_{wi}$  é o número de paredes atravessadas do tipo  $i$  e  $K_{fj}$  é o número de paredes atravessadas do tipo  $j$ .

O valor da perda de penetração varia de acordo com o tipo de material ao qual o obstáculo foi construído. A Tabela 4 lista alguns valores de perda de penetração para determinado tipo de material na faixa de frequência de 5,8 GHz.

Tabela 4 – Valores de perda de penetração da parede para o modelo MWF para 5.8 GHz.

Material da parede	Espessura	$k = 1$
Madeira compensada	0.4 cm	$L_{w1I} = 0.9 \text{ dB}$
Parede de gesso (rebocada com 1mm de gesso)	13.5 cm	$L_{w2I} = 3.0 \text{ dB}$
Cartão áspero	1.5 cm	$L_{w3I} = 1.0 \text{ dB}$
Prato de vidro		$L_{w4I} = 2.5 \text{ dB}$
Janela de vidro duplo (com uma camada de ar de 12mm)	2.0 cm	$L_{w5I} = 12 \text{ dB}$
Parede de bloco de concreto armado	30.2 cm	$L_{w6I} = 10 \text{ dB}$

Fonte: Lott e Forkel (2001, p. 465).

## 8 REDES WI-FI

### 8.1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, a evolução dos sistemas e serviços de telecomunicações criou uma necessidade para seus usuários de estarem conectados “todo tempo” e “em qualquer lugar”, isto é, esses usuários desejam estar permanentemente *online*. Para esses usuários, os meios guiados (par trançado, cabo coaxial e fibra óptica) não têm a menor utilidade, pois uma característica essencial para cumprimento destas necessidades é a mobilidade.

No período em que as LANs cabeadas dominavam a infraestrutura de rede de computadores, somente era possível conectar computadores à Internet e entre si por meio de cabos padrão Ethernet. Este tipo de conexão é bastante popular, mas conta com algumas limitações, por exemplo: só se pode movimentar o computador até o limite de alcance do cabo; ambientes com um grande número computadores podem exigir adaptações na estrutura do prédio para a passagem dos fios; em uma residência, pode ser necessário realizar perfurações na parede para que os cabos alcancem outros cômodos; a manipulação constante ou incorreta pode fazer com que o conector do cabo de rede se danifique (ALECRIM, 2008).

Usuários móveis precisam transferir dados para seus dispositivos sem depender da infraestrutura de comunicação cabeada tradicional (TANENBAUM; WETHERALL, 2011). A resposta para esses usuários está na comunicação sem fios. Dentro das comunicações *wireless*, as LANs sem fio oferecem uma alternativa bastante interessante como meio de acesso à Internet.

As LANs sem fio são muito populares atualmente, especialmente nas residências, escritórios, instituições acadêmicas e outros lugares onde a instalação de cabos é muito trabalhosa ou inviável física e/ou financeiramente. Embora muitas tecnologias e padrões para LANs sem fio tenham sido desenvolvidos na década de 1990, uma classe particular de padrões surgiu claramente como a vencedora: a LAN sem fio IEEE 802.11, também conhecida como Wi-Fi (KUROSE; ROSS, 2013).

Wi-Fi, acrônimo de *Wireless Fidelity*<sup>1</sup> é o termo comumente usado para tecnologia que é padronizado pelo Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos (IEEE, do inglês, *Institute of Electrical and Electronics Engineers*) sob seus 802 padrões de redes locais. Estritamente falando, “Wi-Fi” é o nome da marca comercial dado a produtos que são certificados para serem interoperáveis pela Wi-Fi Alliance<sup>2</sup>, que é uma associação comercial que promove o Wi-Fi e

<sup>1</sup> Apesar de que a Wi-Fi Alliance nunca ter afirmado tal conclusão.

<sup>2</sup> <https://www.wi-fi.org/>

realiza as certificações de equipamentos (GORSHE *et al.*, 2014).

O padrão Wi-Fi opera nas faixas de 2,4 GHz e 5 GHz, dentro das faixas livres ISM. De qualquer forma, a desregulamentação do espectro da banda ISM estimulou décadas de inovação e tem sido o principal facilitador do acesso sem fio onipresente atualmente (GORSHE *et al.*, 2014).

Outro motivo para a proliferação de implementações Wi-Fi é a facilidade de configuração e compatibilidade com as redes Ethernet com fio que precederam o Wi-Fi (GORSHE *et al.*, 2014). No ambiente doméstico, a instalação de redes Wi-Fi tem sido relativamente livre de problemas. Mesmo para aqueles que não são tecnicamente experientes, uma instalação profissional não é cara, e geralmente pode ser fornecida pelo provedor de serviços de Internet local.

## 8.2 ELEMENTOS DE UMA REDE WI-FI

Assim como telefones celulares, televisões e rádios, uma rede Wi-Fi usa ondas de rádio que se propagam ao redor do ponto de acesso para estabelecer a comunicação entre os terminais conectados a ele.

Para que os dados possam ser enviados, o adaptador de rede do cliente os converte em sinal de rádio e os transmite através de uma antena. O ponto de acesso recebe o sinal e o decodifica para então enviá-los para a Internet usando uma conexão Ethernet física com fio padrão (BRAIN; WILSON; JOHNSON, 2001).

O processo inverso também funciona, com a estação-base recebendo dados da Internet, convertendo-os em um sinal de rádio e enviando-os ao adaptador sem fio do dispositivo de destino (BRAIN; WILSON; JOHNSON, 2001). Para que uma rede Wi-Fi exista e funcione como descrito anteriormente são necessários alguns componentes que desempenham funções fundamentais, tais como:

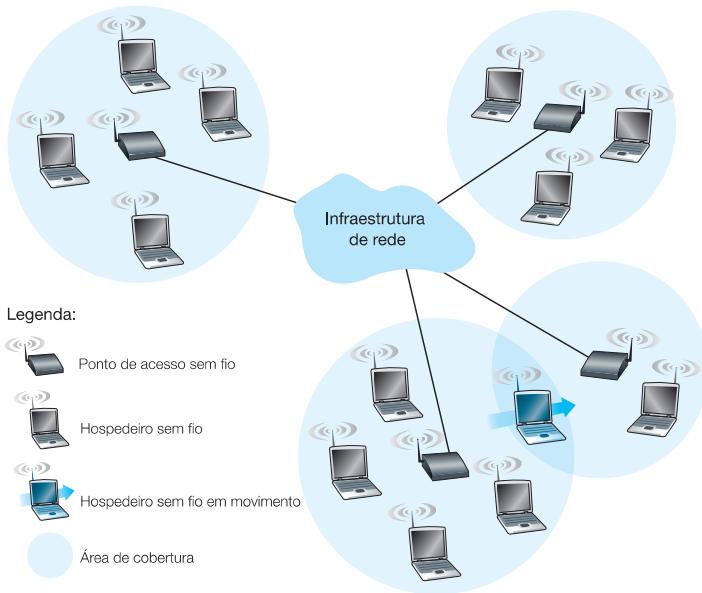
- Hospedeiros sem fio: são os dispositivos finais que utilizam os serviços providos pelo ponto de acesso (definido mais adiante). Um hospedeiro sem fio pode ser um *notebook*, um *tablet*, um *smartphone* ou um computador de mesa compatível (KUROSE; ROSS, 2013);
- Estação-base (ou ponto de acesso): as estações-base são partes fundamentais da infraestrutura de uma rede sem fio, elas possuem a responsabilidade de coordenar as transmissões dos hospedeiros a elas associadas (KUROSE; ROSS, 2013);
- Enlaces sem fio: são responsáveis pela comunicação dos hospedeiros com a ponto de

acesso por meio de um enlace de rádio, podem possuir taxas, distância e frequência de transmissão diferentes (KUROSE; ROSS, 2013);

- Infraestrutura de rede: cada estação-base está conectada a uma rede maior. Além disso, toda a comunicação é feita entre a estação-base e um hospedeiro sem fio através de um único salto sem fio, ou seja, sem nós intermediários (KUROSE; ROSS, 2013).

A disposição dos elementos descritos anteriormente pode ser vista na Figura 18.

Figura 18 – Elementos de uma rede Wi-Fi padrão.



Fonte: Kurose e Ross (2013, p. 383).

### 8.3 TOPOLOGIAS DE LANS SEM FIO

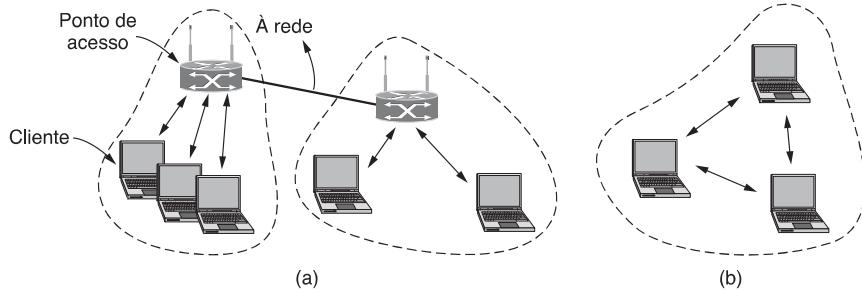
As LANs sem fio podem ser estruturadas para operar em dois modos: modo de infraestrutura e modo *ad hoc*.

No modo de infraestrutura, mostrado na Figura 19(a), cada cliente está associado a um ponto de acesso, que, por sua vez, está conectado a outra rede, geralmente à Internet. O cliente transmite e recebe seus pacotes por meio do ponto de acesso (TANENBAUM; WETHERALL, 2011). Essa topologia é a mais comumente usada, e não é diferente da topologia de uma rede celular.

O outro modo, mostrado na Figura 19(b), é um exemplo de rede *ad hoc*. Esse modo é um conjunto de terminais móveis que estão interligados de modo que possam enviar dados diretamente uns aos outros. Não existe ponto de acesso nessa configuração, portanto os próprios dispositivos são responsáveis pelo gerenciamento dos recursos da rede. Porém, como o acesso à Internet é a principal aplicação para redes sem fio, as redes *ad hoc* não são muito populares

(TANENBAUM; WETHERALL, 2011).

Figura 19 – Topologias de redes sem fio. (a) Modo de infraestrutura. (b) Modo *ad hoc*.



Fonte: Tanenbaum e Wetherall (2011, p. 188).

#### 8.4 VISÃO GERAL DO SISTEMA WI-FI

Um sistema de LAN sem fio Wi-Fi geralmente consiste em dois tipos de nós: clientes e pontos de acesso. O ponto de acesso (Figura 20), também chamado de roteador sem fio é o ponto central de qualquer rede sem fio. O ponto de acesso conecta todos os equipamentos sem fio à rede tradicional cabeada, onde está a conexão com a Internet.

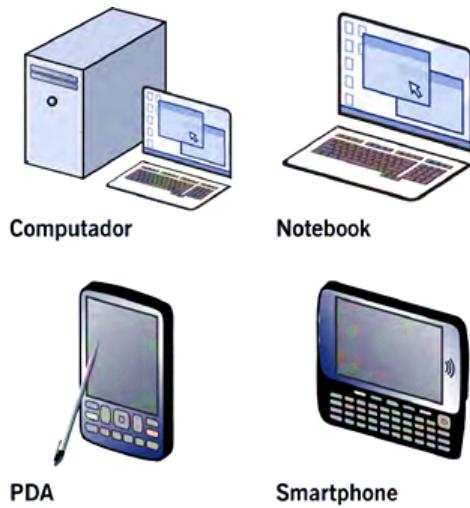
Figura 20 – Ponto de acesso da fabricante 3Com.



Fonte: Alecrim (2008).

Os clientes da rede sem fio são os computadores de mesa, *notebooks*, agendas eletrônicas (PDA, do inglês, *Personal Digital Assistant*), *smartphones* e até consoles de videogame (Figura 21). Para conectarem-se a uma rede sem fio, os equipamentos precisam ter uma interface Wi-Fi. Atualmente, a maioria dos clientes já possui uma placa Wi-Fi integrada de fábrica.

Figura 21 – Exemplos de clientes sem fio.

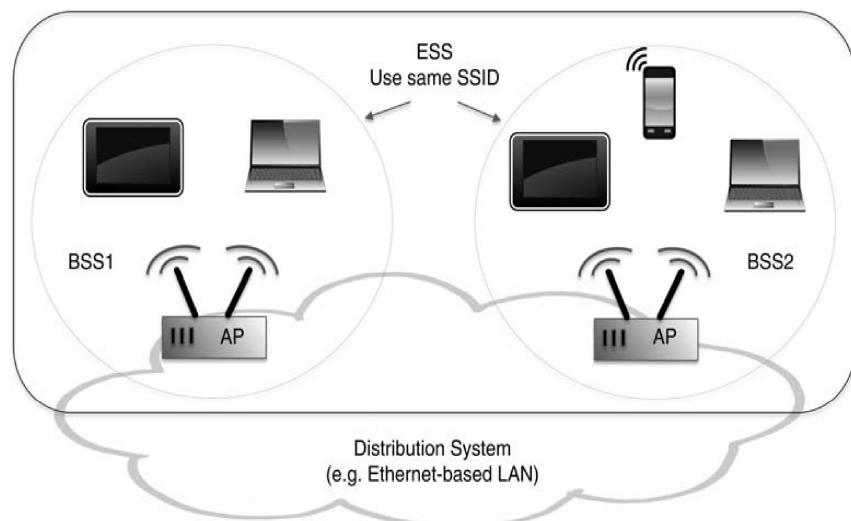


Fonte: UFF (2010, p. 8).

## 8.5 ARQUITETURA DA LAN SEM FIO 802.11

A Figura 22 ilustra os principais elementos da arquitetura de uma LAN sem fio 802.11. O bloco de construção fundamental da arquitetura 802.11 é o Conjunto Básico de Serviço (BSS, do inglês, *Basic Service Set*). Um BSS contém uma ou mais estações sem fio e um ponto de acesso e possui a função de controlar quando cada cliente móvel pode transmitir. O Sistema de Distribuição (DS, do inglês, *Distribution System*) é o local da topologia onde os pontos de acesso se interconectam numa rede cabeadas, podendo ser numa rede padrão Ethernet ou num *backbone*. O Ponto de Serviço Estendido (ESS, do inglês, *Extended Service Set*) é o ponto ou um grupo de pontos básicos de serviço interconectados por um sistema de distribuição (MORAES, 2010).

Figura 22 – Arquitetura típica de uma LAN IEEE 802.11.



Fonte: Gorshe *et al.* (2014, p. 308).

Outro ponto importante na arquitetura 802.11 consiste no fato de a rede permitir a mudança automática e transparente para o usuário quando este sai de sua célula (BSS) e vai para outra célula vizinha, processo este conhecido como *roaming*. Cada célula contém o seu ponto de acesso e por esse motivo o *roaming* multicanal oferece maior abrangência e mobilidade ao sistema (MORAES, 2014).

## 8.6 PADRÃO IEEE 802.11

Desde a introdução das redes sem fio como meio de acesso à Internet, o sucesso das mesmas só cresceu, com isso várias empresas procuram formas de padronizar essa tecnologia. O problema é que cada empresa criou seu próprio padrão de rede, o que dificultava a compatibilidade entre equipamentos e protocolos. Entretanto, para que os equipamentos pudessem se comunicar entre si, deveriam usar os mesmos padrões de comunicação. Com o objetivo de garantir a interoperabilidade dos diversos tipos de equipamentos e fabricantes existentes, o Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE, do inglês, *Institute of Electrical and Electronics Engineers*) criaram, em 1997, após sete anos de pesquisa e desenvolvimento, o padrão IEEE 802.11, o primeiro a ser desenvolvido por uma instituição independente, o que impulsionou a sua grande aceitação entre as empresas fabricantes de equipamentos (UFF, 2010).

À medida que a tecnologia de redes sem fio evoluiu, o padrão IEEE 802.11 foi expandido de forma a melhorar aspectos da rede, como a taxa de transmissão e a segurança. Estas melhorias foram incorporadas sob a forma de “emendas”, designadas por letras acrescentadas ao nome do padrão, como, por exemplo, IEEE 802.11a (UFF, 2010). A seguir, algumas das principais “emendas” são explicadas com algum detalhe, de acordo com o ano de surgimento.

### 8.6.1 IEEE 802.11b

O padrão 802.11b foi o primeiro padrão IEEE 802.11 aprovado a se popularizar em setembro de 1999. Ele opera na faixa entre 2,4 e 2,4835 GHz e tem a possibilidade de estabelecer conexões nas seguintes velocidades de transmissão: 1 Mbps, 2 Mbps, 5,5 Mbps e 11 Mbps (MORAES, 2010; UFF, 2010).

### 8.6.2 IEEE 802.11a

O padrão 802.11a foi lançado no mesmo ano que o 802.11b e, apesar de oferecer taxas mais altas, não alcançou a mesma popularidade. As taxas adicionais oferecidas pela emenda “a”

são: 6 Mbps, 9 Mbps, 12 Mbps, 18 Mbps, 24 Mbps, 36 Mbps, 48 Mbps e 54 Mbps.

As frequências utilizadas por este padrão estão entre 5,725 e 5,875 GHz. Nesta faixa de frequência mais alta, o sinal é mais suscetível a perdas de propagação, diminuindo seu alcance em comparação com a faixa utilizada pelo IEEE 802.11b. Em contrapartida, o uso desta frequência pode ser atraente por estar menos sujeita a interferência de outras fontes. Não existe compatibilidade entre o 802.11a e o 802.11b, pois eles operam em duas faixas de frequência distintas (MORAES, 2010; UFF, 2010).

### **8.6.3 IEEE 802.11g**

O padrão 802.11g, lançado em 2003, pode ser considerado o sucessor do padrão 802.11b, pois opera na mesma faixa de frequência de 2,4 GHz. Dispositivos que implementam o 802.11g costumam ser retrocompatíveis, isto é, implementam também o 802.11b, sendo muitas vezes especificados como dispositivos 802.11b/g. Sua principal vantagem é a possibilidade de operar com taxas de transmissão de até 54 Mbps, como o IEEE 802.11a, e ao mesmo tempo ter o alcance do IEEE 802.11b (MORAES, 2010; UFF, 2010).

### **8.6.4 IEEE 802.11n**

O desenvolvimento do padrão 802.11n foi iniciado em 2004 e publicado em 2009. Este padrão pode operar nas faixas de 2,4 GHz e 5 GHz, o que o torna compatível com os padrões anteriores. Sua principal característica é o aumento considerável das taxas de transferência de dados através da combinação de múltiplas vias de transmissão (MIMO, do inglês, *Multiple-Input and Multiple-Output*). O padrão 802.11n pode operar com taxas de transmissão de dados de até 600 Mbps em um canal de 40 MHz (MORAES, 2010).

### **8.6.5 IEEE 802.11ac**

O padrão IEEE 802.11ac foi desenvolvido entre 2011 e 2013 e publicado em dezembro de 2013. Pode ser considerado como o sucessor, em termos de taxa de transmissão, do IEEE 802.11n (ALECRIM, 2008). A principal vantagem do 802.11ac está em sua velocidade, estimada em até 433 Mbps no modo mais simples. Mas, teoricamente, é possível fazer a rede superar os 6 Gbps em uma configuração que utiliza múltiplas antenas transmissoras (no máximo, oito antenas podem ser utilizadas). Pelo fato dos equipamentos comumente saírem de fábrica com três antenas, a taxa máxima de transmissão é de aproximadamente de 1,3 Gbps (ALECRIM,

2008).

O 802.11ac trabalha na frequência de 5 GHz, sendo que, dentro desta faixa, cada canal pode ter, por padrão, largura de 80 MHz ou 160 MHz como opcional. Além disso, o 802.11ac possui técnicas de modulação avançadas. Precisamente, o padrão trabalha com a técnica MU-MIMO (do inglês, *Multi-User MIMO*), que permite que sejam transferidos e recebidos dados simultaneamente para todos os terminais, o que resulta em uma melhoria nas velocidades de transferência na mesma frequência de operação (ALECRIM, 2008).

#### 8.6.6 IEEE 802.11ax

O padrão 802.11ax, chamado Wi-Fi 6, um nome mais simples e comercial atribuído pela Wi-Fi Alliance, é o sucessor do 802.11ac. Até momento deste trabalho o Wi-Fi 6 encontra-se em processo de desenvolvimento. Entretanto, já existe fabricantes trabalhando em novos equipamentos compatíveis com o novo padrão de rede sem fio (PLAZA, 2018).

Com o IEEE 802.11ax a previsão é que os equipamentos consigam operar com a velocidade máxima de 14 Gbps, enquanto na prática a transmissão estará próxima dos 11 Gbps. Diferentemente do 802.11ac que opera apenas na banda de 5 GHz, o Wi-Fi 6 é *dual band* (opera em 2,4 GHz e 5 GHz). Outras promessas são um consumo de energia menor para os dispositivos conectados e uma maior capacidade em manter um bom alcance mesmo com a presença de barreiras, como paredes, que acabam atrapalhando a propagação do sinal pelo ambiente (PLAZA, 2018).

A visão resumida dos padrões IEEE 802.11 apresentados anteriormente é mostrada na Tabela 5.

Tabela 5 – Resumo dos padrões IEEE 802.11.

Padrão	Ano	Banda de Frequência	Throughput Máximo (Proposto)
IEEE 802.11b	1999	2.4 GHz	11 Mbps
IEEE 802.11a	1999	2.4 GHz	54 Mbps
IEEE 802.11g	2003	5 GHz	54 Mbps
IEEE 802.11n	2009	2.4 GHz/5 GHz	600 Mbps
IEEE 802.11ac	2013	5 GHz	6 Gbps
IEEE 802.11ax	Em desenvolvimento	2.4 GHz/5 GHz	14 Gbps

Fonte: Adaptado de Kar e Dappuri (2018).

Nota: *Throughput*, em português, significa taxa de transferência.

## 8.7 PLANEJAMENTO/AVALIAÇÃO DE REDES WI-FI

Caso surja a necessidade de se planejar a conexão de dispositivos em escritório, residência ou *campus* em uma rede, a implantação da tecnologia Wi-Fi é a solução mais fácil e rápida. A implantação adequada dos componentes básicos (pontos de acesso, cabos e conectores) e a sintonia entre eles é o principal requisito para uma comunicação eficiente e rápida entre os terminais (KAR; DAPPURI, 2018). Para obter um desempenho otimizado de uma LAN sem fio Wi-Fi, é essencial realizar o *site survey* e o planejamento de radiofrequência antes da implantação.

Porém, é importante salientar que uma rede sem fio jamais chega ao mesmo nível de performance da rede cabeada tradicional (MORAES, 2010). Consideremos também que o meio não guiado e a frequência são compartilhados: quanto mais estações conectadas, menor o desempenho final da rede.

## 8.8 SITE SURVEY

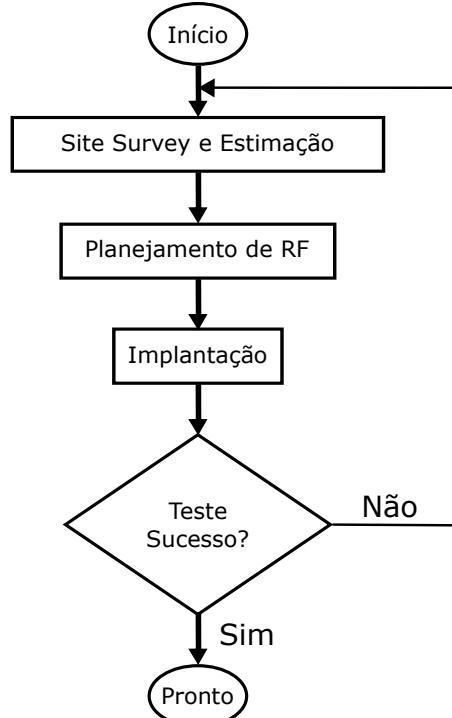
Um procedimento muito importante para o projeto de uma rede sem fio é a utilização de uma metodologia chamada *site survey* (em português, pesquisa do local). Essa metodologia consiste na inspeção técnica minuciosa do local onde será instalada a nova rede, na avaliação dos resultados obtidos da infraestrutura existente ou na identificação e solução dos problemas de um sistema já em funcionamento (PINHEIRO, 2004).

O *site survey* é uma ferramenta indispensável para detectar e ultrapassar problemas de performance após a implantação de uma nova infraestrutura ou ampliação da rede existente. Durante a inspeção do local, devem ser levantados dados técnicos das condições arquitetônicas do local, que inclui verificar a existência ou não de obstáculos que possam dificultar a distribuição do cabeamento, o posicionamento de equipamentos, a segurança do sistema, etc. (MORAES, 2010; PINHEIRO, 2004).

No caso específico das redes Wi-Fi, além das condições arquitetônicas do local, a inspeção deve contemplar a análise de possíveis fontes de interferência de radiofrequência, níveis e condições de propagação do sinal, área de cobertura (ou sem cobertura), servindo como fonte adicional de informação para o projeto de posicionamento dos pontos de acesso (PINHEIRO, 2004). Em seguida, no planejamento de radiofrequência, finalizada a coleta de dados via *site survey*, ajustes finais são feitos nos parâmetros de rede para obter um desempenho otimizado (KAR; DAPPURI, 2018). A sequência completa de etapas do *site survey* em redes wireless está ilustrada pelo fluxograma da Figura 23. Para uma descrição mais detalhada de cada etapa do

processo, consulte Kar e Dappuri (2018).

Figura 23 – Fluxograma para o processo completo do *Site Survey*.



Fonte: Adaptado de Kar e Dappuri (2018).

O principal objetivo de um *site survey* é assegurar que o número, localização e configuração dos pontos de acesso forneçam as funcionalidades requeridas e propiciem um desempenho compatível com a demanda exigida ou com o investimento definido no projeto (PINHEIRO, 2004). Isso possibilita que todas as estações desfrutem de qualidade nas conexões, tendo total acesso aos serviços disponíveis na rede.

O problema encontrado com maior frequência em redes sem fio é a degradação do sinal devido aos múltiplos caminhos de propagação (multipercurso), causado por reflexões das ondas de rádio em objetos. Portanto, as antenas dos pontos de acesso devem estar dispostas longe de superfícies refletoras, a fim de diminuir as perdas causadas por esse fenômeno (KAR; DAPPURI, 2018).

O processo de pesquisa do local pode ser executado manualmente ou usando um software dedicado. A pesquisa manual consiste essencialmente de uma avaliação baseada em *hardware* posteriormente a implantação da rede, enquanto a pesquisa preditiva do local, além da pesquisa em si, inclui o planejamento baseado em simulação computacional (KAR; DAPPURI, 2018).

É possível classificar o *site survey* para redes sem fio em duas categorias dependendo do tipo de ambiente: (*indoor*) ou (*outdoor*).

*Site survey indoor:* consiste em realizar a inspeção buscando interferências, localização e número de pontos de acesso. O equipamento utilizado é basicamente um *notebook* provido de um software dedicado instalado e configurado. Esse tipo de inspeção fornece gráficos de intensidade de sinais (mapa de calor), o que torna o análise da cobertura mais precisa e clara. Em prédios, a inspeção pode ser executada em apenas um andar ou em múltiplos andares (RODRIGUES; SANTOS, 2007 apud GEIER, 2002, p. 73).

*Site survey outdoor:* consiste em realizar a inspeção de redes *wireless* em uma escala muito maior que a existente na modalidade *indoor*. Além da localização e posição de pontos de acesso e das antenas de transmissão de grande porte, verifica-se a existência de linha de visada direta ou não com o fonte transmissora (PINHEIRO, 2004). Essa modalidade de inspeção produz mapas de calor com maior complexidade de análise, devido às dimensões do terreno, da variabilidade do relevo e da grande quantidade de fontes de interferência (RODRIGUES; SANTOS, 2007 apud GEIER, 2002, p. 73).

### 8.8.1 Softwares de Site Survey

Implantar uma rede Wi-Fi que cubra uma grande área e com um sinal forte não é uma tarefa fácil. Devido à interferência causada por outras redes Wi-Fi e à presença de grandes obstáculos tais como paredes e mobília, muitas redes Wi-Fi são castigadas por quedas frequentes da conexão, velocidades baixas, e a presença de zonas sem cobertura de sinal (áreas de sombra).

No entanto, é possível otimizar o desempenho de uma rede Wi-Fi com a ajuda de uma ferramenta de *software* específica que gere, por exemplo, um mapa de calor, que consiste em um mapa da cobertura e força do sinal *wireless* baseado na representação real do local de interesse. No mapa de calor é possível identificar, de acordo com a colorização dos setores, onde o nível de potência do sinal é mais forte ou mesmo inexiste, contribuindo para eventuais alterações na infraestrutura da rede.

#### 8.8.1.1 NetSpot

Disponível para o sistema operacional MacOS e Windows, NetSpot é a ferramenta de *software* de *site survey* paga projetada para ser utilizada tanto por profissionais quanto por usuários domésticos. Dispõe de uma interface gráfica intuitiva, facilitando sua utilização.

Com o NetSpot é possível criar, na janela *survey*, um mapa de calor a partir do *upload* do arquivo que representa o local real (Figura 24). Em seguida, basta o deslocamento de um local a

outro para a coleta dos dados e aguardar a construção automática do gráfico com a intensidade do sinal de cada ponto. Além disso, o NetSpot possui a capacidade de analisador Wi-Fi, coletando informações detalhadas sobre as redes *wireless* próximas, incluindo o seu nome (SSID, do inglês, *Service Set Identifier*), o tipo de segurança que usam, em qual canal transmitem, e a potência do sinal, entre outras características (MELHORES..., c2019).

Figura 24 – Tela de *survey* do NetSpot.

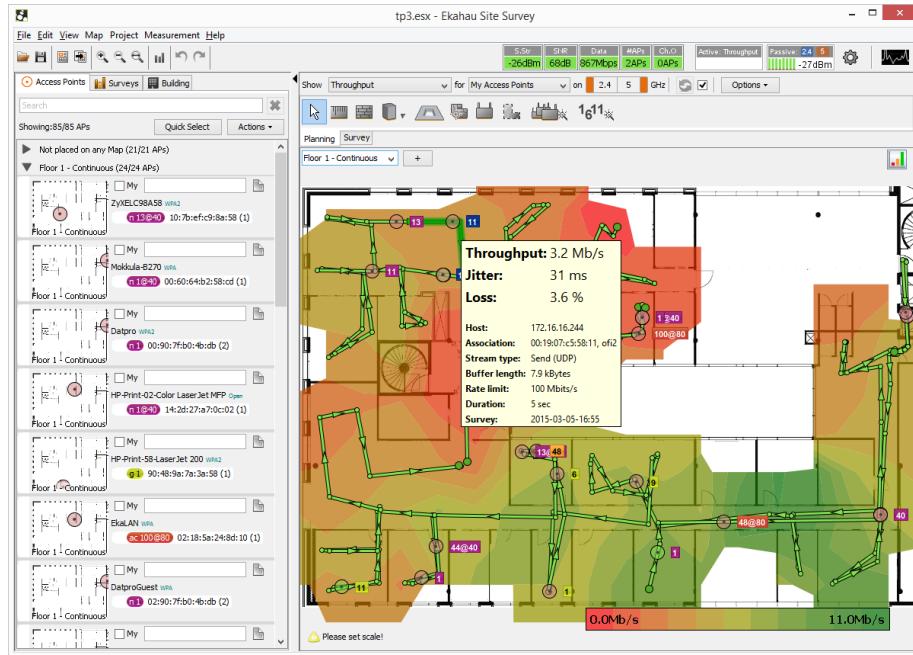


Fonte: Melhores... (c2019).

#### 8.8.1.2 Ekahau HeatMapper

Ekahau HeatMapper é um *software* de inspeção objetivo, com suporte para os padrões 802.11a/b/g/n e uma interface de usuário simples (Figura 25). Esta ferramenta, além do mapa de calor, pode descobrir automaticamente todos os pontos de acesso próximos e detectar as suas configurações básicas (EKAHAU..., c2019). O Ekahau HeatMapper pode ser adquirido gratuitamente pelo site do desenvolvedor e funciona em qualquer notebook com Windows ou computador *desktop* com um adaptador Wi-Fi.

Figura 25 – Tela de principal do Ekahau HeatMapper.



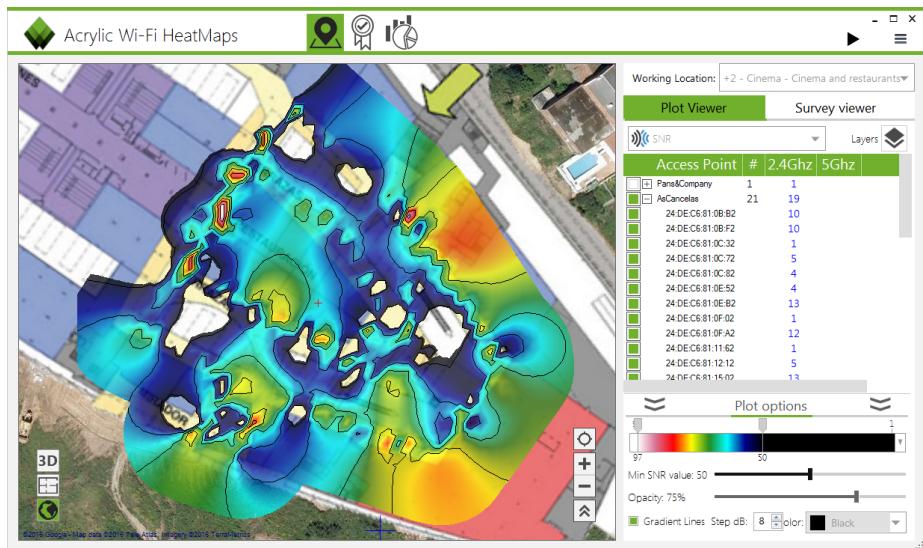
Fonte: Ekahau... (c2019).

#### 8.8.1.3 Acrylic Wi-Fi Heatmaps

O Acrylic Wi-Fi Heatmaps consiste de uma ferramenta avançada de análise de rede sem fio para obter uma visão detalhada do cenário *wireless* ao redor. O Acrylic Wi-Fi Heatmaps pode analisar tanto o espectro de frequência de 2.4 GHz quanto o de 5 GHz e gerar mapas de calor detalhados e relatórios em uma variedade de formatos de arquivo comum (Word, CSV, KMZ) (MELHORES..., c2019).

O gráfico de cobertura de sinal gerado por esta ferramenta de software (ilustrado na Figura 26) pode ser baseado tanto em mapas online, bem como em mapas importados pelo usuário. O Acrylic Wi-Fi Heatmaps torna possível editar os mapas gerados, que é algo que os profissionais podem apreciar. O *software* está disponível gratuitamente para experimentação limitada, tendo a opção de compra com todas as funcionalidades liberadas.

Figura 26 – Tela de geração de mapas de calor do Acrylic Wi-Fi Heatmaps.



Fonte: Melhores... (c2019).

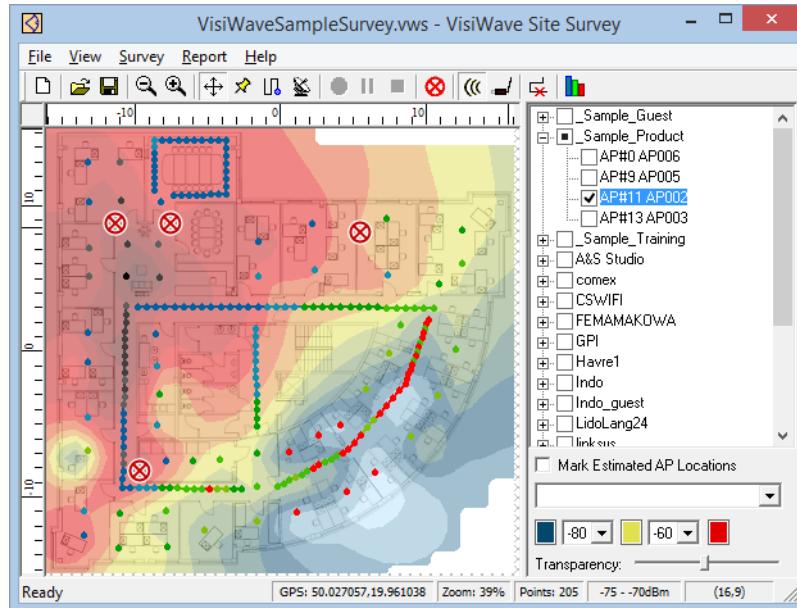
#### 8.8.1.4 VisiWave Site Survey

O VisiWave Site Survey destina-se especialmente a inspeções de larga escala, como pode ser visto na Figura 27, sendo capaz de fornecer três métodos eficazes para a captura de dados: um ponto de cada vez; caminhadas contínuas pela área de pesquisa e posicionamento GPS (do inglês, *Global Positioning System*) para levantamentos ao ar livre.

É possível criar relatórios personalizados ou reutilizar modelos de relatórios para visualizar sua cobertura ou visualizar interativamente os dados de cobertura no Google Earth<sup>3</sup> (MELHORES..., c2019). O VisiWave Site Survey suporta a maioria dos adaptadores de rede Wi-Fi, e não requer nenhum componente de *hardware* especial para funcionar.

<sup>3</sup> Google Earth é um programa de computador desenvolvido e distribuído pela empresa estadunidense do Google cuja função é apresentar um modelo tridimensional do globo terrestre, construído a partir de mosaico de imagens de satélite obtidas de diversas fontes.

Figura 27 – Tela de geração de mapas de calor do VisiWave Site Survey.

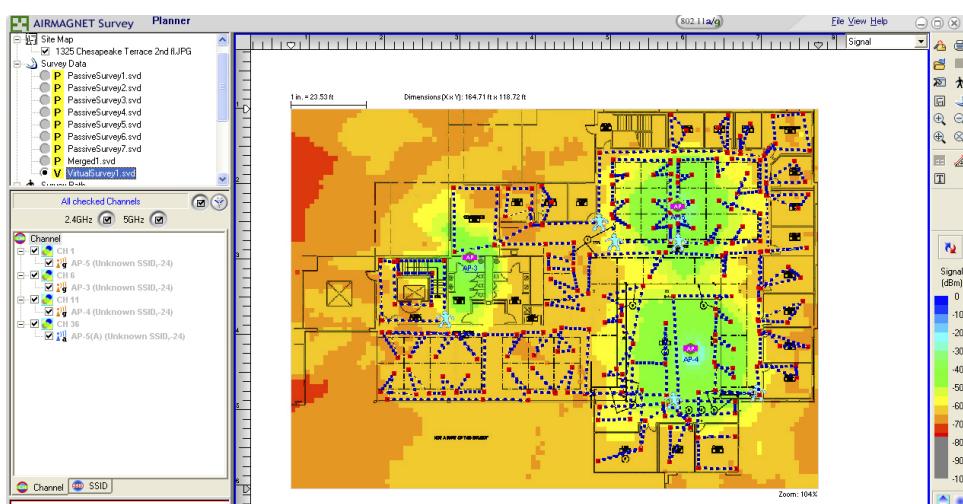


Fonte: Melhores... (c2019).

#### 8.8.1.5 AirMagnet Survey PRO

O AirMagnet Survey PRO pode criar um mapa de calor de leitura fácil para sinal/ruído, taxa de transferência de LAN sem fio, taxas de dados, taxas de repetição e as perdas de pacotes da rede, aliado com uma interface gráfica visualmente rica em opções (Figura 28). Este *software* suporta todos os padrões de rede Wi-Fi e possui suporte a um grande número de recursos (MELHORES..., c2019).

Figura 28 – Tela de geração de mapas de calor do AirMagnet Survey PRO.

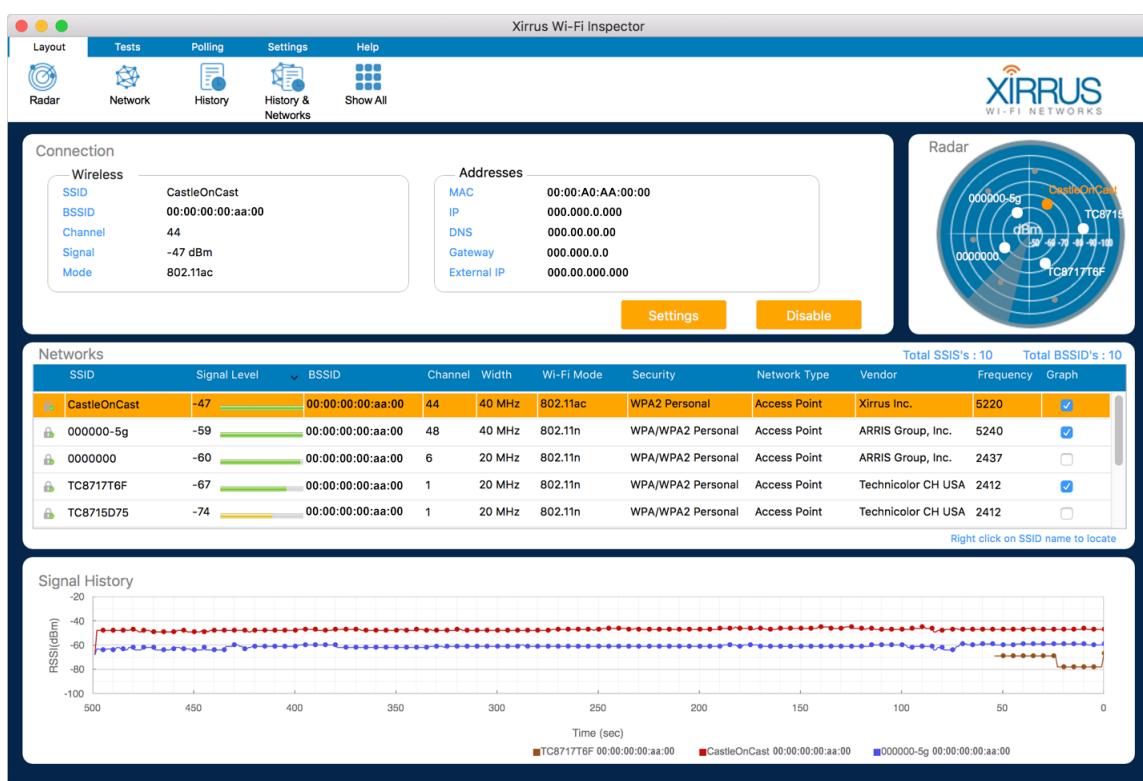


Fonte: Melhores... (c2019).

### 8.8.1.6 Xirrus Wi-Fi Inspector

O Xirrus Wi-Fi Inspector é um *software* de análise direcionado principalmente para usuários que frequentemente acessam a Internet utilizando computadores portáteis e desejam um método fácil de encontrar redes Wi-Fi, disponível em versão grátis e paga, e com uma interface gráfica amigável e simples (Figura 29). Além de mostrar o SSID, velocidade e o tipo de segurança de cada rede disponível, o programa ainda indica a distância de cada ponto de acesso em relação ao usuário e permite realizar uma série de testes que verificam tanto a velocidade da conexão quanto sua estabilidade.

Figura 29 – Tela principal do Xirrus Wi-Fi Inspector.



Fonte: Wi-Fi... (c2019).

## REFERÊNCIAS

- ABRAMSON, N. The Aloha System: Another Alternative for Computer Communications. In: **Proceedings of the November 17-19, 1970, Fall Joint Computer Conference**. New York, NY, USA: ACM, 1970. (AFIPS '70 (Fall)), p. 281–285. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1478462.1478502>>. Acesso em: 16 mar. 2019.
- AKKAYA, K. Wireless & Network Security. **Slide Player**, c2019. Disponível em: <<https://slideplayer.com/slide/5004053/>>. Acesso em: 06 maio 2019.
- AKPAIDA, V. O. A.; ANYASI, F. I.; UZAIRUE, S. I.; IDIM, A. I.; ALASHIRI, O. A review investigation on outdoor and indoor propagation models. **Journal of Materials Science Research and Reviews (JMSRR)**, Nigéria, 2018. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/326422832\\_A\\_Review\\_Investigation\\_on\\_Outdoor\\_and\\_Indoor\\_Propagation\\_Models](https://www.researchgate.net/publication/326422832_A_Review_Investigation_on_Outdoor_and_Indoor_Propagation_Models)>. Acesso em: 07 abr. 2019.
- ALECRIM, E. **O que é Wi-Fi (IEEE 802.11)?** 2008. Disponível em: <<https://www.infowester.com/wifi.php>>. Acesso em: 11 mar. 2019.
- BRAIN, M.; WILSON, T. V.; JOHNSON, B. How wifi works. **How Stuff Works**, 2001. Disponível em: <<https://computer.howstuffworks.com/wireless-network.htm>>. Acesso em: 16 maio 2019.
- EKAHAU HeatMapper. **Ekahau**, c2019. Disponível em: <<https://www.ekahau.com/products/heatmapper/overview/>>. Acesso em: 20 maio 2019.
- FARIAS, P. C. B. **Redes Wireless**. 2005. Disponível em: <<https://www.juliobattisti.com.br/tutoriais/paulocfarias/redeswireless001.asp>>. Acesso em: 13 mar. 2018.
- FLICKENGER, R. **Redes sem fio no mundo em desenvolvimento**: Um guia prático para o planejamento e a construção de uma infra-estrutura de telecomunicações. Tradução de Cesar Brod. Seattle, WA, USA: Hacker Friendly LLC, 2008.
- GABRIEL, C.; FELLAH, A. Wba Industry Report 2017. **Marvedis Rethink – Wireless Broadband Alliance**, 2017. Disponível em: <<https://www.wballiance.com/wp-content/uploads/2017/12/WBA-Industry-Report-2017.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2019.
- GAST, M. **802.11 Wireless Networks**: The Definitive Guide. Sebastopol, Califórnia, USA: O'Reilly, 2002. 13–33 p.
- GEIER, J. Site survey tools simplify 802.11. **Wi-Fi Planet**, 2002. Disponível em: <<http://www.wi-fiplanet.com/tutorials/article.php/953661>>. Acesso em: 10 mar. 2006.
- GORSHE, S.; RAGHAVAN, A.; STARR, T.; GALLI, S. WiFi: IEEE 802.11 Wireless LAN. In: **Broadband Access: Wireline and Wireless – Alternatives for Internet Services**. Wiley Telecom, 2014. p. 305–321. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8044254>>. Acesso em: 26 maio 2017.
- HAYKIN, S.; MOHER, M. **Sistemas modernos de comunicações wireless**. Tradução de Glayson Eduardo de Figueiredo, José Lucimar do Nascimento. Porto Alegre: Bookman, 2008.

- KAR, P.; DAPPURI, B. Site survey and radio frequency planning for the deployment of next generation wlan. In: **2018 International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET)**. IEEE, 2018. p. 1–4. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8538731>>. Acesso em: 09 abr. 2019.
- KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. **Redes de Computadores e a Internet**: uma abordagem top-down. 6. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.
- LOTT, M.; FORKEL, I. A multi-wall-and-floor model for indoor radio propagation. In: **IEEE VTS 53rd Vehicular Technology Conference, Spring 2001. Proceedings (Cat. No.01CH37202)**. Rhodes, Grécia: IEEE, 2001. v. 1, p. 464–468. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/944886>>. Acesso em: 08 abr. 2019.
- MELHORES ferramentas de heatmap (mapa de calor) WiFi. **NetSpot**, c2019. Disponível em: <<https://www.netspotapp.com/pt/best-wifi-heatmap-software.html>>. Acesso em: 28 mar. 2019.
- MORAES, A. F. de. **Redes sem Fio**: Instalação, Configuração e Segurança: Fundamentos. São Paulo: Érica, 2010.
- NAJNUDEL, M. **Estudo de propagagação em ambientes fechados para o planejamento de WLANs**. 136 f. Dissertação (Mestrado) — Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.
- PINHEIRO, J. M. S. **Site Survey, o Segredo de um Bom Projeto**. 2004. Disponível em: <[http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo\\_site\\_survey.php](http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_site_survey.php)>. Acesso em: 27 maio 2018.
- PLAZA, W. R. **Wi-Fi 6 (802.11ax)**: tudo o que você precisa saber sobre a nova geração wireless. 2018. Disponível em: <<https://www.hardware.com.br/artigos/wi-fi-6-802-11ax-tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-a-nova-geracao-wireless/>>. Acesso em: 16 abr. 2019.
- RADIO Concepts. **YateBTS**, 2015. Disponível em: <[https://wiki.yatebts.com/index.php/Radio\\_Concepts](https://wiki.yatebts.com/index.php/Radio_Concepts)>. Acesso em: 04 abr. 2019.
- RAPPAPORT, T. S. **Comunicações sem fio**: Princípios e práticas. Tradução de Daniel Vieira; Revisão técnica por Luiz Carlos. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.
- RODRIGUES, W. C. d. J.; SANTOS, E. F. dos. Site survey: mapeamento, detecção de vulnerabilidades e análise de sinal de redes sem fio. **Exacta**, Universidade Nove de Julho, São Paulo, v. 5, n. 1, jan./jun. 2007.
- SCHWARTZ, M.; ABRAMSON, N. The Alohanet – surfing for wireless data [History of Communications]. **IEEE Communications Magazine**, v. 47, n. 12, p. 21–25, Dec. 2009. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5350363&isnumber=5350354>>. Acesso em: 16 mar. 2019.
- SOUND Absorption. **Megasorber**, c2019. Disponível em: <<https://www.megasorber.com/4fold-approach/sound-absorption.html>>. Acesso em: 05 abr. 2019.
- TANENBAUM, A. S.; WETHERALL, D. **Redes de Computadores**. 5. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2011.
- TEIXEIRA, M. M. Reflexão e refração da luz. **Alunos Online**, c2019. Disponível em: <<https://alunosonline.uol.com.br/fisica/reflexao-e-refracao-da-luz.html>>. Acesso em: 05 abr. 2019.

UFF. Universidade Federal Fluminense. Departamento de Engenharia de Telecomunicações.  
**Cartilhas UCA:** Redes sem fio. Rio de Janeiro: RNP, 2010. Versão 1.0.1.

WI-FI Inspector: Wi-fi management for mac os and windows. **Riverbed**, c2019. Disponível em:  
<<https://www.riverbed.com/products/xirrus/inspector.html>>. Acesso em: 28 mar. 2019.