

UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

ANDRELINA MOARES BITTENCOURT

ANÁLISE DO DESEMPENHO DOS CABOS IRRADIANTES PARA A TRANSMISSÃO
WIRELESS DE INTERNET

São Paulo
2013

ANDRELINA MORAES BITTENCOURT

ANÁLISE DO DESEMPENHO DOS CABOS IRRADIANTES PARA A TRANSMISSÃO
WIRELESS DE INTERNET

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação Lato Sensu da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie, como requisito parcial para a obtenção do título de especialista em Engenharia de Telecomunicações.

ORIENTADORA: PROF^a. DR^a. IVANILDA MATILE

São Paulo

2013

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sabedoria, entendimento, que me concedeu e pela oportunidade que me deu continuar os meus estudos, nessa instituição de ambiente familiar.

À professora Ivanilda Matile, que esteve sempre me orientando e à minha disposição no decorrer deste trabalho.

À minha mãe pela força e incentivo que sempre me deu.

Ao senhor Valdomiro Lopes do Instituto Presbiteriano Mackenzie, pela orientação no levantamento dos dados do cabo irradiante que esteve ao meu dispor.

RESUMO

A Internet se tornou uma ferramenta muito importante para sociedade. A cada dia, mais pessoas estão se conectando para poder executar as suas atividades cotidianas, como transações bancárias e correspondência eletrônica (e-mail). As pessoas buscam por informações de vários tipos, fazem compras de forma muito mais simples e rápida. Ao aumentar o nível de inclusão digital é preciso utilizar todas as ferramentas tecnológicas possíveis. Neste trabalho foi mostrada a tecnologia dos cabos irradiantes para ambientes *indoor*, onde os sinais *wireless* não conseguem chegar. O cabo irradiante é um cabo coaxial com aberturas no condutor externo que possibilitam a entrada e saídas de potência de rádio frequência, com alta qualidade de dielétrico. Foram feitas medições de nível de sinal com o cabo instalado e com uma antena padrão do roteador. Os resultados demonstraram que para o tipo de ambiente do estudo (grande área aberta) o desempenho do cabo irradiante superou, com grande vantagem, o desempenho das antenas convencionais dos roteadores *wireless*.

Palavras-Chave: Cabo Irradiante. Antena. Sem fio.

ABSTRACT

The Internet has become a very important tool for society. Every day, more people are connecting to be able to perform their daily activities, such as banking and electronic mail (e-mail). People seek information of various kinds, shopping so much easier and faster. By increasing the level of digital inclusion is necessary to use all the technological tools possible this work was shown the technology of radiating cables for indoor environments where wireless signals can not reach. The radiating cable is a coaxial cable with the outer conductor openings that allow the input and output power radio frequency, with high quality dielectric. Level measurements were made with the cable signal with an antenna installed and default router. The results showed that for the type of study environment (large open area) the performance of the radiating cable topped with great advantage, the performance of conventional antennas of the wireless routers.

Keywords: Radiating Cables. Antenna. *Wireless*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Desenho 1 — Onda eletromagnética linearmente polarizada.	18
Desenho 2 — Diagrama esquemático de uma transmissão de sinal sem fio.....	19
Diagrama 1 — Diagrama de radiação representação gráfica.	21
Diagrama 2 — Diagrama de radiação de uma antena.	22
Desenho 3 — Cabo irradiante.	25
Desenho 4 — Modelos de cabo irradiante.....	26
Desenho 5 — Modelo de access point (AP).....	27
Desenho 6 — Modelo do solução com cabo irradiante.....	28
Fotografia 1 — Sala de estudos dos alunos do CCSA, prédio T	31
Planta 1 — Instalação de 50 metros do cabo irradiante corrugado no prédio T - CCSA..	32
Fotografia 2 — Access point, amplificado de sinal e cabo irradiante instalados no teto do corredor de acesso à secretaria do CCSA.....	34
Fotografia 3 — Cabo irradiante instalado no teto do hall do prédio (60) T.....	35
Fotografia 4 — Cabo irradiante instalado no hall do prédio T.	35
Fotografia 5 — Final da instalação do cabo irradiante, atrás do pilar fica a lanchonete.	36
Planta 2 — levantamento dos dados com o cabo irradiante conectado prédio T, Unidade CCSA, com 222 pontos de medições de sinais de <i>WIFI</i>	37
Desenho 7 — Configuração com o cabo irradiante.....	40
Gráfico 1 — Medição feita às 15h18 -53dBm e às 15h19 -47dBm, nestes gráficos pode-se verificar a oscilação dos sinais.....	41
Planta 3 — levantamento dos dados com o cabo irradiante conectado prédio T, Unidade CCSA, com 222 pontos de medições de sinais de <i>WIFI</i>	42
Quadro 1 — Levantamento dos dados em dBm cabo irradiante conectado prédio T da unidade CCSA.....	43
Gráfico 1 — Gráfico de superfície com os valores das medições em dBm, cabo conectado.....	44
Desenho 8 — Configuração sem o cabo irradiante	45
Planta 4 — levantamento dos dados com o cabo irradiante desconectado prédio T, Unidade CCSA, com 09 pontos de medições de sinais de <i>WI-FI</i>	46
Quadro 2 — Levantamento dos dados em dBm cabo irradiante desconectado prédio T da unidade CCSA.	47

Gráfico 2 — Gráfico de superfície com os valores das medições em dBm, cabo desconectado.....	48
--	----

LISTA DE SIGLAS

<i>ADSL</i>	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicação
<i>AP</i>	<i>Access Point</i> (Pontos de Acesso de sinal)
CCSA	Centro de Ciências Sociais e Aplicadas
FM	Frequências Modulada
<i>GPS</i>	<i>Global Positioning System</i>
GT-S5830C	Modelo de celular da Samsung
<i>IEEE</i>	<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i>
<i>IP</i>	<i>Internet Protocol</i>
<i>Link</i>	enlace
PDAS	<i>Personal Digital Assistents</i> (Assistente digital pessoal)
RF	Rádio Frequência
<i>UMTS</i>	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i>
<i>WI-FI</i>	Tecnologia que permite conexão para dispositivos sem fio
<i>WLAN</i>	<i>Wireless Local Area Network</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVO	11
1.1.1	Objetivo geral.....	11
1.1.2	Objetivos específicos.....	12
1.2	JUSTIFICATIVA	12
1.3	METODOLOGIA.....	13
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	15
3	FUNDAMENTOS TEÓRICOS SOBRE TRANSMISSÃO SEM FIO	18
3.1	COMPONENTES DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO SEM FIO.....	19
3.1.1	Transmissor.....	19
3.1.2	Roteador	19
3.1.3	Antena.....	20
3.2	CABO IRRADIANTE.....	24
3.2.1	Funcionamento do cabo irradiante.....	25
3.2.2	Vantagens da utilização do cabo irradiante.....	27
3.3	ALCANCE E COBERTURA DO SINAL IRRADIADO.....	28
3.4	ATENUAÇÃO	28
4	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	30
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE	30
4.2	HARDWARE DE TRANSMISSÃO.....	33
4.2.1	Dados do Access point	33
4.2.2	Cabo Radiaflex® RCF.....	33
4.2.3	Software de medição Wifi Analyzer.....	33
4.3	PROCEDIMENTO PARA MEDIÇÃO DOS NIVEIS DE SINAL	36
5	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	40
5.1	SITUAÇÃO 1 – CABO IRRADIANTE CONECTADO.....	40
5.2	SITUAÇÃO 2 – CABO IRRADIANTE DESCONECTADO	45
6	CONCLUSÃO.....	51
	REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

Na área de telecomunicações todos os dias surgem tecnologias novas com melhores resultados. O objetivo central das telecomunicações é atender às necessidades de comunicabilidade, no qual a mensagem é transferida integral, correta, rápida e economicamente, entre clientes (usuários e empresas) de maneira eficaz e com qualidade de serviço. Cada vez mais pessoas estão utilizando os serviços de internet para assuntos particulares e profissionais.

A área que cuida dos assuntos de especificação, manutenção e projetos de sistemas de comunicações é a engenharia elétrica. Nos sistemas de telecomunicações, como a internet, são utilizados equipamentos elétricos e eletrônicos. Os dados (informações) são transmitidos por um transmissor até um ou mais receptores, utilizando os canais de comunicações na forma de sinais elétricos, ondas eletromagnéticas ou luz. Quando os sinais chegam aos receptores são traduzidos para uma linguagem em que os usuários possam identificar as informações que lhe foram enviadas.

Os elementos dos sistemas de comunicações são o transmissor, o canal e o receptor. Para este sistema funcionar é necessário utilizar alguns procedimentos para a mensagem e o protocolo. A localização do transmissor está em algum ponto do espaço, enquanto que o receptor está em outro local separado do transmissor. O meio físico que os ligam é o canal. O papel do transmissor é converter a mensagem produzida por uma fonte de informação para um sinal elétrico para ser transmitido por um canal. A mensagem transmitida no canal pode ser um sinal de dados, vídeo e voz. Quando o sinal é transmitido nos meios de comunicação, a transmissão pode ser em cabo coaxial, via satélite, fibra óptica ou canal de rádio móvel e cada um têm sua área de aplicação específica (HAYKIN; MOHER, 2008).

Os sistemas de comunicações das redes sem fio (*wireless*) utilizam o espaço livre para transmitir as ondas eletromagnéticas, facilitando a comunicação entre os computadores que estão conectados à rede. As comunicações entre as redes *wireless* no mundo estão se tornando um serviço de acesso rápido tanto as empresas de qualquer porte como os usuários residenciais.

Nas redes *wireless* são utilizados sistemas de software e hardware, compostos de vários equipamentos para transmitir os sinais elétricos: os cabos, as antenas, as fibras ópticas e podem combinar diferentes tecnologias. A variedade de equipamentos encontrados no mercado tem como padrão de serviço oferecer maior flexibilidade no desenvolvimento de soluções, para facilitar o compartilhamento de informações que são transmitidas da área ou

espaço de cobertura dos sinais a fim de evitar problemas de conexão entre os equipamentos de comunicação (PELLEGRINI, 2010).

A qualidade dos sinais de transmissão e de recepção vai depender muito de equipamentos como roteadores, antenas, computadores e outros. A qualidade e a quantidades destes equipamentos que serão compartilhados na rede *wireless* devem se adequar conforme as necessidades de projeto.

Antenas são dispositivos que tem a função de transformar energias eletromagnéticas transmitidas pelas linhas de transmissão em energia eletromagnética irradiada na faixa de rádio frequência. As potências têm uma relação de emissão e recepção proporcional ao tamanho e tipo de antena para transferir energia de um circuito para outro.

O cabo irradiante é um cabo coaxial com algumas modificações que atua principalmente como uma antena. Contém fendas que possibilitam que o sinal de rádio frequência entre e saia uniformemente pelas fendas no condutor externo sendo controlado ao longo de seu comprimento. Estes cabos são utilizados em locais de difícil acesso do sinal como: metrô, armazéns, túneis rodoviários, edifícios, minas, aeroportos, trens, plataformas marítimas e petrolíferas, etc.

Os cabos irradiantes já estão sendo usados comercialmente, mas estudos das aplicações já implementadas podem contribuir para a disseminação deste tipo de instalação em novos projetos, em substituição aos métodos convencionais. Podem ampliar acesso a ambientes grandes e possibilitar redução nos custos de instalação Este trabalho traz um estudo de redes *wireless* com uma configuração de comunicação que utiliza cabos irradiantes para captar os sinais de rádio frequências.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo geral

Através de um caso real, realizar uma análise do desempenho dos cabos irradiantes em comparação ao desempenho das antenas de Rádio Frequência (RF) convencionais.

1.1.2 Objetivos específicos

Adaptar uma metodologia de medição de sinais *wireless* utilizando equipamentos apropriados.

Elaborar mapas de zoneamento de níveis de sinais utilizando um software gráfico para analisar o diagrama de radiação das antenas.

Analisar, através dos diagramas de radiação medidos, comparativamente, o desempenho dos cabos irradiantes com o desempenho das antenas de RF convencionais.

1.2 JUSTIFICATIVA

Conforme Araújo (2010), a tecnologia sem fio está crescendo nas interligações dos dispositivos fixos (computador de mesa) e os dispositivos móveis (ipod, celulares, etc). O crescimento acelerado uso dos computadores móveis e celulares justifica a necessidade de se utilizar infraestrutura de rede sem fios. O uso de redes sem fios está presente tanto em ambiente internos (acadêmicos, nas empresas, nas residências) como nos externos e móveis, nas ruas, nos carros, nos trens, etc. A indústria de eletroeletrônicos tem produzido uma grande quantidade destes dispositivos móveis que armazenam, processam e transmitem dados, imagens e sons sem o uso de fios com enlaces de médio alcance, permitindo o acesso em banda larga a sistemas corporativos e à internet. Apesar do fato de que é a comunicação que é sem fio, os equipamentos são chamados de dispositivos *wireless*.

Segundo Ongaratto (2009), cada vez mais pessoas necessitam dos serviços de comunicações móveis eficazes e confiáveis. Quase todas as pessoas têm um telefone celular, computador portátil, smart phones e não podem viver sem eles, porque organizam sua vida profissional e pessoal e os serviços têm que ser em tempo real. Para ter serviços melhores e mais eficientes, o sistema necessita de grandes velocidades e taxas de transmissão, para o envio de fotos, documentos, para consultas e navegação na internet. Para que estes serviços possam funcionar cada vez melhor, é necessário que haja mais estudos e desenvolvimento de tecnologia e equipamentos.

Segundo Lima (2005), o avanço das tecnologias de redes sem fio e a utilização de equipamentos portáteis como palm, celular e notebook, requer modelos computacionais sofisticados denominados de computação móvel. O gerenciamento dos dados neste ambiente de computação móvel é fundamental, pelo grande volume de informações transmitidas.

Como a demanda de acesso ao sinal de *wi-fi* está sendo muito elevado por parte dos alunos na Universidade Presbiteriana Mackenzie, havia muita reclamação dos alunos que usam a sala de estudos localizada no hall de entrada do Edifício Modesto Carvalhosa - prédio T, próximo à lanchonete da unidade do CCSA – Centro de Ciências Sociais e Aplicadas. Foi feito um estudo/projeto para poder diagnosticar a dificuldade de acesso ao sinal de *wi-fi* para a conexão à internet. Havia mais de uma antena instalada no local. Foi verificado o acesso na transmissão e recepção do sinal de RF com as antenas convencionais e o resultado não se mostrou satisfatório.

Como uma possível solução, foi feita uma instalação com cabos irradiantes para a transmissão e recepção de internet neste local. Na prática, a solução demonstrou uma melhora, mas não foram feitas medições e avaliação desta instalação.

1.3 METODOLOGIA

Inicialmente foi feita um levantamento bibliográfico para estudar as pesquisas sobre a teoria e a aplicação de cabos irradiantes. Neste levantamento foi pesquisada a tecnologia, os procedimentos de cálculo de projeto e sobre procedimentos de instalação. Foi feita uma introdução teórica de embasamento para o desenvolvimento do trabalho.

Escolhido o local apropriado para o levantamento de dados, a primeira etapa do trabalho foi estipular uma metodologia de medição de sinais adequada ao caso real, para poder ser feito um diagnóstico inicial sobre as condições dos cabos irradiantes.

Os dados para o estudo de caso foram coletados diretamente no hall de entrada do Edifício Modesto Carvalhosa - prédio T, próximo à lanchonete da unidade do CCSA – Centro de Ciências Sociais e Aplicadas da Universidade Presbiteriana Mackenzie, onde foram instalados os cabos irradiantes, em complemento às antenas de RF convencionais.

Inicialmente foram feitas medições de níveis de sinal irradiadas pelas antenas de RF com os cabos irradiantes desligados e em seguida, com os cabos em funcionamento. Estes níveis foram mapeados em planilhas próprias.

O método de análise utilizado foi uma comparação da amplitude e alcance dos sinais sem fio para internet, telefonia celular, ipod, etc., antes da colocação dos cabos irradiantes e após a sua implantação, para determinar a qualidade desta instalação.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em seis seções.

Na seção 1 está apresentada a introdução que é composta pelos seguintes itens: texto de conceituação e caracterização do tema; objetivos; justificativa, a metodologia empregada e a estrutura do trabalho.

A seção 2 apresenta a Revisão da Literatura que mostra o estado da arte neste tema, devido às recentes publicações de estudos e projetos realizados no Brasil.

A seção 3 apresenta a fundamentação teórica sobre antenas, suas características principais e a teoria dos cabos irradiantes.

Na seção 4 está a descrição do procedimento experimental e a metodologia de medição dos campos para coleta de dados.

A seção 5 apresenta os resultados das medições, o tratamento efetuado e a análise destes resultados.

Na seção 6 estão apresentadas as conclusões deste trabalho e as recomendações para trabalhos futuros para dar continuidade ao conhecimento adquirido.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A tecnologia sem fio tem se desenvolvido rapidamente para atender a demanda crescente de interligações dos dispositivos fixos com os móveis. O crescimento acelerado das tecnologias de computadores móveis precisa de uma infraestrutura de rede sem fio adequada, que suporte a demanda dos serviços e dos usuários. O número de computadores de mesa instalados no Brasil ainda é muito pequeno comparado com a instalação de outros dispositivos de comunicação, como o rádio e a TV, mas o aumento é crescente. São produzidos diversos dispositivos eletrônicos capazes de armazenar, processar, transmitir dados, vídeo e som sem o uso de fios e com enlaces (*links*) de médio alcance, permitindo acessar em banda larga a internet e outros sistemas corporativos. Os dispositivos sem cabos ou sem fios são chamados de *wireless*. São flexíveis, tem mobilidade e são de fácil instalação apesar de serem mais caros que as redes tradicionais, porém a redução dos custos com as instalações torna-se muitas vezes satisfatória (ARAÚJO, 2010).

Ongaratto (2009) constatou a partir de seus estudos, que cada vez mais pessoas necessitam dos serviços de comunicações móveis, eficazes e confiáveis. Quase todas as pessoas têm um telefone celular para se organizar na vida profissional ou na particular. Os serviços de telecomunicações devem funcionar sem interrupções e garantir que as pessoas possam fazer chamadas telefônicas, enviar de fotos, mensagens, verificar seus e-mails, usar aparelhos de GPS e se comunicar com quaisquer pessoas em qualquer lugar do mundo. O autor apresentou os fatores envolvidos na concepção de um *link* de rádio mostrando como é realizado o cálculo, discutindo sobre as ferramentas computacionais utilizadas no processo, confrontando as tecnologias utilizadas. Para a construção de uma rede de transmissão foi realizado um estudo de caso prático.

Segundo Lima (2005), com o avanço das tecnologias de redes sem fio e os equipamentos portáteis como celular, smartphone, palm, ipad, ipod, notebooks e outros, surgem modelos computacionais denominados de computador móvel. Nestes equipamentos portáteis pode ser armazenada muita informação, reduzindo o uso da rede e ainda, fazer economia de baterias. A manutenção da consistência destas informações torna-se uma tarefa complexa por causa das desconexões e mobilidade dos clientes e o gerenciamento dos dados neste ambiente de computação móvel é uma muito importante. No seu trabalho, Lima apresentou um estudo sobre os problemas de gerenciamento de cache em ambientes de computação móvel.

Yamaguchi (2011) considerou a eficiência dos cabos irradiantes no lugar das antenas tradicionais para lugares de difícil acesso, como: galpões de armazenagem, túneis rodoviários, metrô, minas, prédios corporativos, aeroportos, plataformas marítimas, trens, etc., pois permitem a entrada rápida de potência de RF por milhares de aberturas em sua extensão. As tecnologias WLAN nesses ambientes precisam de múltiplos pontos de acesso (*access points*) para atingir a cobertura e a capacidade requerida para o funcionamento adequado do sistema. Conforme a locação de canal, o *overlap* na cobertura entre as zonas ou células realizará interferência co-canal e aumento da taxa de erro de bit, a menos que os canais estejam adequadamente separados.

A combinação do uso de cabo irradiante com rádio móvel está sendo usada na tecnologia de redes *wireless*. Existe uma grande variedade de produtos *wireless* e serviços que utilizam métodos diferentes na configuração das suas redes e que combinam diferentes tipos de tecnologia como cabos, antenas, fibras ópticas, etc. O cabo irradiante não deixa de ser um cabo coaxial, mas que contém aberturas permitindo que o sinal de RF entre e saia por suas aberturas.

Pellegrini (2010) mostrou em seu trabalho uma configuração de comunicação que combina o uso do cabo irradiante com rádio móvel. Sua principal utilização está nas redes *wireless*. Existe uma grande variedade de produtos e serviços *wireless* que utilizam projetos diferentes de elaboração de redes combinando diferentes tipos de tecnologia. Pellegrini mediu e analisou o desempenho da circulação de um sinal por meio de comparações teóricas e práticas entre duas redes WLAN em ambientes fechados (*indoor*). Foram utilizados dois roteadores com diferentes potências de transmissão do sinal, antena e o cabo irradiante. Nos cálculos teóricos de perda de sinal foram apresentados distintos valores das medições reais. Por causa da qualidade e da espessura das paredes a atenuação foi bem maior do que o esperado. A perda do cabo irradiante foi considerada confiável e estava de acordo com as especificações do fabricante. O padrão de redes sem fio IEEE 801.11b mostrou um melhor desempenho em relação às perdas de potência de sinal na maior parte das situações. Conforme o posicionamento do cabo irradiante, as perdas de potências do sinal de recepção foram menores em relação com o posicionamento horizontal. Ficou demonstrado que a hipótese que o cabo irradiante oferece melhor potência do sinal de recepção mostrou-se falsa no local que foram realizados os testes. (PELLEGRINI, 2010).

Dãobroski (2009) constatou uma significativa redução de custos dos equipamentos de telecomunicações sem fio pelo crescimento acelerado da demanda. No seu trabalho, a autora caracterizou e analisou o desempenho de enlaces na frequência de 2,4 GHz

em cidades em que não há necessidade de licenciamento da ANATEL, apresentando as características da tecnologia *Wi-fi* na aplicação de enlace ponto a ponto sem fio. Realizou um estudo de caso utilizando ferramentas de planejamento de rádio enlace para estudar os fatores envolvidos no dimensionamento. Foi realizada uma análise de desempenho apresentada por um estudo da degradação do sinal devido aos obstáculos, mostrando os efeitos das obstruções na visada de um rádio enlace.

Garcia e Otani (2007) verificaram o comportamento do efeito peculiar da corrente elétrica em uma antena dipolo planar. Foram feitas medições com o uso desta antena em comparação com outra antena que tinha um *slot* em seu interior. Este *slot* considera que parte do interior da antena é substituída pelo ar, deixando seu contorno metálico e mantendo a mesma área afetiva das duas antenas. Este estudo norteou a metodologia de medição e análise deste trabalho.

Luca (2010) descreveu as boas práticas no uso das diversas tecnologias de redes com objetivo de criar uma grande área de cobertura para acesso móvel a uma rede IP. Este tipo de redes de serviços sem fio é a realidade diária para usuários de todos os tipos. O setor educacional é um dos setores que mais está utilizando estes serviços em suas dependências. Estão investindo muito em redes sem fio, com baixo custo e disponibilizando alta velocidade para notebooks e dispositivos *wi-fi* aos seus estudantes. Foi realizado um estudo de caso na Universidade Federal de Lavras para a criação de uma rede sem fio de baixo custo comparado com soluções proprietárias, para acesso em alta velocidade para os notebooks e dispositivos *wi-fi*. Os resultados mostraram a convergência da rede dentro dos requisitos técnicos de legislação e normas, capacidade de monitoramento e gerenciamento da rede.

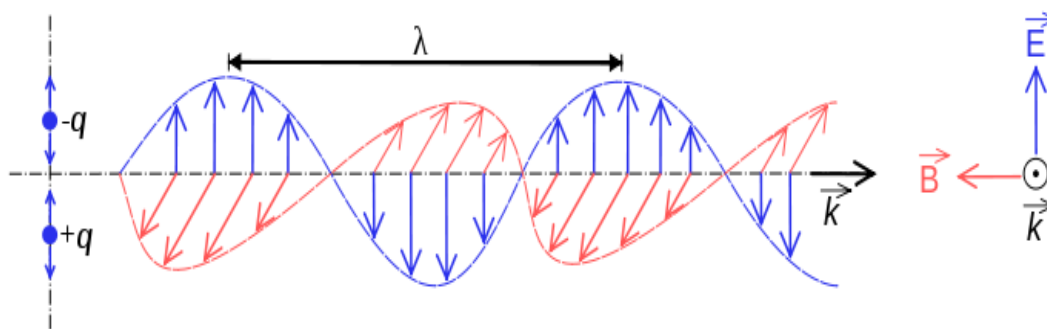
Esta revisão não pretendeu esgotar a análise do estado da arte nesta área, mas embasou o estudo feito neste trabalho.

3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS SOBRE TRANSMISSÃO SEM FIO

Para entender o funcionamento de uma antena, é preciso se ter uma base de conhecimento de campo elétrico e campo magnético variáveis no tempo, que formam as ondas eletromagnéticas, cujo estudo foi sistematizado por James Clerk Maxwell e depois confirmado através de experiências por Heinrich Hertz. Michael Faraday demonstrou que um campo magnético variável no tempo gera um campo elétrico. Da mesma forma, um campo elétrico variável no tempo gera um campo magnético, sucessivamente, por onde as ondas eletromagnéticas se propagam no espaço.

As antenas são os dispositivos que irradiam os campos eletromagnéticos no espaço. Os sistemas de comunicações *wireless* (sem fio) necessitam de antenas para transmitir ou receber sinais elétricos em que as informações estão codificadas. O Desenho 1 mostra como as ondas são irradiadas através de uma antena, representada por conjunto de cargas elétricas (dipolo elétrico $+q$ e $-q$) que variam de intensidade no tempo, ao longo de uma linha vertical.

Desenho 1 — Onda eletromagnética linearmente polarizada.



Fonte: (WIKIPEDIA, 2013).

Na representação da onda eletromagnética linearmente polarizada, produzida pelo dipolo elétrico oscilante à esquerda no Desenho 1, a onda se propaga ao longo do percurso do eixo horizontal k com o comprimento de onda λ .

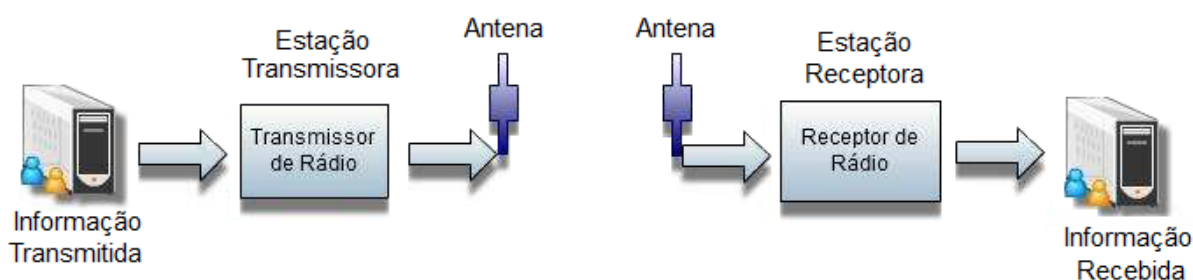
O campo elétrico se propaga verticalmente, acompanhando o sentido do dipolo e o campo magnético, perpendicularmente ao campo elétrico, na direção horizontal formando uma onda eletromagnética que se propaga na direção perpendicular ao plano formado pelos campos elétrico e magnético.

3.1 COMPONENTES DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO SEM FIO

O funcionamento uma rede de comunicação sem fio depende de um conjunto de equipamentos essenciais para a transmissão dos sinais *wireless*.

O Desenho 2 mostra, de forma simplificada, alguns componentes de um sistema de transmissão.

Desenho 2 — Diagrama esquemático de uma transmissão de sinal sem fio



Fonte: (ROLLER, 2009).

3.1.1 Transmissor

Através da utilização de portadoras os transmissores de rádio estabelecem a comunicação de dados entre os pontos da rede. Os dados são modulados numa portadora de rádio e transmitidos através de ondas eletromagnéticas. Múltiplas portadoras de rádio podem coexistir num mesmo meio, sem que uma interfira na outra. As frequências da portadora estão relacionadas com cada canal de transmissão. É possível transmitir diversos canais por uma antena transmissora. Para extrair os dados, o receptor sintoniza numa frequência específica e rejeita as outras portadoras de frequências diferentes.

3.1.2 Roteador

Um roteador *wireless*, conhecido pelo nome router sem fio, separa os canais e tem uma interface que atua no meio de transmissão sem fio com a função de separar e espalhar o sinal.

O router é diferente de um *access point*. O *access point* é mais parecido com um repetidor. Aproveita a conexão que existe com um roteador, reconstitui o sinal, filtra, amplifica e injeta num cabo ou na antena.

Os roteadores sem fio em geral, são equipamentos que possuem antena externa conectada a eles. Existem vários dispositivos sem fios que possuem antena interna embutida. Nestes casos, é bastante difícil trocá-la sem alterar as propriedades de transmissão do dispositivo. A maioria dos roteadores sem fios utiliza antenas omnidirecionais, ou seja, antenas que transmitem os sinais em todas as direções numa mesma proporção. Isso acaba por reduzir o alcance das comunicações, pois não há o direcionamento do sinal para determinados pontos.

3.1.3 Antena

Quando uma linha de transmissão de energia tem uma das extremidades aberta forma um guia de onda onde ocorrerá irradiação de energia. Este guia de onda passa a funcionar como uma antena (UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, 2012).

A antena é um dos principais elementos para um bom desempenho de qualidade de um sistema sem fio. Sua função é transformar um sinal elétrico em ondas que são lançadas para o espaço livre (o ar). O retorno do sinal também é captado por uma antena, que a transfere para um receptor. Ou seja, as antenas trabalham igualmente para transmitir ou receber as ondas eletromagnéticas e transformá-las em sinais elétricos (reciprocidade).

Algumas definições sobre parâmetros de antenas são importantes destacar, para um melhor entendimento sobre as antenas neste trabalho.

3.1.3.1 Antena Isotrópica

A Antena Isotrópica é uma fonte pontual que irradia ondas de mesma potência igualmente em todas as direções. A antena isotrópica ideal não provoca perdas de energia, mas não é fisicamente realizável. Porém, é uma referência para o conhecimento das propriedades de diretividade das antenas reais. Uma antena direcional tem propriedade de irradiar ou receber eficientemente ondas eletromagnéticas em algumas direções. A antena omnidirecional é uma antena isotrópica com o diagrama de radiação igual em todas as direções (ESTEVES, 1981).

3.1.3.2 Potência de irradiação

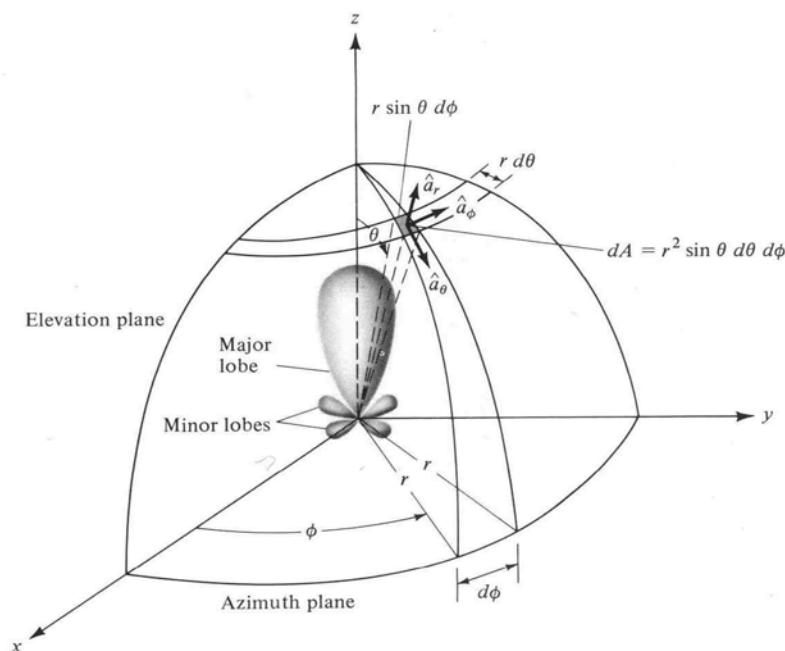
A Potência de irradiação é a grandeza que determina a quantidade de energia concedida por uma fonte a cada unidade de tempo. A potência de transmissão de uma antena, ou qualquer fonte de transmissão de sinais, é medida em dBm (decibel miliwatt).

3.1.3.3 Diagrama de Irradiação

A energia irradiada no espaço é uma característica importante da antena. Para se determinar a característica de irradiação de uma antena é traçado um diagrama de irradiação, que é um mapeamento espacial da distribuição da energia irradiada, levando-se em conta o espaço tridimensional. Pode ser representado graficamente em um determinado plano, para melhor visualização.

O Diagrama 1 apresenta o diagrama de radiação de uma antena pontual em função das coordenadas espaciais.

Diagrama 1 — Diagrama de radiação representação gráfica.



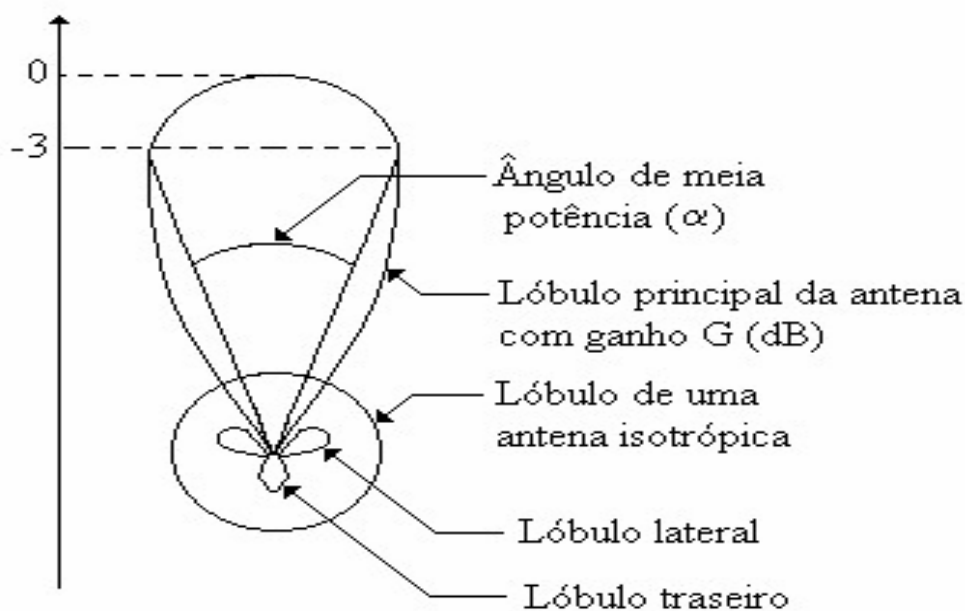
Fonte: (EBOOKBROWSE, 2012).

O diagrama de radiação de uma antena é composto de vários lóbulos, o lóbulo principal e os lóbulos secundários. O último lóbulo tem vários lóbulos laterais e traseiros, o

lóbulo que possui a maior potência é o lóbulo principal, que manter a potência nos lóbulos secundários no mais baixo nível.

O Diagrama 2 mostra a relação dos lóbulos do diagrama de radiação de uma antena.

Diagrama 2 — Diagrama de radiação de uma antena.



Fonte: (UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, 2012).

A irradiação eletromagnética oscila em relação à fase dos campos elétricos e magnéticos. As cargas elétricas encontram-se desacopladas das cargas elétricas que deram origem às oscilações dos campos elétricos e magnéticos perpendiculares entre si (WIKIPÉDIA, 2013).

As características irradiantes de uma antena podem ser avaliadas por suas grandezas como o ganho (diretividade), o ângulo de feixe de meia potência (α) e o diagrama de irradiação.

3.1.3.4 Diretividade (D) e Ganho (G)

A diretividade é a medida da **focalização** do lobo principal. Indica a capacidade da antena de direcionar a potência irradiada.

O ganho de uma antena depende de sua diretividade (D) e de seu rendimento ou eficiência de transmissão (η). O ganho é expresso em dBi (decibéis isotrópicos), que é uma

relação entre a potência P da antena e a potência de uma antena isotrópica (P_i). Ganho de uma antena é sempre inferior ou será no máximo igual à diretividade da antena, com máxima densidade de potência do lóbulo principal da antena direcional.

3.1.3.5 Faixa de frequência ou Largura de banda (B)

Largura de banda é uma faixa de frequência na qual uma antena pode operar com desempenho satisfatório. A largura de banda determina a quantidade de dados que pode trafegar num meio, por um determinado período de tempo. Numa rede sem fio, a tecnologia empregada no processamento de sinal e a faixa de frequências operável definirão a largura de banda possível para aquela rede.

No projeto desenvolvido para o Instituto Presbiteriano Mackenzie, os equipamentos seguem o protocolo IEEE 802.11g. Neste protocolo, a frequência utilizada é a ISM (Industrial, Médica e Científica) de 2,4GHz. A banda é definida na faixa de frequências de 2.4 a 2.5 GHz tem largura de banda que variam em torno de 26 a 150 MHz. A faixa 2,4 GHz do ISM está entre 2.400 MHz e 2.483MHz, logo, as antenas devem operar satisfatoriamente em qualquer frequência dentro desta faixa. (HP, 2013)

3.1.3.6 Polarização

A polarização de uma antena indica a direção do campo elétrico da onda irradiada. A distribuição do campo elétrico será obtida conforme suas variações no espaço e no tempo.

Existem três tipos de polarização: a linear, circular e elíptica, dependendo da variação da amplitude e da fase dos componentes ortogonais que fazem parte do campo elétrico total da onda irradiada.

Para se obter uma polarização linear o vetor do campo elétrico tem que se concentrar sobre uma linha.

Polarizações circulares em particular são casos da polarização elíptica.

3.2 CABO IRRADIANTE

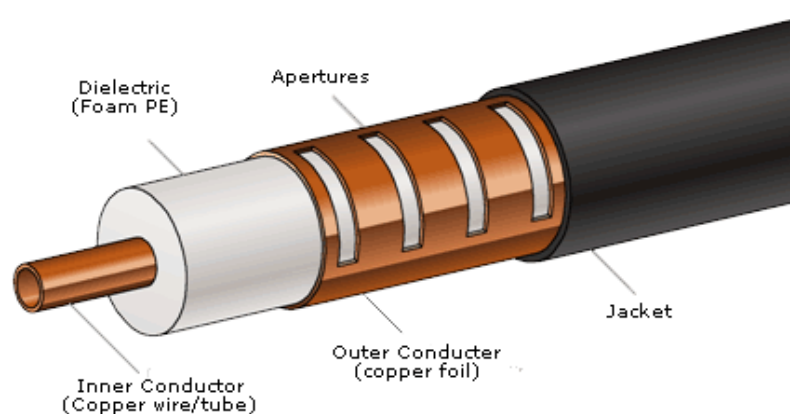
Cabos Irradiantes é um cabo coaxial com aberturas no condutor externo que possibilitam a entrada e saída de ondas eletromagnéticas com potência de rádio frequência, com alta qualidade de dielétrico de polietileno expandido e com orifícios usinados com precisão. Este tipo de cabo coaxial tem o mesmo princípio de funcionamento do cabo coaxial comum; porém, enquanto o cabo coaxial comum é utilizado para transportar o sinal de um ponto até o outro, o cabo irradiante foi feito para atuar como uma antena. Essa aplicação é possível devido à existência de fendas no condutor externo que possibilitam a entrada e saída de potência de RF. Além disso, seus elementos são os mesmos, desde o fio de cobre atuando como condutor do sinal, até a malha metálica. A única diferença entre os dois modelos, é que a malha metálica do cabo irradiante possui diversas fendas para irradiação do sinal. (RFS, 2013)

O cabo irradiante está sendo utilizadas por empresas, universidades para ambientes *indoor* com necessidade de 100% de cobertura de sinal aonde o sinal é de difícil acesso. Exemplos: Túneis rodoviários, metrô, minas, aeroportos, shopping center, parques de exposição, navios, plataformas marítimas, trens

Segundo o fabricante, nestes ambientes os cabos irradiantes apresentam as seguintes vantagens com relação às antenas tradicionais: Maior flexibilidade, menor custo efetivo (com um único cabo irradiante pode-se transmitir diferentes serviços, tais como: FM, UMTS, WLAN).

Com os cabos irradiantes pode-se obter menor impacto visual. Os cabos irradiantes são fáceis de serem escondidas atrás de forros, fundo falso atrás de forros, coberturas, etc. O Desenho 3 mostra um tipo de cabo irradiante.

Desenho 3 — Cabo irradiante.



Fonte: (TELECO, 2012).

Cabo Comum de RF		Potência de RF
Cabo Irradiante	Transmissão (downlink) 	Recepção (uplink)

Fonte: (TELECO, 2012).

3.2.1 Funcionamento do cabo irradiante

Cada vez mais aumenta a quantidade de sistemas que utilizam algum tipo de tecnologia *wireless* para comunicação. Dos celulares a complexos dispositivos *mesh*, passando por coletores de dados, notebooks, PDAS, etc.

Os modelos de cabo irradiante que são encontrados no mercado são encontrados para várias aplicações e vai depender das necessidades do projeto. Uma instalação com um AP e 50 metros de cabo irradiante pode cobrir uma área de 1.000 m² aproximadamente.

O Desenho 4 mostra diferentes modelos de cabo irradiante que podem ser usados para diferentes aplicações.

Desenho 4 — Modelos de cabo irradiante.



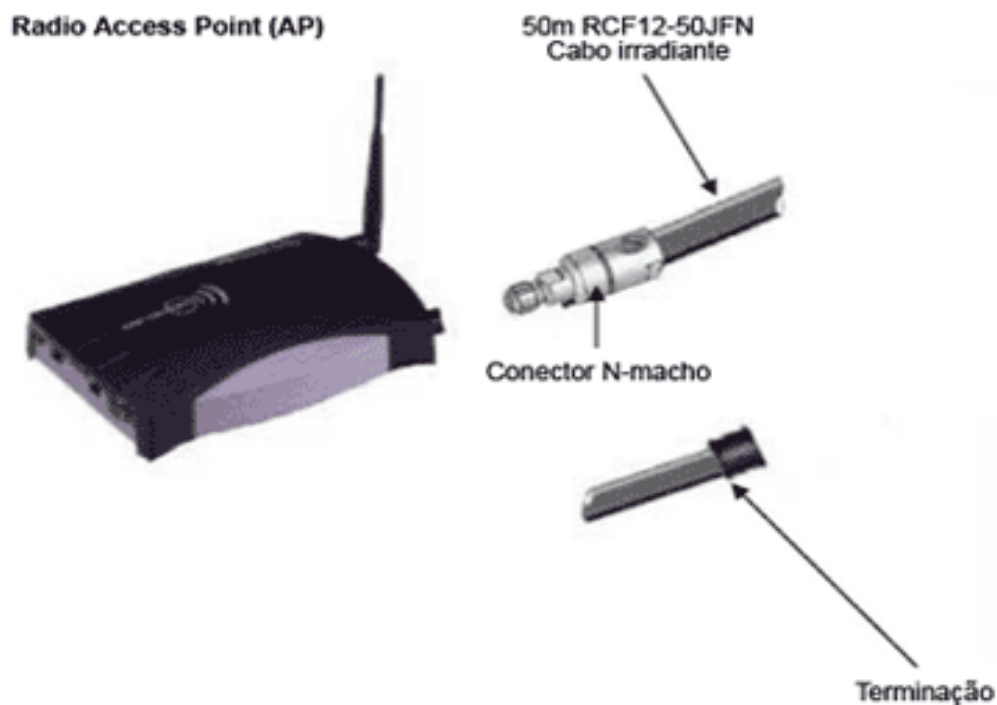
Fonte: (VIALINK, 2012).

As comunicações sem fio tradicionais têm um desempenho muito bom para ambientes pequenos, com poucos dispositivos. Em comunicação ponto a ponto com antenas de ganho muito alto atendem as necessidades do mercado atual. Para grandes ambientes, foi desenvolvida uma opção de antena, com irradiação distribuída por cabos irradiantes.

Para uma cobertura de sinal uniforme de grandes áreas é preciso muitas células transmissoras e antenas que, normalmente ocasionam problemas de interferências e áreas de sombra, entre outros. Como essa tecnologia permite uma quantidade muito reduzida de equipamentos (emissores/rádios), estes problemas ficam reduzidos.

O sistema de conexão dos cabos irradiantes necessita de um ponto de acesso - Access Point (AP) que pode também amplificar o sinal. O Desenho 5 mostra o modelo com o cabo irradiante no *WI-FI*.

Desenho 5 — Modelo de access point (AP).



Fonte: (VIALINK, 2012).

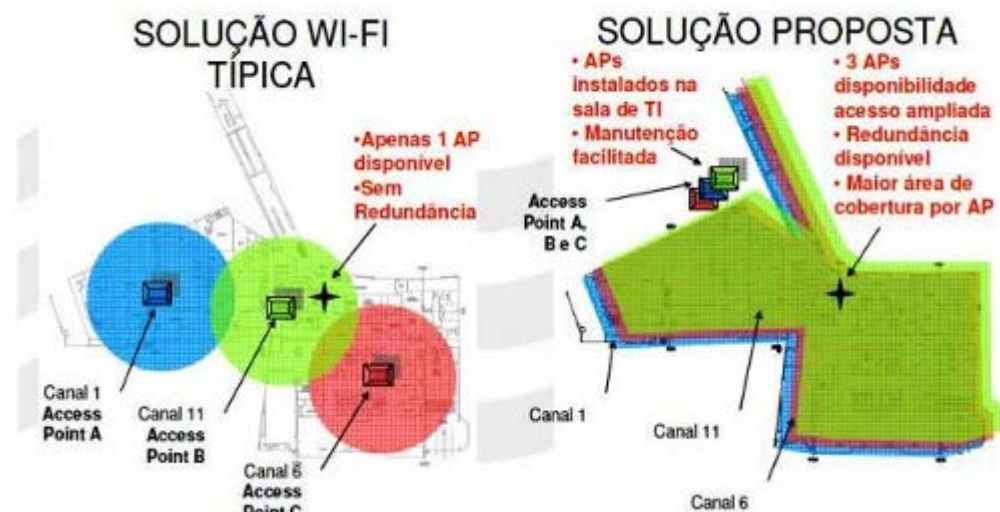
3.2.2 Vantagens da utilização do cabo irradiante

Segundo a RFS - Radio Frequency Systems (2013), as principais vantagens na instalação dos cabos irradiantes em relação às antenas individuais de dispositivos de transmissão sem fio podem ser:

- a) Cobertura do sinal muito melhor para os ambientes desejados;
- b) Instalação dos cabos fica com uma apresentação estética melhor, abrangente e durável, confinados dentro de forros, *hacks* e outros;
- c) Cobertura do sinal melhor com menor número de APs;
- d) Melhor segurança elétrica, melhor sinal de RF, segurança física;
- e) Conforme o projeto pode se combinar até 3 APs, com área de alto tráfego;
- f) Instalação única de sistema para *WI-FI* com celular;
- g) Equipamento passivo virtualmente a prova de falhas;
- h) Frequência operável de 70 MHz até 6 GHz.

Como exemplo de solução para a instalação de cabos irradiantes, em Wimobil, (2012) encontra-se exemplos que demonstram a cobertura dos sinais com antenas convencionais e com o cabo irradiante.

Desenho 6 — Modelo do solução com cabo irradiante.



Fonte: (WIMOBIL, 2012).

3.3 ALCANCE E COBERTURA DO SINAL IRRADIADO

Em ambiente aberto, o alcance das emissões de RF está relacionado, principalmente, com a frequência da onda eletromagnética, a potência empregada na transmissão, o tipo de antena e a topografia da região.

Os sinais das faixas de VHF, UHF e SHF têm uma forma de propagação direta e forma o sistema denominado enlace por visibilidade (um sistema onde uma antena deve estar visível à outra). São, em geral, os sistemas de transmissão *indoor*.

O alcance de sinais wireless em ambientes fechados se dará pela capacidade de ganho da antena e pela potência de transmissão. E já que neste tipo de sistema trabalha-se com distâncias reduzidas, a interferência não é elemento primordial para o cálculo do alcance das emissões de uma antena numa rede wireless *indoor*.

3.4 ATENUAÇÃO

Ao se tratar de atenuação de sinal nas redes sem fios, deve ser levada em conta a característica do ambiente. Com a disseminação da utilização de redes *wireless* por

aeroportos, faculdades e ambientes abertos em geral, existe uma preocupação com a atenuação do sinal.

Dentre os fatores externos que colaboram para maior complexidade de cálculo nos sistemas *indoor*, o primeiro a ser mencionado é à distância. Em ambientes abertos, a distância é maior e não se tem obstáculos, como paredes, portas e móveis. Além da distância, os outros fatores que colaboram a atenuação das ondas de rádios nos ambientes fechados, são os seguintes: múltiplos caminhos devido às reflexões nos objetos (incluindo paredes e pisos), especialmente em objetos metálicos, à difração e ao espalhamento do sinal; Atenuação e variações destes fatores em ambientes dinâmicos. (ROLLER, 2009)

Elementos secundários de atenuação do sinal também ocorrem com a circulação de pessoas e nos materiais que compõem as paredes e pisos num ambiente.

Se o sistema wireless trabalha com bandas de faixa larga o sinal experimenta desvanecimento seletivo em frequência e, apenas uma fração das frequências que compõem toda a banda é afetada pelo desvanecimento.

Num ambiente fechado a difração e reflexão são as principais propriedades de ondas que interferem na diferença de sinal entre o transmissor e o receptor. Refração é o desvio que uma onda sofre ao passar através de um meio de densidade diferente. Numa rede *wireless indoor*, a refração ocorre frequentemente numa situação onde o transmissor encontra-se numa sala com a porta fechada e o receptor do lado de fora dessa sala. Quando uma onda atravessa um meio de densidade diferente, parte da onda é refletida e parte é refratada.

É através da difração que o sinal de RF pode transitar entre transmissor e receptor num sistema de comunicação via rádio sem um cabo de conexão.

4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Este capítulo trata das especificações de hardware e software utilizadas no desenvolvimento deste trabalho, bem como da configuração do ambiente de análise neste estudo de caso.

A análise do projeto instalado no hall do prédio T está baseado na implementação de uma infra-estrutura de rede sem fio considerando a transmissão de uma antena. Enquanto numa situação (caso 1) o sinal é transmitido numa configuração básica de uma rede sem fio com uma antena convencional, numa outra situação (caso 2) ele é transmitido através do cabo irradiante plugado ao AP sem fio, que faz o papel da antena transmissora.

Dessa forma, é analisada a recepção do sinal primeiramente numa situação sem o cabo irradiante, e em seguida numa situação idêntica, porém com a atuação do cabo no papel de antena de transmissão. Para essa análise, deve-se ter o mesmo cenário comparativo e os mesmos parâmetros de comparação, a fim de serem minimizados quaisquer fatores externos que possam vir a influenciar a medição nos receptores e as devidas propriedades das ondas propagadas (sinal em transmissão).

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE

A grande demanda de solicitações de acesso de *wi-fi* feitas pelos alunos da unidade do CCSA, para a sala de estudos que se localiza no hall de entrada do prédio T, levou o departamento de TI da Universidade Presbiteriana Mackenzie a estudar os problemas de transmissão de sinal sem fio que ocorriam no local.

Os alunos reclamavam que não conseguiam acessar a internet de maneira alguma, para poder fazer pesquisa, estudar e realizar os trabalhos no computador.

Foi detectado que a única antena instalada no andar não era suficiente para transmitir um nível de sinal que desse cobertura para toda a área. Foi feito um complemento, instalando um cabo irradiante e as reclamações diminuíram consideravelmente.

Como não foi feita uma verificação técnica dos resultados desta instalação, analisar o desempenho deste projeto foi a maior motivação deste trabalho.

A Fotografia 1 mostra uma visão parcial do ambiente em estudo, que é a sala de estudos dos alunos do CCSA.

Fotografia 1 — Sala de estudos dos alunos do CCSA, prédio T.

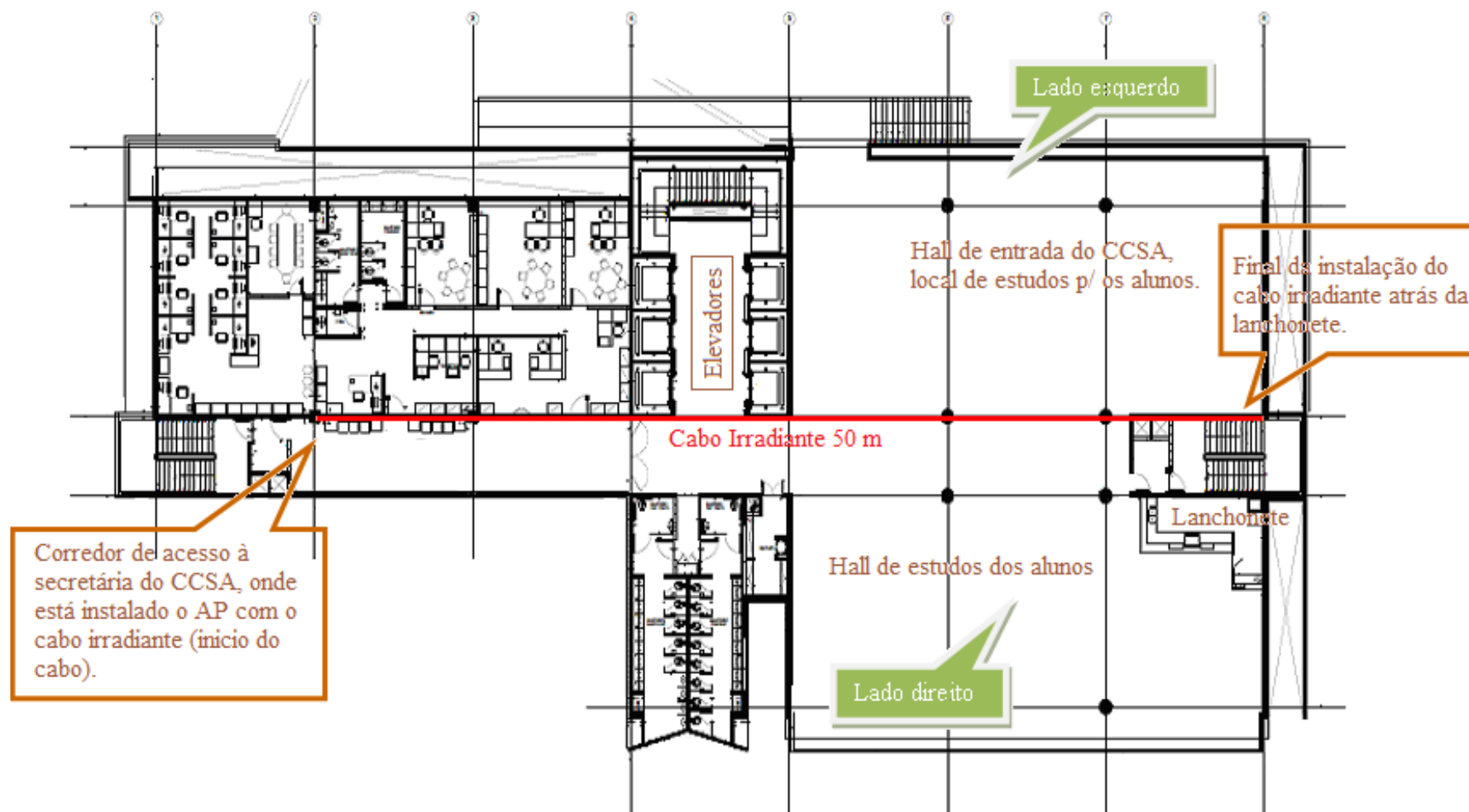


Fonte: do autor.

Para uma melhor vista do local a Planta 1 mostra as instalações do andar térreo do prédio T - Edifício Reverendo Modesto Carvalhosa na Universidade Presbiteriana Mackenzie.

Como o objeto de estudo foi somente o hall de entrada e o ambiente de estudos dos alunos, o acesso ao sinal de internet nos ambientes internos, como sala dos Professores, secretaria entre outros, não foram considerados para medições.

Planta 1 — Instalação de 50 metros do cabo irradiante corrugado no prédio T - CCSA.



Fonte: (INSTITUTO PRESBITERIANO MACKENZIE, 2013)

4.2 HARDWARE DE TRANSMISSÃO

Para a execução do projeto foram utilizados os seguintes itens no conjunto de transmissão:

4.2.1 Dados do Access point

Access Point ou AP ou em Português Ponto de Acesso é um dispositivo em uma rede sem fio que realiza a interconexão entre todos os dispositivos móveis. Em geral se conecta a uma rede cabeada servindo de ponto de acesso para uma outra rede, como por exemplo a Internet.

Modelo/fabricante – 3Com *Wireless 7760* 11 b/g POE AP - HP

Taxa de Transferência: 802.11g – até 54 Mbps

Potência de transmissão (63,10 mW) 18dBm em 2,4 GHZ

Protocolo de comunicação IEEE 802,11b.

Largura de Banda: 54 Mbps

Frequência *Wireless*: 2.4GHz

Antena: Externa desmontável com conector R-SMA

4.2.2 Cabo Radiaflex® RCF

Este cabo é conhecido popularmente como Cabo Irradiante. Sua especificação é a seguinte:

Nome: RFS RADIAFLEX® 1/2" RCF 12-50 JFN Cable, A-Series

Modelo: RCF12-50JFN

Fabricante: Radio Frequency Systems (RFS)

Banda de Frequência: 30 MHz - 6 GHz

4.2.3 Software de medição Wifi Analyzer

O Wifi Analyzer é um aplicativo gratuito para Android que permite medir a intensidade de redes Wi-Fi ao seu redor

Encontrada para download em: <http://wifi-analyzer.softonic.com.br/android> e foi instalado no aparelho celular Samsung Modelo GT-S5830C.

O Access point com amplificador de sinal e 50 metros do cabo irradiante corrugado estão instalados no teto do corredor que dá acesso à secretaria do CCSA, prédio 60, até o hall onde há mesas de estudos para os alunos desta unidade e a lanchonete, ilustrado na Fotografia 2.

Fotografia 2 — Access point, amplificado de sinal e cabo irradiante instalados no teto do corredor de acesso à secretaria do CCSA.



Fonte: do autor.

Foram instalados 50 metros de cabo irradiante corrugado no teto do hall do prédio T. A Fotografia 3 mostra a instalação no fim do corredor de acesso à secretaria do CCSA e a Fotografia 4, o início do hall de estudos dos alunos da unidade do CCSA. O final do cabo está na entrada da lanchonete (Fotografia 5).

Fotografia 3 — Cabo irradiante instalado no teto do hall do prédio (60) T



Fonte: do autor

Fotografia 4 — Cabo irradiante instalado no hall do prédio T.



Fonte: do autor

Fotografia 5 — Final da instalação do cabo irradiante, atrás do pilar fica a lanchonete.



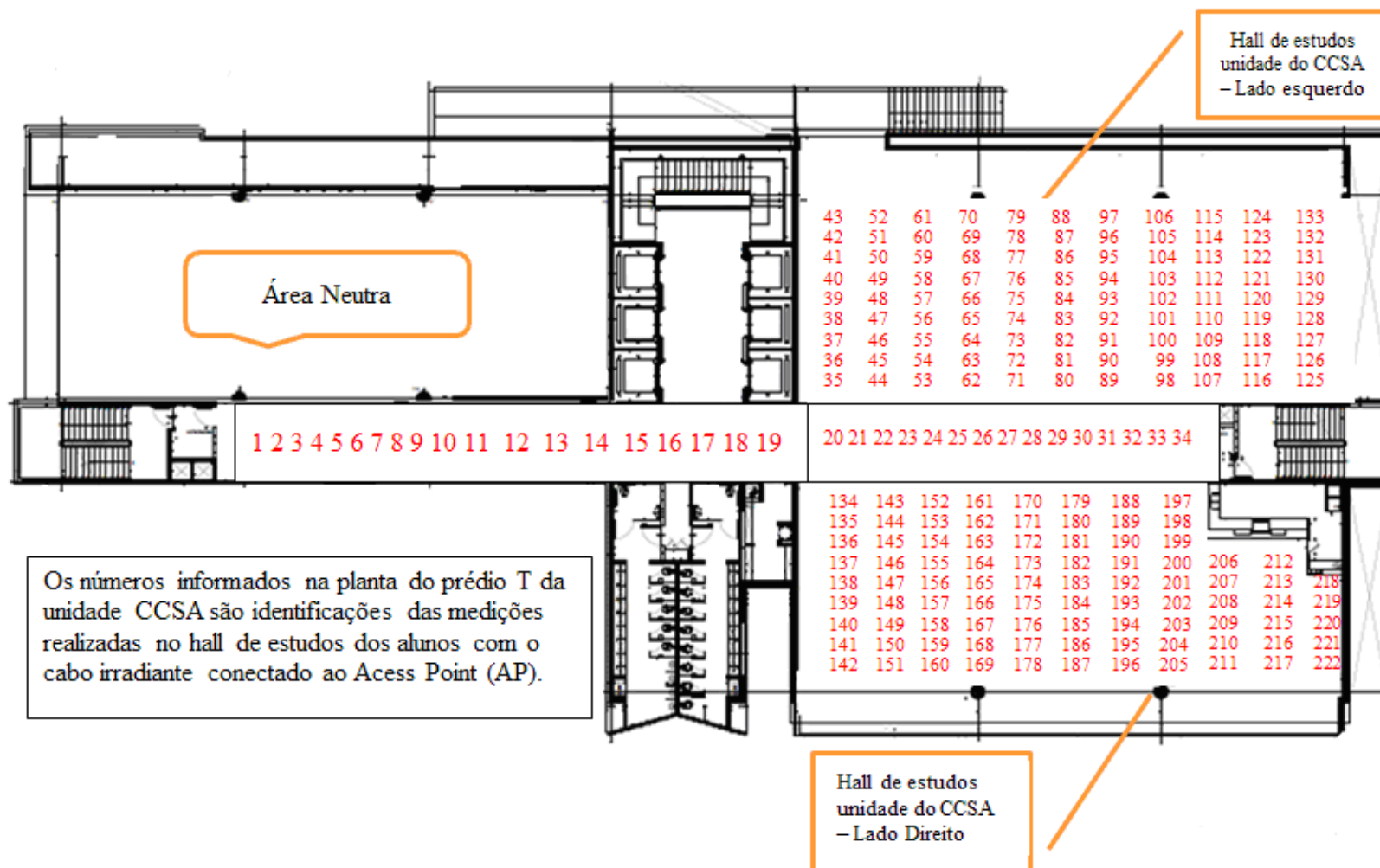
Fonte: do autor

4.3 PROCEDIMENTO PARA MEDIÇÃO DOS NIVEIS DE SINAL

No hall do prédio T foram instalados 50 metros de cabo irradiante corrugado no teto, por toda a extensão do corredor conforme indicado na Planta 1.

No dia 10 de dezembro de 2012 foram feitas medições com intervalos de 10 em 10 metros, mas não foi possível verificar a variação do sinal corretamente. Então, foram efetuadas novas medições entre os dias 02 e 04 de abril de 2013 – horário das 17h15m as 19h15m com o aparelho celular para maior aproximação e os pontos de medição utilizados foram definidos conforme indicados na Planta 2.

Planta 2 — levantamento dos dados com o cabo irradiante conectado prédio T, Unidade CCSA, com 222 pontos de medições de sinais de *WIFI*.



Fonte: (INSTITUTO PRESBITERIANO MACKENZIE, 2013)

Os espaçamento entre os pontos de medição foi de aproximadamente 1 (um) metro. Foram realizadas 222 medições na área demarcada com o aparelho celular numa altura aproximada de 1,20 metros do chão e o aparelho encontrava-se apoiado.

Na Planta 2, a numeração de 1 a 34 referem-se aos dados medidos no corredor do andar térreo, os números de 43 a 133 referem-se às medições realizadas no hall dos alunos, do lado esquerdo e os de 134 a 222 referem-se às medições feitas no hall do lado direito.

O aplicativo *WI-FI Analyzer* apresenta telas de intensidade do sinal em dBm como um medidor comum.

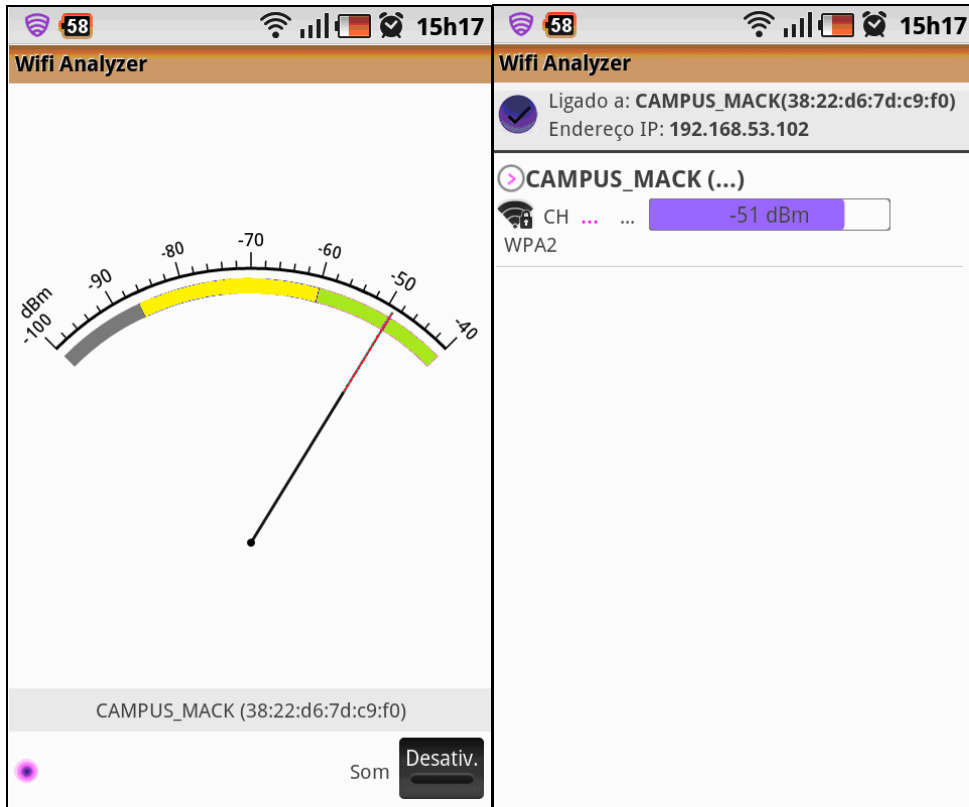
Esta unidade de medida representa um valor relativo a um sinal com potência de 1 mW (um mili Watt), equivalente a 0 dBm, que é chamada potência de referência. Quando a potência do sinal é maior que a de referência, a medida em dBm é positiva e quando a potência é menor que a de referência, a medida em dBm é negativa.

O equipamento utilizado exibe uma escala que se inicia em -100 dBm, valor abaixo do qual ele não pode representar, mas a escala não tem um limite, se o equipamento possuir sensibilidade para medir -1000 dBm, ele mostrará este valor, se detectado.

Uma escala de cores representa os níveis de recepção. Verde representa um bom sinal, amarela um sinal médio e cinza, um sinal ruim. O medidor indica o valor da medição em dBm e o horário. Segundo o medidor, um receptor ou uma antena de *WI-FI* de um computador consegue conectar a internet até um valor de aproximadamente -87 dBm. (Tela 1)

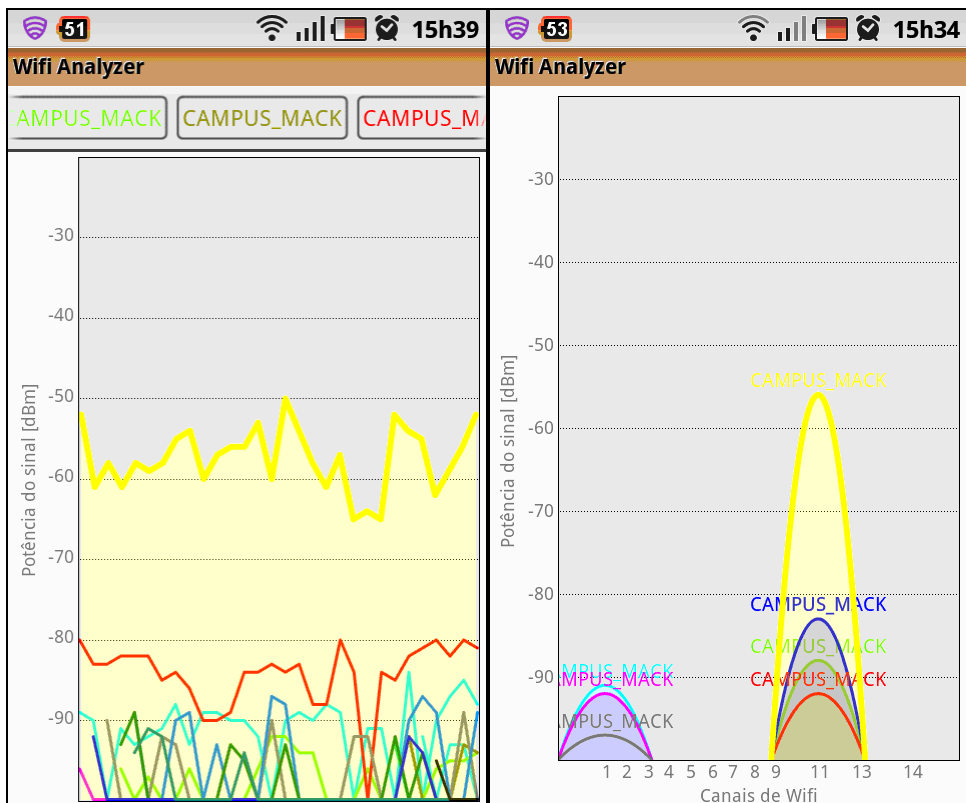
Além destas informações, o medidor identifica o sinal medido e os canais que estão sendo utilizados. (Tela 2)

Tela 1 — Telas do Medidor de sinal às 15h17: -51dBm.



Fonte: do autor.

Tela 2 — Telas do Medidor de sinal



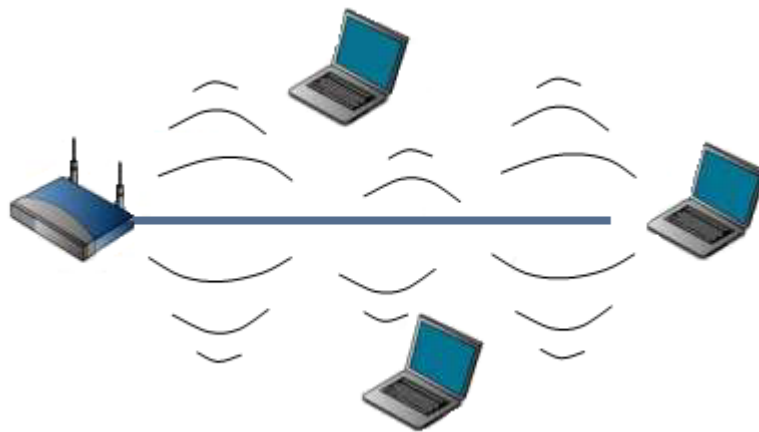
Fonte: do autor.

5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 SITUAÇÃO 1 – CABO IRRADIANTE CONECTADO

Neste cenário (Desenho 7), o sinal não irá sair só pela antena padrão do roteador sem fio. O roteador está ligado no AP, onde o cabo é conectado. No AP, o sinal é amplificado e será transmitido ao longo do comprimento do cabo, pelos orifícios que o mesmo possui. As pequenas antenas na figura representam os pontos fortes da transmissão, distribuída ao longo do cabo irradiante.

Desenho 7 — Configuração com o cabo irradiante



Fonte: (ROLLER, 2009)

O levantamento dos dados sem o cabo radiaflex (AP ligado) foi realizado no dia 09 de abril de 2013, no horário das 15h00m às 16h40m. Para as medições do nível de sinal foi utilizado o aplicativo *WIFI Analyzer* instalado no celular do autor. Foram realizadas 222 medições no hall do prédio, no corredor e na área de estudos.

As medições foram realizadas com a supervisão do Sr. Valdomiro Lotes do Departamento DTI – Divisão de Tecnologia da Informação do Instituto Presbiteriano Mackenzie.

Na Planta 3 estão demarcados todos os pontos de medição. Os resultados dos níveis de sinal medidos estão apresentados no Quadro 1.

O diagrama de radiação da antena do roteador está representado como um gráfico de superfície (Gráfico 2) e apresenta a coloração respectiva do nível do sinal medido.

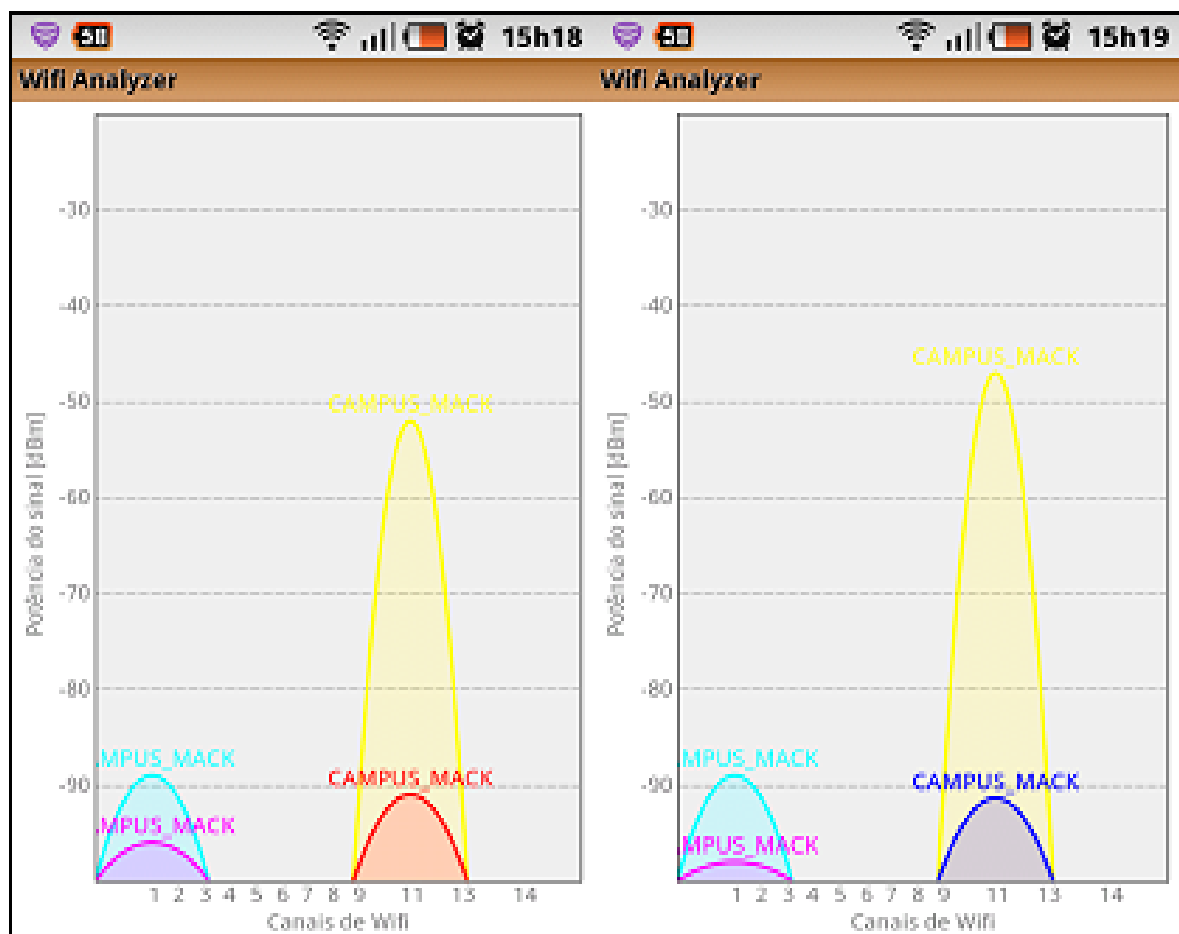
No início do corredor, onde também está localizado o AP, os níveis do sinal começam com valores de aproximadamente -45 dBm, demonstrando o resultado da amplificação. O cabo irradiante não apresenta ganho como as antenas padrão, mas pode-se notar que o sinal é pouco atenuado ao longo da sua extensão. No final do cabo o nível do sinal apresentou valores aproximados de -55 dBm.

O diagrama de radiação mostra também o efeito do mobiliário e dos pilares no andar. No vão livre, (cor verde) o sinal é o mais forte.

A potência do sinal de recepção oscilou entre -43 dBm e -79 dBm, uma sensibilidade suficiente para a obtenção do enlace.

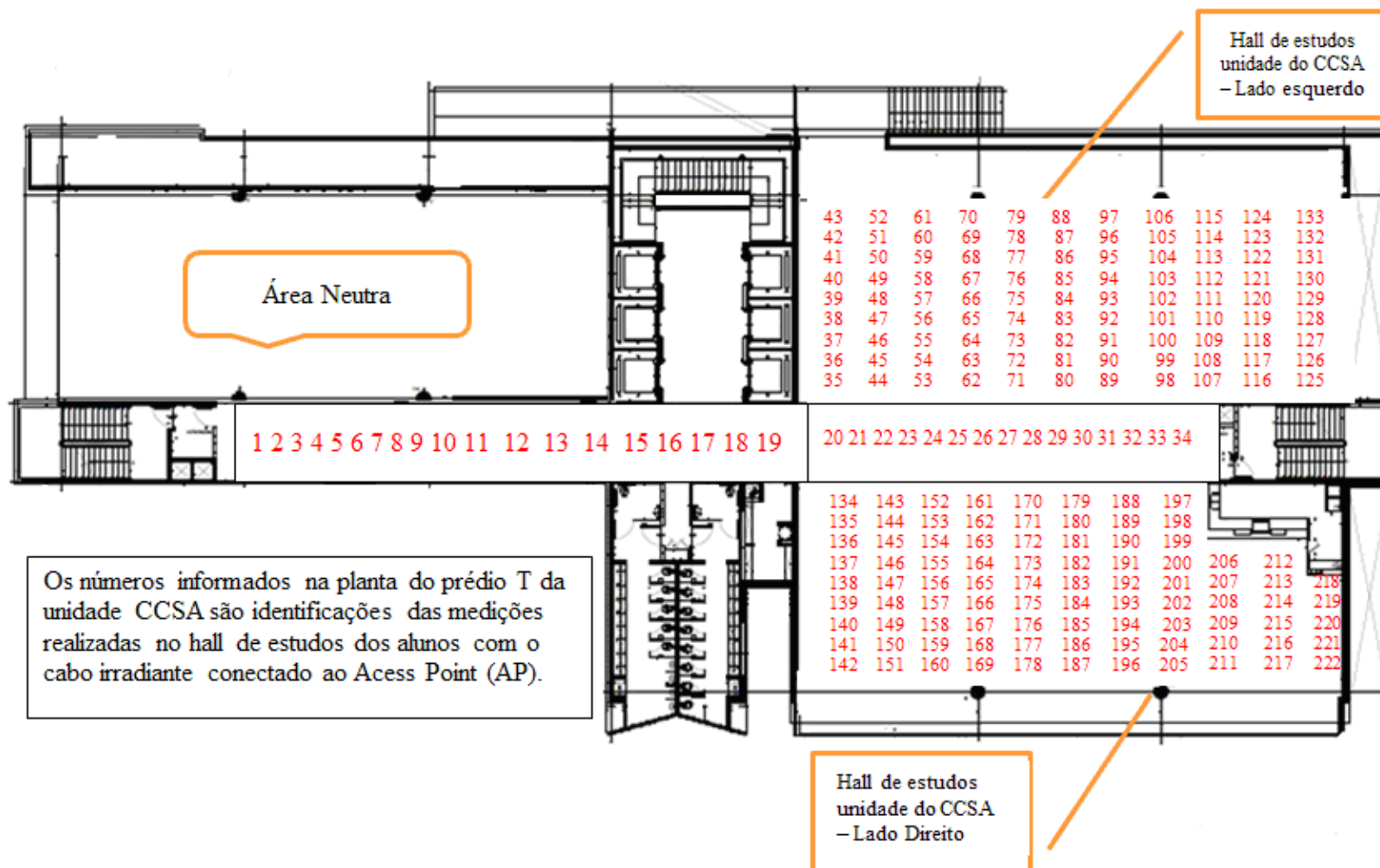
Não houve uma regularidade nas medições da potencia de sinal de recepção quanto à consistência do sinal, ou seja, em alguns momentos se percebeu, na representação gráfica, que o sinal constantemente, mas por curto intervalo de tempo, sofre variações no tempo. Foi observado que em menos de um segundo, houve variação de aproximadamente 6 dBm. O Gráfico 1 mostra duas medições realizadas num intervalo de 1 segundo.

Gráfico 1 — Medição feita às 15h18 -53dBm e às 15h19 -47dBm - oscilação dos sinais.



Fonte: do autor.

Planta 3 — levantamento dos dados com o cabo irradiante conectado prédio T, Unidade CCSA, com 222 pontos de medições de sinais de *WIFI*.



Fonte: (INSTITUTO PRESBITERIANO MACKENZIE, 2013)

Quadro 1 — Levantamento dos dados em dBm cabo irradiante conectado prédio T da unidade CCSA.

Colunas1	Colunas2	Colunas3	Colunas4	Colunas5	Colunas6	Colunas7	Colunas8	Colunas9	Colunas10	Colunas11	Colunas12	Colunas13	Colunas14	Colunas15	Colunas16	Colunas17
1 (-47)	2 (-46)	3 (-43)	4 (-40)	5 (-43)	6 (-46)	7 (-48)	8 (-46)	9 (-49)	10 (-47)	11 (-46)	12 (-49)	13 (-44)	14 (-47)	15 (-45)	16 (-45)	17 (-42)
18 (-47)	19 (-59)	20 (-60)	21 (-68)	22 (-63)	23 (-62)	24 (-65)	25 (-63)	26 (-62)	27 (-68)	28 (-64)	29 (-56)	30 (-56)	31 (-62)	32 (-57)	33 (-53)	34 (-55)
35 (-57)	36 (-52)	37 (-53)	38 (-53)	39 (-54)	40 (-58)	41 (-61)	42 (-68)	43 (-65)	44 (-54)	45 (-55)	46 (-57)	47 (-62)	48 (-65)	49 (-70)	50 (-71)	51 (-68)
52 (-69)	53 (-68)	54 (-65)	55 (-64)	56 (-62)	57 (-63)	58 (-64)	59 (-65)	60 (-66)	61 (-67)	62 (-54)	63 (-55)	64 (-58)	65 (-61)	66 (-63)	67 (-67)	68 (-65)
69 (-64)	70 (-65)	71 (-59)	72 (-60)	73 (-63)	74 (-69)	75 (-65)	76 (-67)	77 (-60)	78 (-67)	79 (-68)	80 (-64)	81 (-67)	82 (-63)	83 (-69)	84 (-65)	85 (-69)
86 (-69)	87 (-71)	88 (-71)	89 (-56)	90 (-58)	91 (-64)	92 (-63)	93 (-64)	94 (-67)	95 (-70)	96 (-72)	97 (-74)	98 (-57)	99 (-57)	100 (-55)	101 (-57)	102 (-56)
103 (-58)	104 (-59)	105 (-61)	106 (-67)	107 (-55)	108 (-57)	109 (-56)	110 (-57)	111 (-60)	112 (-68)	113 (-73)	114 (-76)	115 (-79)	116 (-58)	117 (-60)	118 (-68)	119 (-70)
120 (-71)	121 (-73)	122 (-76)	123 (-75)	124 (-79)	125 (-59)	126 (-65)	127 (-68)	128 (-67)	129 (-68)	130 (-69)	131 (-72)	132 (-75)	133 (-79)			
134 (-54)	135 (-56)	136 (-57)	137 (-57)	138 (-63)	139 (-69)	140 (-71)	141 (-74)	142 (-77)	143 (-53)	144 (-56)	145 (-58)	146 (-63)	147 (-69)	148 (-69)	149 (-70)	150 (-72)
151 (-71)	152 (-55)	153 (-59)	154 (-60)	155 (-66)	156 (-68)	157 (-73)	158 (-75)	159 (-77)	160 (-80)	161 (-54)	162 (-59)	163 (-69)	164 (-69)	165 (-68)	166 (-65)	167 (-67)
168 (-71)	169 (-75)	170 (-54)	171 (-56)	172 (-58)	173 (-69)	174 (-66)	175 (-67)	176 (-73)	177 (-71)	178 (-74)	179 (-52)	180 (-61)	181 (-64)	182 (-67)	183 (-69)	184 (-68)
185 (-64)	186 (-71)	187 (-74)	188 (-52)	189 (-52)	190 (-55)	191 (-57)	192 (-59)	193 (-68)	194 (-68)	195 (-71)	196 (-75)	197 (-58)	198 (-65)	199 (-66)	200 (-69)	201 (-71)
202 (-76)	203 (-74)	204 (-73)	205 (-73)	206 (-61)	207 (-60)	208 (-68)	209 (-70)	210 (-73)	211 (-74)	212 (-61)	213 (-66)	214 (-69)	215 (-72)	216 (-70)	217 (-70)	218 (-76)
219 (-69)	220 (-70)	221 (-79)	222 (-79)													
(1 a 34) corredor do prédio T da Unidade CCSA				(43 a 133) hall de estudos dos alunos - lado esquerdo				(134 a 222) hall de estudos dos alunos - lado direito								

Fonte: do autor

Gráfico 2 — Gráfico de superfície com os valores das medições em dBm, cabo conectado.

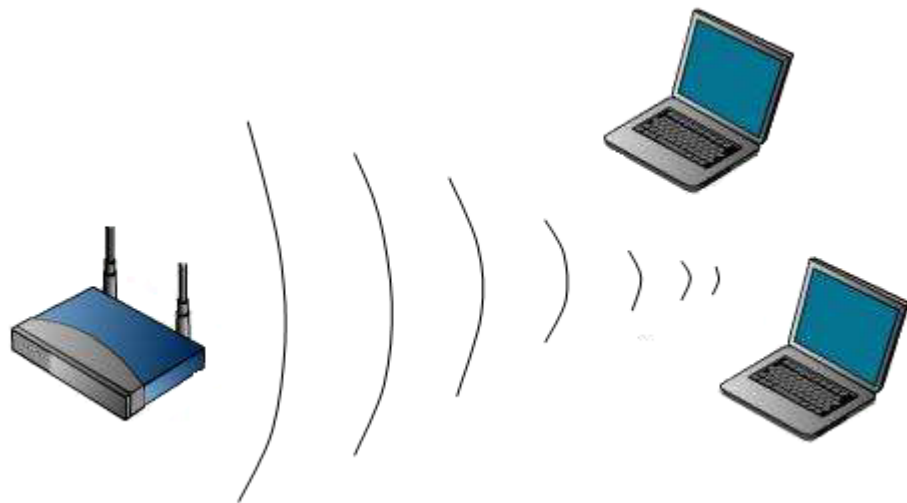
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34		
1																									-65	-69	-67	-65	-68	-71	-74	-67	-79	-79	-79	
2																									-68	-68	-66	-64	-67	-71	-72	-61	-76	-75	-75	
3																									-61	-71	-65	-65	-60	-69	-70	-59	-73	-76	-72	
4																									-58	-70	-64	-67	-67	-69	-67	-58	-68	-73	-69	
5																									-54	-65	-63	-63	-65	-65	-64	-56	-60	-71	-68	
6																									-53	-62	-62	-61	-69	-69	-63	-57	-57	-70	-67	
7																									-53	-57	-64	-58	-63	-63	-64	-55	-56	-68	-68	
8																									-52	-55	-65	-55	-60	-67	-58	-57	-57	-60	-65	
9																									-57	-54	-68	-54	-59	-64	-56	-57	-55	-58	-59	
10	-47	-46	-43	-40	-43	-46	-48	-46	-49	-47	-46	-49	-44	-47	-45	-45	-42	-47	-59	-60	-68	-63	-62	-65	-63	-62	-68	-64	-56	-56	-62	-57	-53	-55		
11																									-54	-53	-55	-54	-54	-52	-52	-58				
12																									-56	-56	-59	-59	-56	-61	-52	-65				
13																									-57	-58	-60	-69	-58	-64	-55	-66				
14																									-57	-63	-66	-69	-69	-67	-57	-69	-61	-61		
15																									-63	-69	-68	-68	-66	-69	-59	-71	-60	-66	-76	
16																									-69	-69	-73	-65	-67	-68	-68	-76	-68	-69	-69	
17																									-71	-70	-75	-67	-73	-64	-68	-74	-70	-72	-70	
18																									-74	-72	-77	-71	-71	-71	-71	-73	-73	-70	-79	
19																									-77	-71	-80	-75	-74	-74	-75	-73	-74	-70	-79	

Fonte: do autor

5.2 SITUAÇÃO 2 – CABO IRRADIANTE DESCONECTADO

O Desenho 8 apresenta a situação 2 deste estudo de caso, em cuja instalação não é utilizado o cabo irradiante como antena. A antena acima do roteador representa o ponto forte da transmissão neste cenário.

Desenho 8 — Configuração sem o cabo irradiante



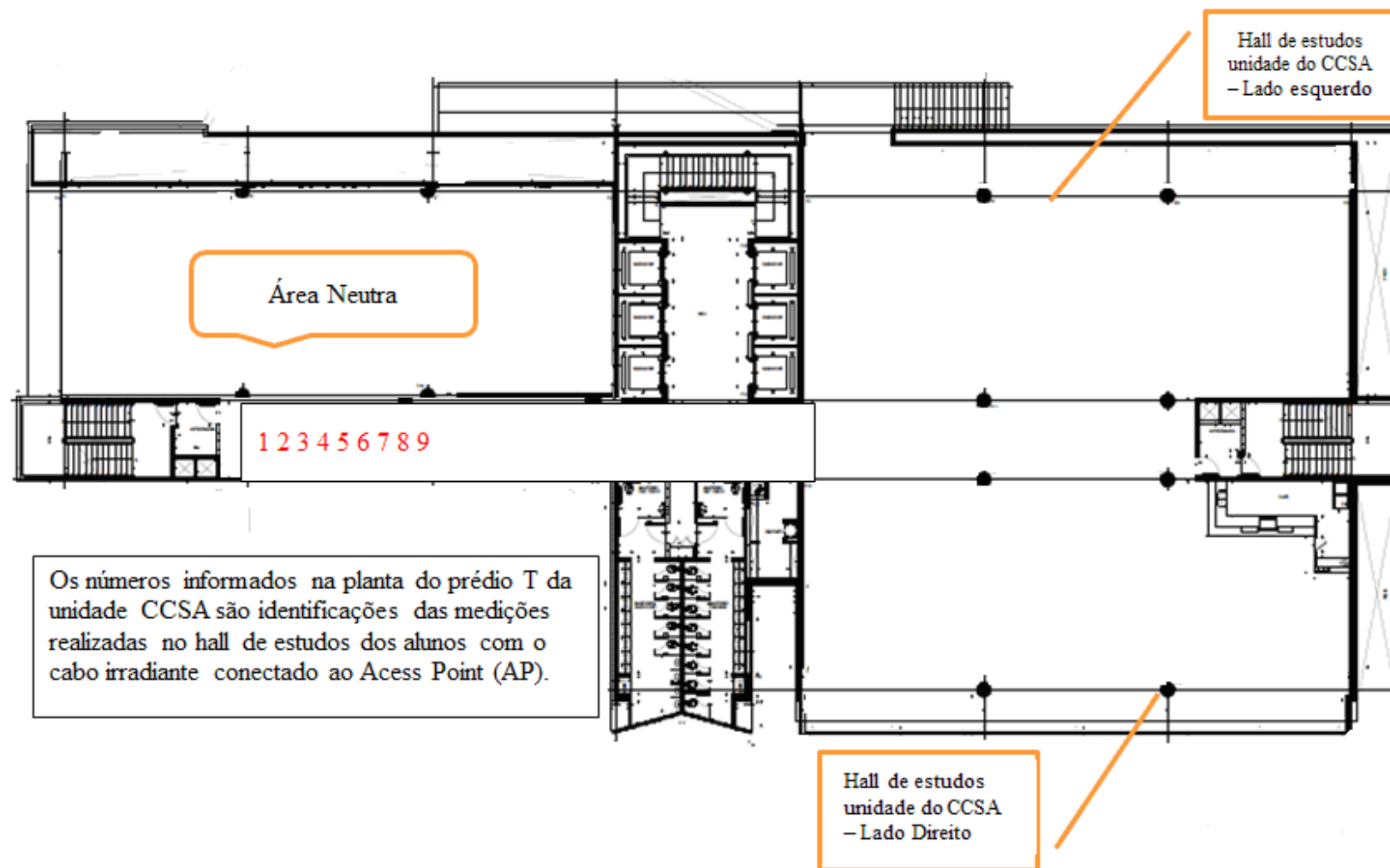
Fonte: (ROLLER, 2009)

O levantamento dos dados sem o cabo radiaflex (AP desligado) foi realizado no dia 09 de abril de 2013, no horário das 16h15m às 16h40m. Para as medições do nível de sinal foi utilizado o aplicativo *WIFI Analyzer* instalado no celular do autor. Foram realizadas 09 medições no corredor onde está instalada a única antena (roteador)

Na Planta 4 estão demarcados dos pontos de medição. Os resultados dos níveis de sinal medidos estão apresentados no Quadro 2.

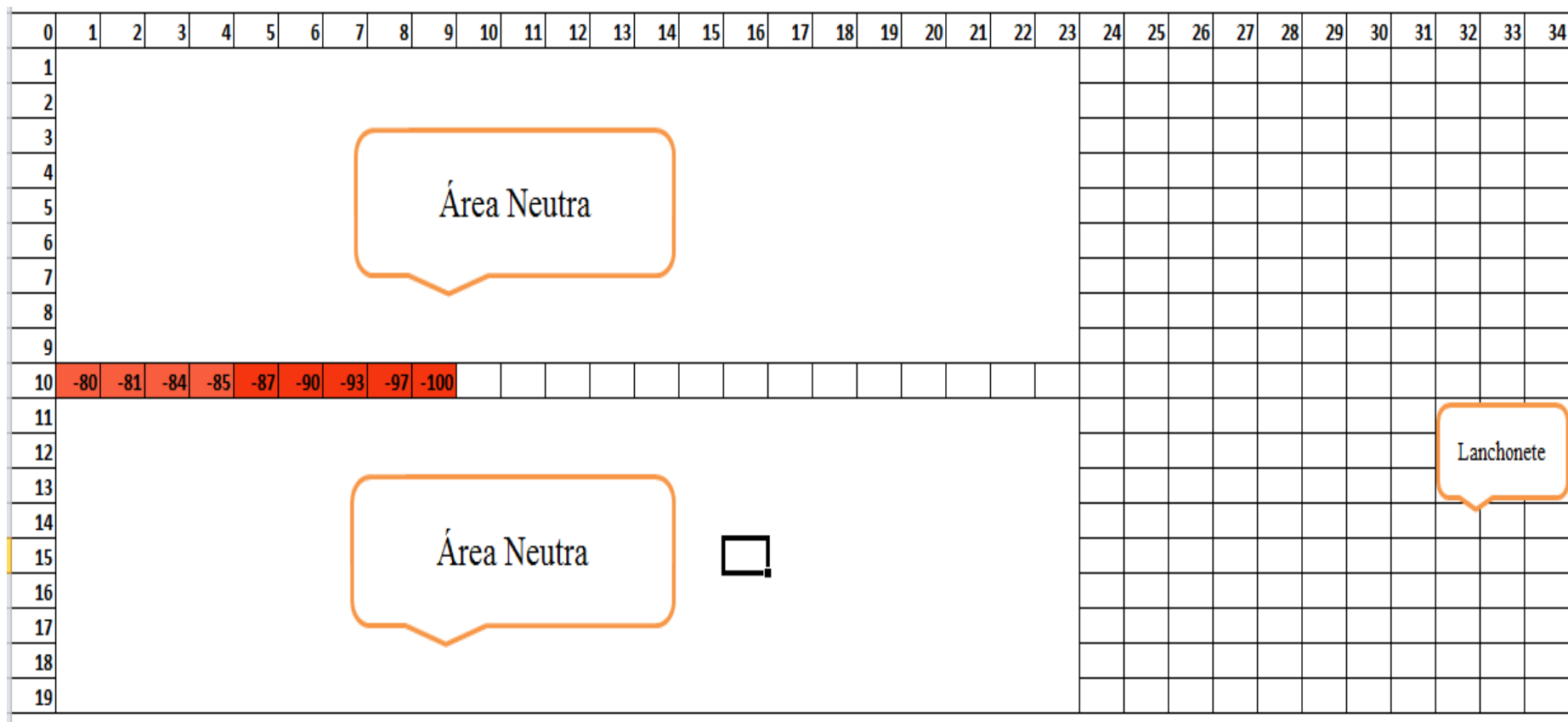
O diagrama de radiação da antena do roteador está representado como um gráfico de superfície (Gráfico 3) e apresenta a cor vermelha em todos os pontos. O sinal é muito baixo e praticamente se extingue após os 9 metros, ao longo do corredor.

Planta 4 — levantamento dos dados com o cabo irradiante desconectado prédio T, Unidade CCSA, com 09 pontos de medições de sinais de *WI-FI*.



Fonte: (INSTITUTO PRESBITERIANO MACKENZIE, 2013)

Gráfico 3 — Gráfico de superfície com os valores das medições em dBm, cabo desconectado.



Fonte: do autor

Na revisão da literatura foram comentados dois trabalhos similares de outros autores. Torna-se interessante fazer uma análise comparativa dos resultados obtidos.

No trabalho de Alberto Lincoln Mattos Pellegrini em 2010 (Análise de propagação de sinais de rádio frequência em redes wireless utilizando cabos irradiantes com configurações diferentes em ambiente *indoor*) foram utilizados basicamente os mesmos equipamentos do projeto Mackenzie, porém com análises diferentes.

O autor constatou que os valores captados com o cabo irradiante de 2 metros na posição vertical se mostraram mais consistentes do que aqueles com o cabo na posição horizontal. O cabo irradiante na posição horizontal não conseguiu estabelecer enlace com o notebook utilizado para as medições em aproximadamente 9 metros de distância. Constatou que as potências de sinal de recepção para os roteadores com antena isotrópica de 2.2 dBi foi superior quando comparadas com o cabo irradiante de 2 metros de comprimento, tanto na posição horizontal quanto na posição vertical.

Neste trabalho, com um cabo irradiante de 50 metros, os resultados se mostraram exatamente o contrário. O desempenho do cabo foi muito superior ao da antena isotrópica. Cabe ressaltar que o AP utilizado amplificou o sinal em aproximadamente 18 dBm. Porém, o que foi constatado por Pellegrini é que, mesmo com um nível de sinal de -30 dBm na saída do AP a atenuação foi muito grande, causando a deterioração do sinal em poucos metros. No seu estudo de caso, as paredes foram responsáveis pela maior atenuação.

Os resultados obtidos no trabalho de Ricardo Fleury Roller em 2009, (Análise Na Recepção De Sinais Em WLANs *Indoors* Utilizando Cabo Irradiante) também podem ser fonte de comparação para este estudo de caso. Utilizou equipamentos semelhantes e realizou medições num ambiente *indoor*. Constatou que para uma distância de aproximadamente 17 metros medições sem o cabo irradiante apresentaram uma faixa vermelha, demonstrando o pior espaço para recepção do sinal. Com o cabo irradiante, a área apresentou um nível de recepção melhor, caracterizado por uma faixa amarela. Concluiu que uma rede sem fio será melhorada se o cabo *Radiaflex* for usado para conduzir o sinal a distâncias grandes relativas à potência de transmissão do ponto onde o sinal está sendo gerado. Para distâncias menores, é viável a utilização de uma antena omnidirecional, ou seja, um roteador sem fio comum com sua antena padrão já é o suficiente. Pelas características do ambiente de análise do seu projeto, o roteador *wireless* com antena omnidirecional padrão conseguiu conduzir bem o sinal para dispositivos situados numa distância de até 4 metros. Concluiu que a utilização do Cabo *Radiaflex* numa rede sem fio é viável para distâncias maiores que 15 metros.

Sem considerar a viabilidade econômica do projeto do Prédio T, somente pelas conclusões encontradas nestes dois trabalhos, valeria considerar a hipótese de que o cabo Radiaflex teria melhor desempenho que a antena isotrópica do roteador neste caso. Porém, os resultados demonstraram que o desempenho foi muito superior ao esperado nestas comparações.

6 CONCLUSÃO.

Neste trabalho foi feito um estudo de caso para a verificação do desempenho de cabos irradiantes – Radiaflex para a transmissão de sinais de internet no hall do prédio T do Instituto Presbiteriano Mackenzie. Foram efetuadas medições de nível de sinal com o cabo irradiante conectado a um AP e do nível de sinal irradiado de uma antena isotrópica do roteador da rede *wireless*.

Foi constatado que o nível do sinal com o cabo irradiante conectado variou de -47dBm a -79dBm, considerado um bom sinal para acessar a rede *WI-FI* por equipamentos cuja sensibilidade é maior de -75dBm. Com o cabo irradiante desconectado, o melhor ponto apresentou um valor de -80dBm, considerado um sinal insuficiente para manter a conexão de internet.

Com a análise comparativa dos resultados obtidos pode-se concluir que quanto maior for a distância entre o receptor e o transmissor, o desempenho do cabo Radiaflex torna-se mais atrativo. Isso ocorre devido às propriedades de condução do sinal inatas do cabo. Por percorrer a maior distância possível sem degradação antes de ser irradiado do cabo, o sinal conserva a intensidade para receptores localizados a vários metros de distância da fonte.

Concluiu-se ainda que este cabo possui uma propriedade de confinar o sinal para receptores próximos a ele dentro do ambiente, com uma irradiação distinta das antenas omnidirecionais e com baixa atenuação para longas distâncias. E por fim, devido às suas propriedades, sua aplicação é indicada para uma topologia em barramento, ou seja, para ambientes de corredores longos, como foi o caso em estudo. Como o cabo Radiaflex foi colocado ao longo do andar, os receptores podem receber o sinal com intensidade uniforme e bem distribuída.

Como sugestão para trabalhos futuros com esta tecnologia, é importante que se estude outras aplicações para os cabos Radiaflex, como sinal *indoor* para celulares e outros aplicativos.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Joseph. **Redes sem fio - Tecnologia, segurança e usabilidade**. 2010. 119 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2010. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABG8oAL/tcc-redes-sem-fio>>. Acesso em: 13 fev. 2012.
- BOAS, Luciani Aparecida Spineli Vilas. **Wimax - A nova tecnologia de redes sem fio**. 2007. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Ciências da Computação da Faculdade de Jaguariúna, Jaguariúna, 2007. Disponível em: <<http://kenobi.cpd.ufjf.br/wimax/0305242.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2012.
- DÃOBROSKI, Franciele. **Desempenho de enlaces ponto a ponto utilizando o protocolo 802.11g**. 2009. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Positivo Universidade Núcleo De Ciências Exatas E Tecnológicas, Curitiba, 2009. Disponível em: <www.up.com.br/painelgpa/.../Tcc/tcc.../FrancieleMonografia%20.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2012.
- EBROOKBROWSE. Disponível em: <<http://ebrookbrowse.com/downloads-telematica-microondas-2-antenas-e-propagantpo-01-parametrosfundamentais-pdf-d372997838>>. Acesso em: 10 dez. 2012.
- ESTEVEVES, Luiz Claudio. **Antenas: teoria básica e aplicações**. São Paulo: McGraw-Hill, 1981.
- GARCIA, Christian Pinheiro; OTANI, Tiago H. **Infraestrutura para telecomunicações, redes de dados wireless, telefonia celular**. 2007. 11 f. Artigo (Graduação) - Teleco Inteligência em Telecomunicação, São José Dos Campos, 2007. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br?DVD/PDF/tutorialdipolo.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2012.
- HAYKIN, Simon; MOHER, Michel. **Sistemas modernos de comunicação wireless**. São Paulo: Brokman, 2008. Disponível em: <http://books.google.com.br/books/about/SISTEMAS_MODERNOS_DE_COMUNICA%C3%87OES_WIREL.html?hl=pt-BR&id=HvfuqmkpufwC> . Acesso em: 24 fev. 2012.
- HP **Documento de Suporte HP**. Disponível em: <<http://h20000.www2.hp.com/bizsupport/TechSupport/Document.jsp?lang=pt&cc=br&taskId=120&prodSeriesId=4177539&prodTypeId=12883&objectID=c02514461>>. Acesso em: 13 fev. 2013
- LIMA, Erval Netto de. **Gerenciamento de Cache em banco de dados móveis, Maringá**. 2005. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005. Disponível em: <<http://www.espweb.uem.br/monografias/2004/Gerenciamento%20de%20cache%20em%20banco%20dados%20moveis.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2012.
- LUCA, Vicente de. **Implantação e gerenciamento de uma rede sem fio nos domínios de um campus universitário**. 2010. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010. Disponível em:

<http://www.bcc.ufla.br/monografias/2010/VICENTE_DE_LUCA.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2012.

MELLO, Israel Sperotto de. **Engenharia de antenas: uma abordagem didática para ensino, pesquisa e extensão**. 2011. 131 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/33103>>. Acesso em: 13 fev. 2012.

ONGARATTO, Diogo Atiê Schaeffer. **Projeto de sistemas de comunicação microondas: rádio ponto a ponto**. 2009. 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/24303>>. Acesso em: 14 fev. 2012.

PELLEGRINI, Alberto Lincoln Mattos. **Análise de propagação de sinais de rádio frequência em redes wireless utilizando cabos irradiantes com configurações diferentes em ambiente indoor**. 2010. 98 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2010. Disponível em: <<http://repositorio.uniceub.br/handle/123456789/1009>>. Acesso em: 24 fev. 2012.

RFS – RADIO FREQUENCY SYSTEMS. **Cabo Irradiante RADIAFLEX®**. Disponível em: <<http://www.rfsworld.com/cabo-irradiante-radiaflex-r,226,6.html>>. Acesso em: : 03 mar. 2013

ROLLER, Ricardo Fleury. **Análise Na Recepção De Sinais Em WLANs Indoors Utilizando Cabo Irradiante**. 2009. 100 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas (FATECS) – UniCEUB, Brasília, 2009. Disponível em: <http://repositorio.uniceub.br/bitstream/123456789/3534/1/20268100.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2013.

SPADONI & ASSOCIADOS ARQUITETURA. **Instituto Presbiteriano Mackenzie**: Planta nível + 0.00 pavimento térreo escala 1:50. 26 jul. de 2006. Arquiteto: Lauresto C. E. F. Spadoni Nº Folha 05/60.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, **Experimento 2: Medição de diagrama de irradiação e ganho de antenas**, Centro de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia Elétrica, Laboratório de Micro-Ondas e Eletromagnetismo Aplicados. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/~fontgalland/GuiaExp2LabAntena.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2012.

VIALINK, **Infraestrutura cabos irradiantes**. Disponível em: <<http://www.vialink.com.br/produtos/infraestruturas/cabosIrradiantes/detalhes/>>. Acesso em: 13 fev. 2012.

WIKIPEDIA, **Radiação Eletromagnética**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:onde_electromagnetique.svg>. Acesso em: 05 fev. 2013.

WIMBIL, **Exemplo de Aplicação**. Disponível em: <<http://www.wimobil.com.br/produtos-wireless/cabos-irradiantes-rf/>>. Acesso em: 13 fev. 2012.

YAMAGUCHI, Marcelo. **Soluções de Cobertura Indoor para aplicação WIMAX**. 2011. 7 f. Artigo (Tutorial) - Teleco Inteligência em Telecomunicações, São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://under-linux.org/f105/projeto-cabo-irradiante-99067/>>. Acesso em: 10 fev. 2012.