

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS  
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO  
CURSO DE BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ANÁLISE DE UMA REDE SEM FIO UTILIZANDO A METODOLOGIA DE  
SITE SURVEY COMO SUPORTE AO PROJETO DE REESTRUTURAÇÃO DA  
FADESP.**

**ANDERSON COSTA NOVAES DE OLIVEIRA**

**BELÉM  
2017**

ANDERSON COSTA NOVAES DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DE UMA REDE SEM FIO UTILIZANDO A METODOLOGIA DE  
SITE SURVEY COMO SUPORTE AO PROJETO DE REESTRUTURAÇÃO DA  
FADESP.**

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da Faculdade de Computação do Instituto de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal do Pará como pré-requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Orientador: Prof. Dr. RAIMUNDO  
VIÉGAS JR.

BELÉM  
2017

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus pela saúde física e mental que apesar das dificuldades pode me manter íntegro a realização de minha formação acadêmica. A minha família e em especialmente a minha vó que é minha mãe de criação, a minha bisavó (*in memoriam*) que deixou seus ensinamentos sobre persistência e determinação. A minha namorada por ser grande parceira neste sonho sempre com boas palavras frente as dificuldades. Também aos amigos tanto de curso quanto externos, que de forma direta ou indireta deram apoio para o meu desenvolvimento acadêmico, e claro ao meu orientador Prof. Dr. Raimundo Viégas Jr. por acreditar na ideia e desenvolvimento deste trabalho, dando orientação e apoio para o sua realização.

## RESUMO

Em um projeto de redes sem fio alguns fatores devem ser levados em consideração, como equipamentos que podem causar interferências, outras redes já existentes que podem competir com o canal da rede que irá ser implantado e posicionamentos dos pontos de acesso, a fim de assegurar uma cobertura satisfatória do sinal de radiofrequência. Desta forma, objetiva-se neste trabalho apresentar características de uma rede wireless e seus padrões IEEE 802.11, abordando boas práticas para que sua implantação ocorra de maneira satisfatória. Desta forma, será analisada uma rede sem fio já existente estudando suas características, e apresentando seus problemas. Para tal, será utilizada a metodologia do *site survey* que permite a realização de inspeção de uma rede sem fio. O software utilizado foi o *EKahau HeatMapper*, que após o carregamento da planta do local nos mostra onde os pontos de acesso estão localizados, assim como áreas com e sem cobertura, e várias informações convenientes à implantação da rede. A detecção do sinal e análises de perda, atenuações e sobreposição de canal foi realizada pelo software *InSSIDer*. Então, após esses estudos, uma proposta de reestruturação de rede sem fio será apresentada, com a finalidade que esta tenha o seu melhor desempenho e aproveitamento possível por parte de seus usuários.

**Palavras-chave:** Redes sem fio, site survey, IEEE 802.11, reestruturação.

## ABSTRACT

In a wireless networking project some factors must be taken into account, such as equipments that can cause interferences, other networks that already exist which can compete with the network channel that will be deployed and the positioning of access points, in order to ensure satisfactory coverage of the radio frequency signal. Thus, the objective of the present work is to show the characteristics of a wireless network and its IEEE 802.11 standards, approaching good practices for its implementation in a satisfactory way. In this sense, an existing wireless network will be analyzed by studying its characteristics, and its problems will be presented. For this, the methodology of the *site survey* will be used, which allows the inspection of a wireless network. The software used was the Ekahau HeatMapper, that after uploading the plant of the local, shows us where the access points are located, the areas with and without coverage, and various convenient informations to the deployment of the network. The detection of the signal and analysis of its loss, channel attenuations and channel superposition was performed by the software *InSSIDer*. Then, after these studies, a proposal for wireless network restructuring will be presented with the aim it has its best performance and better possible use by its users.

**Keywords:** Wireless networks, site survey, IEEE 802.11, restructuring.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Emissão de sinal dos pontos de acesso atuais vs pontos de acesso com beamforming.....	19
Figura 2 - BSS conectados.....	21
Figura 3 - BSS independente.....	22
Figura 4 - Irradiação em 3D de uma antena omni-direcional.....	23
Figura 5 - Link interligando duas redes com antena semi-direcional.....	23
Figura 6 - Feixe de irradiação de uma antena altamente direcional.....	23
Figura 7 - Fluxograma CSMA/CA.....	25
Figura 8 - Canais 802.11 na banda de frequências.....	26
Figura 9 - Access points sem sobreposição de canais.....	27
Figura 10 - Evoluções dos padrões de segurança.....	30
Figura 11 - Planta baixa do piso térreo do prédio da FADESP.....	35
Figura 12 - Planta baixa do pavimento superior do prédio da FADESP.....	36
Figura 13 - Ekahau HeatMapper com mapa do piso térreo do prédio da FADESP.....	37
Figura 14 - InSSIDer mostrando informações dos APS do piso térreo do prédio da FADESP.....	38
Figura 15 - Ekahau HeatMapper lado direito piso térreo do prédio da FADESP.....	39
Figura 16 - Ekahau HeatMapper lado esquerdo piso térreo do prédio da FADESP.....	40
Figura 17 - Ekahau HeatMapper lado direito piso superior do prédio da FADESP.....	40
Figura 18 - Ekahau HeatMapper lado esquerdo piso superior do prédio da FADESP.....	41
Figura 19 - InSSIDer lado direito piso térreo do prédio da FADESP.....	42
Figura 20 - InSSIDer lado esquerdo piso térreo do prédio da FADESP.....	43
Figura 21 - InSSIDer lado esquerdo piso superior do prédio da FADESP.....	44
Figura 22 - InSSIDer lado direito piso superior do prédio da FADESP.....	44
Figura 23 - Concorrência dos canais detectados piso térreo do prédio da FADESP.....	45
Figura 24 - Concorrência dos canais detectados no piso superior do prédio da FADESP.....	46

Figura 25 - Canais utilizados pelos APs piso superior do prédio da FADESP.....	47
Figura 26 - Concorrência dos Canais utilizados pelos APs piso superior do prédio da FADESP.....	47
Figura 27 - Ekahau HeatMapper cobertura do piso térreo do prédio da FADESP.....	51
Figura 28 - Ekahau HeatMapper cobertura do piso superior do prédio da FADESP....	52
Figura 29 - InSSIDer lado direito da rede sem fio proposta piso térreo da FADESP...	53
Figura 30 - InSSIDer lado esquerdo da rede rede sem fio proposta piso térreo da FADESP.....	53
Figura 31 - InSSIDer lado direito da rede rede sem fio proposta piso superior da FADESP.....	54
Figura 32 - InSSIDer lado esquerdo da rede rede sem fio proposta piso superior da FADESP.....	55
Figura 33 - Canais utilizados pelos APs da rede rede sem fio proposta piso térreo do prédio da FADESP.....	56
Figura 34 - Concorrência dos Canais utilizados pelos APs da rede rede sem fio proposta piso térreo do prédio da FADESP.....	56
Figura 35 - Canais utilizados pelos APs da rede sem fio proposta do prédio da FADESP.....	57
Figura 36 - Concorrência dos Canais utilizados pelos APs da rede rede sem fio proposta piso superior do prédio da FADESP.....	57

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Comparação entre intensidades de sinal.....	55
--	----

## LISTA DE SIGLAS

AC	<i>Alternate Current</i>
ACK	<i>acknowledgement</i>
ADSL	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>
AES	<i>Advanced Encryption Standard</i>
ANATEL	<i>Agência Nacional de Telecomunicações</i>
AP	<i>Access Point</i>
ASCII	<i>American Standard Code for Information Interchange</i>
BSS	<i>Basic Service Set</i>
CSMA/CA	<i>Carrier Sense Multiple Access and Collision Avoidance</i>
CTIC	<i>Centro de Tecnologia da Informação e Comunicação</i>
CTS	<i>Clear to send</i>
dB	<i>decibel</i>
dBm	<i>decibel miliwatt</i>
DIFS	<i>distributed Interframe space</i>
EAP	<i>Extensible Authentication Protocol</i>
ESS	<i>Extended Service Set</i>
FADESP	<i>Fundação Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa</i>
GHz	<i>Giga Hertz</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
Km	<i>Quilômetros</i>
FCC	<i>Federal Communications Commission</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
MAC	<i>Media Access Control</i>
Mbps	<i>Megabit por Segundo</i>
MHz	<i>Mega Hertz</i>
MIMO	<i>Multiple Input, Multiple Output</i>
OFDM	<i>Orthogonal Frequency-Division Multiplexing</i>
PSK	<i>Pre Shared Key</i>
RADIUS	<i>Remote Authentication Dial-in User Service</i>
RF	<i>Radiofrequência</i>
RTS	<i>request to send</i>
SIFS	<i>Short Interval Space</i>
TKIP	<i>Temporal Key Integrity Protocol</i>
TV	<i>Televisão</i>
UIT	<i>União Internacional de Telecomunicações</i>
WEP	<i>Wired Equivalent Privacy</i>
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>
WiMAX	<i>World wide Interoperability for Microwave Access</i>
WLAN	<i>Wireless LAN</i>
WMAN	<i>Wireless Metropolitan Area</i>
WPA	<i>Wi-Fi Protected Access</i>
WWAN	<i>Wireless WideArea</i>

## Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 Motivação .....	14
1.2 Objetivos Gerais .....	14
1.3 Objetivos Específicos .....	14
1.4 Contribuições do Trabalho.....	15
1.5 Organização do Trabalho.....	15
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>16</b>
2.1 Rede sem fio ou Rede Wireless .....	16
2.1.1 Wireless Personal Área Network (WPAN).....	16
2.1.2 Lan sem fio ou WLAN (Wireless LAN).....	16
2.1.3 WiMAX ou WMAN – Wireless Metropolitan Area Network.....	17
2.1.4 WWAN – Wireless Wide Area Network .....	17
2.2 O Padrão IEEE 802.11 .....	17
2.2.1 IEEE 802.11b .....	18
2.2.2 IEEE 802.11a .....	18
2.2.3 IEEE 802.11g .....	18
2.2.4 IEEE 802.11n .....	18
2.2.5 IEEE 802.11ac.....	19
2.2.6 IEEE 802.11ax .....	19
2.3 A ARQUITETURA DO 802.11 .....	19
2.3.1 Ponto de acesso (access point –AP) .....	20
2.3.2 Estação .....	20
2.3.3 Roteador .....	20
2.3.4 BSS (Basic Service Set) .....	20
2.3.5 ESS (Extended Service Set) .....	21
2.4 COMUNICAÇÃO DAS WLANs.....	22
2.4.1 Antenas.....	22
2.4.2 SSID .....	23
2.4.3 Beacon.....	24
2.4.4 CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access and Colision Avoidance).....	24
2.5 PERDAS .....	26
2.5.1 Atenuação.....	26
2.5.2 Interferências.....	26

2.5.3 Sobreposição de canais.....	26
2.6 FREQUÊNCIAS .....	27
2.6.1 .....	28
2.7 SEGURANÇA EM REDES SEM FIO.....	28
2.7.1 Endereço MAC.....	28
2.7.2 Protocolos 802.11i e 802.1x.....	29
2.7.3 Padrões de segurança IEEE 802.11 .....	29
2.7.4 WEP .....	30
2.7.5 WPA.....	30
2.7.6 Extensible Authentication Protocol (EAP) .....	31
2.7.7 WPA2.....	31
<b>3 TRABALHOS RELACIONADOS .....</b>	<b>32</b>
3.1 TCC de CARDOSO e MACEDO-MORAES (2005).....	32
3.2 TCC de SANTOS (2016).....	32
3.3 Relação entre os trabalhos .....	32
<b>4 ANÁLISE DA INFRAESTRUTURA DE REDES SEM FIO DA FADESP UTILIZANDO SITE SUVEY.....</b>	<b>33</b>
4.1 Planejamento de uma rede sem fio. ....	33
4.2 Metodologia .....	33
4.3 <i>Site Survey</i> .....	33
4.4 Descrição do local de estudo. ....	34
4.5 Mapeamento e coleta de dados da rede sem fio.....	37
4.6 Análise de cobertura .....	38
4.7 Análise de sinal.....	41
4.8 Análise da concorrência dos canais de comunicação .....	45
4.9 Apresentação da proposta. ....	48
<b>5 PROPOSTA DE REESTRUTURAÇÃO DA REDE SEM FIO .....</b>	<b>49</b>
5.1 Equipamentos.....	49
5.2 Especificações dos APs .....	50
5.3 Solução proposta.....	50
5.4 Simulando a instalação. ....	51
5.5 Cobertura do sinal da rede sem fio proposta.....	51
5.6 Análise do sinal da rede proposta. ....	52
5.7 Análise da concorrência dos canais de comunicação da rede sem fio proposta. ...	55

<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>59</b>
6.1 Trabalhos futuros.....	59
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>61</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Por muito tempo, ao se falar sobre redes de computadores, de imediato atribuía-se o conceito de redes cabeadas. Porém, junto ao processo de evolução, as necessidades e preferências dos usuários, que se tornam cada vez mais exigentes e dependentes das tecnologias, têm sido voltadas para a mobilidade e portabilidade. Isso se deve ao fato de o usuário estar sempre acompanhado de dispositivos dos mais variados tipos e tamanhos como computadores pessoais, portáteis e de mão, celulares, eletrodomésticos, máquinas industriais, sensores e outros conectados à internet e em diferentes ambientes.

Para TANENBAUM (2011), o uso da tecnologia de redes sem fio é uma solução prática em edifícios de escritórios, aeroportos e locais públicos para que dispositivos com suporte a esta tecnologia tenham conexão entre eles e com a internet.

As redes sem fio proporcionam mobilidade e portabilidade, já que não necessitam de cabos e fios para suas conexões e transferências, pois a transmissão dos dados se dá por meio de transmissores e receptores de rádio de ondas eletromagnéticas convertidas a partir de um sinal que chega pelo cabo e são emitidos ao ar por antenas para que outros dispositivos equipados possam captar e reconhecer esse sinal bem como manter a conexão.

Contudo, há de se destacar, que a implantação desse tipo de rede necessita de um certo conhecimento técnico e uma série de outros fatores que devem ser levados em consideração, como local de cobertura da rede, interferências na transmissão de sinal, análise das redes sem fio próximas para uma melhor escolha do canal de transmissão, dentre várias outras coisas, mas observa-se outro cenário atualmente, em que alguns dispositivos básicos para se montar uma rede sem fio tem custo relativamente baixo e vem pré-configurados, então usuários mesmo sem muito conhecimento técnico podem montar sua rede sem fio, mas todos os fatores ditos importantes não são levados em consideração, fazendo com que muitos problemas sejam apresentados, e na maioria nem notados pelo usuário.

No auxílio à implantação de uma rede sem fio por meio de um profissional qualificado existem ferramentas como *site survey* utilizado para realizar análises a fim de obter um melhor aproveitamento da rede sem fio verificando a estrutura do local, interferências, canais para transmissão, dentre outros atributos.

## 1.1 Motivação

A Fundação Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa (FADESP) que é uma instituição de direito privado, sem fins lucrativos, com o objetivo apoiar o desenvolvimento científico, social e tecnológico da Amazônia. Atua na gestão de projetos de pesquisa, ensino e extensão demandados pela UFPA e por outras instituições de ensino superior (Universidade do Estado do Pará/UEPA, Universidade do Oeste do Pará/UFOPA e Universidade Federal Rural da Amazônia/UFRA), além do desenvolvimento institucional e da prestação de serviços técnicos especializados, como a execução de concursos públicos.

A FADESP está situada no campus UFPA e terá a sua infraestrutura de redes reestruturada. Existe uma rede implantada bem como a rede sem fio, porém nota-se que não foi feita uma análise meticulosa para sua montagem, ocasionando na existência de pontos sem cobertura pela rede e interferências, então surge a necessidade que seja realizada uma análise da infraestrutura do prédio local a fim de que seja estimada a melhor forma possível para a implantação da nova estrutura de redes sem fio, análise esta que será realizada por este trabalho, com auxílio do *site survey*.

## 1.2 Objetivos Gerais

Realizar a análise da rede existente no prédio da FADESP verificando a estrutura física do local, mostrando os problemas encontrados na análise feita com o *site survey* e apresentar uma proposta para que a reestruturação da rede sem fio seja realizada para que haja o melhor aproveitamento da LAN, verificando os Rádios que podem ser utilizados, posicionamento destes e cobertura do sinal de transmissão.

## 1.3 Objetivos Específicos

1) Analisar a rede sem fio que está implantada no local e apresentar os prováveis problemas encontrados, como áreas de sombra (loais que a rede não cobre), interferências, sobreposição de canais entre outros.

2) Apresentar uma proposta de melhoria da rede sem fio após analisar o local, levando em consideração a área que se pretende cobrir, números de usuários, interferências, tipo de rádio que tenham melhor capacidade e desempenho, dentre outros.

#### 1.4 Contribuições do Trabalho.

O presente trabalho pretende deixar claro a importância de um estudo e análises prévias à implantação de uma rede sem fio para o seu melhor desempenho. Valorizar o profissional apto para o tipo de implantação de uma rede sem fio, que desta forma gastos com manutenção ou reestruturação serão minimizados.

O trabalho realizou a análise de uma rede sem fio, e apresenta uma proposta para uma reestruturação que poderá ser implantada, a fim de melhorar o desempenho da rede sem fio da FADESP e desta forma objetivando maior satisfação por meio dos usuários da rede.

#### 1.5 Organização do Trabalho

O trabalho inicia-se com esta introdução, seguindo pelo capítulo 2 que dá fundamentação apresentando o que será estudado no presente trabalho. O capítulo 3 mostra trabalhos que abordaram a mesma temática que este e a relação entre eles. Já o capítulo 4 apresenta a metodologia utilizada para análise da rede sem fio, bem como o estudo dos dados coletados, e a proposta para reestruturação é encontrada no capítulo 5, no capítulo 6 as conclusões tomadas após análise e proposta, e por fim as referências e os anexos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica tem como objetivo apresentar sobre o que será abordado, e dar embasamento sobre as técnicas e funcionamento do que será tratado e estudado, sendo o enfoque deste trabalho as tecnologias de rede sem fio ou rede wireless.

### 2.1 Rede sem fio ou Rede Wireless

Uma rede sem fio refere-se a uma rede entre dispositivos compatíveis com a tecnologia, que como o nome já diz não se utiliza de fios ou cabos. Sua comunicação é realizada por meio de equipamentos que usam sinal de radiofrequência e em alguns casos infravermelho. Na língua inglesa é conhecida como rede wireless, mas comumente é utilizada em nosso idioma. Sua classificação dá-se por área de cobertura e estão apresentadas nas próximas seções.

#### 2.1.1 Wireless Personal Área Network (WPAN)

O padrão IEEE 802.15 define os protocolos e as especificações das redes pessoais WPAN – Wireless Personal Área Network, como o Bluetooth e o infravermelho.

Segundo FOROUZAN (2006):

O padrão IEEE 802.15 define uma rede sem fio denominada Personal Área Network (PAN) para operar em uma área do tamanho de uma sala. Este escopo de rede gravita em torno do indivíduo. Possui um alcance pequeno, mas efetua a comunicação entre dispositivos pessoais.

É normalmente utilizada para interligar dispositivos eletrônicos fisicamente próximos, os quais não se necessita que sejam detectados a distância. Este tipo de rede é ideal para eliminar os cabos usualmente utilizados para interligar teclados, impressoras, telefones móveis, agendas eletrônicas, computadores de mão, câmeras fotográficas digitais, mouses e outros.

#### 2.1.2 Lan sem fio ou WLAN (Wireless LAN)

É uma rede local que usa ondas de rádio para fazer uma conexão de Internet ou entre uma rede, ao contrário da rede fixa ADSL que geralmente usa cabos. Segundo CARRANO (2016) a aplicação deste tipo de rede tem finalidade de cobrir áreas comuns como residências e escritórios, haja vista que seu alcance é de dezenas ou poucas centenas de metros.

### 2.1.3 WiMAX ou WMAN – Wireless Metropolitan Area Network

O WiMAX (World wide Interoperability for Microwave Access) define as especificações sem fio para as redes metropolitanas ou WMAN – Wireless Metropolitan Area Network, possuindo maior capacidade de alcance de sinal do que as WLANs. As WMANs utilizam switches de grande potência que geralmente se ligam por meio de fibra ótica, solicitando os dados.

Segundo KUROSE e ROSS (2010):

O WiMAX (Interoperabilidade Mundial de Acesso em Micro-Ondas) pertence à família dos padrões IEEE 802.16 que visa entregar dados sem fio a um grande número de usuários sobre uma ampla área a taxas que competem com as redes ADSL e modem a Cabo.(...) O padrão 802.16 tem como objetivo de suportar a mobilidade a velocidades de 70-80 milhas por hora (por exemplo, velocidades de rodovias na maioria dos países fora da Europa) e possui uma estrutura de enlace para diferentes aparelhos pequenos e de recursos limitados, como PDAs, celulares e laptops.

As redes Metropolitanas Sem Fio interligam vários LAN geograficamente próximos.

### 2.1.4 WWAN – Wireless Wide Area Network

O padrão IEEE 802.20 é responsável pelo conjunto de especificações para redes sem fio de longo alcance ou WWAN – Wireless Wide Area Network, conhecidas como redes de longa distância, redes alargadas ou redes geograficamente distribuídas.

Para COULOURIS *et. all* (2007):

Uma variante do padrão (IEEE 802.20) se destina a superar as redes 802.11 como principal tecnologia de conexão para computadores laptop e dispositivos móveis em áreas públicas externas e interna.

## 2.2 O Padrão IEEE 802.11

Variados são os tipos de rede sem fio bem como os locais e com funções diferentes em que necessitam ser implantadas, sendo distintas e baseadas nas especificações e protocolos individuais de cada uma. Segundo KUROSE e ROSS (2010) “Embora muitas tecnologias e padrões para LANs sem fio tenham sido desenvolvidas na década de 1990, uma classe particular de padrões surgiu claramente como vencedora: a **LAN sem fio IEEE 802.11**, também conhecida como **Wi-Fi**”

O IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) formou um grupo de trabalho com intuito de definir padrões para a comunicação entre os dispositivos de redes sem fio, este foi denominado 802.11, que, com o passar dos anos, desenvolveu

várias versões do padrão incluindo novas características operacionais (RUFINO 2007)

### 2.2.1 IEEE 802.11b

Segundo TANENBAUM (2011), a primeira versão do Padrão IEEE 802.11 foi lançada em 1997. A taxa de dados chegava a 1 Mbps ou 2 Mbps, operando na faixa de frequência de 2,4 GHz, mas que logo foi estendida a uma velocidade de 11Mbps, este padrão foi denominado 802.11b. Um dos pontos negativos deste padrão é que dispositivos como celulares e fornos micro-ondas competem pelo espectro de frequência 2,4 GHz, acarretando em interferências na transmissão de dados pela rede sem fio.

### 2.2.2 IEEE 802.11a

Segundo TANENBAUM (2011), havia um desejo dos usuário de redes sem fio por uma transmissão mais veloz, então no ano de 1999 foi disponibilizado o padrão 802.11a que funcionava em velocidades de 54 Mbps operando em 5 GHz. O que o tornava menos suscetível a interferências, porém este não chegou a ser tão popular quanto o 802.11b, devido a quantidade de aparelhos que já funcionavam de acordo com o padrão na época e ao custo de aparelhos compatíveis com o padrão.

### 2.2.3 IEEE 802.11g

Disponibilizado em 2003 o 802.11g com uma taxa de transferência de 54Mbps e totalmente compatível com o 802.11b, inclusive trazendo o problema de interferências por operar na frequência de 2,4 GHz, mas que pôde ser tratado ao usar uma técnica de transmissão chamada OFDM - Orthogonal frequency-division multiplexing, que divide o sinal em várias partes e os envia em várias frequências baseando-se em Multiplexação de Divisão de Frequências – FDM, tornando assim o sinal muito resistente às interferências.

Podemos dizer que o 802.11g soma características do 802.11a e do 802.11b unindo a taxa de transferência do “a” e o tratamento de compatibilidades do “b” resultando num padrão com alta capacidade de transferências e sendo compatível com outros padrões. (RUFINO 2007)

### 2.2.4 IEEE 802.11n

Em 2004, iniciou-se o desenvolvimento de uma nova especificação, o padrão 802.11n, finalizado em setembro de 2009, CARRANO (2016) destaca as vantagens do padrão, retro compatibilidade com os padrões anteriores, já que este opera em frequências

de 2.4 e 5 GHz, uso da técnica conhecida como MIMO (Multiple Input, Multiple Output) que utiliza diversas antenas para transmissão e recepção, e utiliza canais mais largos para transmissão (40MHz, no “a” possui 20 MHz e no “b/g 22MHz).

### 2.2.5 IEEE 802.11ac

O IEEE 802.11ac lançado em 2013 pode ser visto como uma evolução do “n” e como tal também utiliza a técnica MIMO e de OFDM, opera na faixa de 5 GHz, com transferências que vão de 760 Mb/s em um único fluxo sem o MIMO até taxas que alcançam Gb/s utilizando MIMO permitindo até 8 canais diferentes (MIMO 8x8) (CARRANO 2016).

Ainda como destaque, o padrão 802.11ac possui um método de transmissão chamado de *beamforming*, que permite ao aparelho transmissor otimizar o sinal em direção ao dispositivo conectado. A figura 1 ilustra a evolução que esta tecnologia oferece.



Figura 1: Emissão de sinal dos pontos de acesso atuais vs pontos de acesso com *beamforming*  
Fonte: HOFFMAN (2015)

### 2.2.6 IEEE 802.11ax

Acredita-se que até 2019 o padrão 802.11ax esteja disponível, como ainda está em estudo e desenvolvimento não é possível afirmar ao certo suas especificações, mas é dito que o objetivo deste novo padrão é oferecer uma conexão com velocidade quatro vezes superior do que o padrão 802.11 ac

## 2.3 A ARQUITETURA DO 802.11

A arquitetura do IEEE 802.11 consiste em componentes que interagem para prover uma rede local sem fio com suporte à mobilidade de estações.

### 2.3.1 Ponto de acesso (access point –AP)

O ponto de acesso ou AP é o principal elemento de uma rede sem fio WLAN, responsável por conectar as estações à rede cabeada, pela interface Ethernet. Esse modo de operação é conhecido como *Root*, sendo que existem outros modos de operação, a *bridge* que liga dois segmentos de rede cabeados por meio de uma rede sem fio, e o *repeater* que se conecta a um AP em modo Root como cliente, e estes por sua vez conectam-se ao AP repeater (VASCONCELLOS, 2013).

### 2.3.2 Estação

São os dispositivos que irão conectar-se à rede wireless; Forouzan (2006) define 3 tipos de estações dentro de uma WLAN, Mobilidade Sem Transição quando uma estação é fixa ou se move dentro de um BSS. Mobilidade com Transição inter-BSS a estação move-se de um BSS para outra desde que contidos em um mesmo ESS. Mobilidade com Transição inter-ESS caso em que a estação pode se mover de um ESS a outro, porém nesse caso não é assegurada a comunicação contínua no momento da transição entre os ESSs.

### 2.3.3 Roteador

Realizam a comunicação entre estações e redes, são dispositivos de interconexão que possuem processadores inteligentes com a finalidade de rotear os dados através da rede, logo, um roteador está associado a um ou mais Hosts (Estações) para que haja a troca de dados entre estes. (HAYKIN e MOHER, 2008)

### 2.3.4 BSS (Basic Service Set)

Segundo KUROSE e ROSS (2010), o conjunto básico de serviços (Basic Service Set - BSS) é o bloco fundamental de construção da arquitetura do 802.11, um BSS dispõe das estações sem fio conectadas a uma estação-base central, chamada de ponto de acesso (*access point- AP*). As BSS então conectam-se a um dispositivo interconector por exemplo um roteador ou hub e estes fazem a conexão com a Internet. Como mostra a figura 2 abaixo:

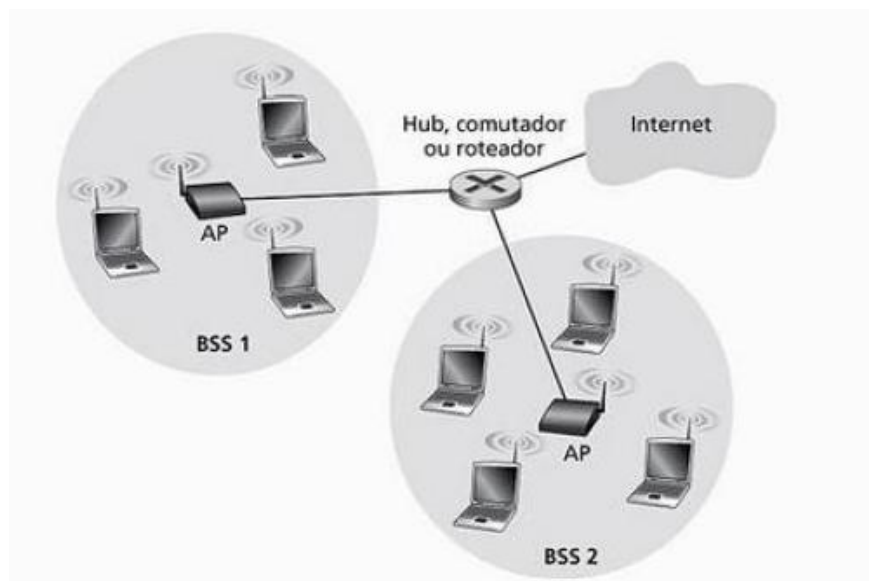


Figura 2: BSS conectados  
Fonte: KUROSE e ROSS (2010)

### 2.3.5 ESS (Extended Service Set)

O conjunto dos BSS conectados é definido com um conjunto estendido de serviços (Extended Service Set - ESS)

Segundo FOROUZAN (2006):

O mesmo padrão IEEE 802.11 define o Extended Service Set (ESS) sendo formado por dois ou mais BSS interligados por APs. Neste caso, os BSSs são conectados através de um sistema de distribuição o qual, geralmente, é uma Lan cabeada. O sistema de distribuição conecta os APs nas BSSs

Ainda com base em KUROSE e ROSS (2010) este tipo de rede sem fio descrita é identificada como LAN sem fio infraestruturada, caso no qual as estações utilizam-se de um ponto de acesso e estes junto a infraestrutura de Ethernet cabeada interconecta os APs a um roteador. E tem-se também a rede ad-hoc em que uma estação pode estabelecer uma comunicação direta com outra próxima sem a necessidade que a informação passe por um ponto de acesso centralizado, este tipo de rede é composta somente por estações dentro de um mesmo BSS, como ilustra a figura 3:



Figura 3: BSS independente  
 Fonte: KUROSE e ROSS (2010)

## 2.4 COMUNICAÇÃO DAS WLANs

A comunicação de uma rede sem fio é realizada por radiofrequência (RF)

VASCONCELLOS (2013) define:

Sinais de rádio são irradiados pelo ar com a ajuda de antenas, componentes muito importantes no projeto de um a rede sem fio. Antenas inadequadas podem restringir o alcance do sinal, da mesma forma que o uso de cabos e conectores inadequados podem atenuar o sinal Alternate Current (AC) e prejudicar a transmissão e a recepção de dados.

### 2.4.1 Antenas

Algumas das características da transmissão de radiofrequência são o sinal de corrente alternada (AC) e irradiação de ondas de rádio através do ar, logo, as antenas se tornam componentes muito importantes em um projeto de redes sem fio. A propagação das ondas de radiofrequência dependem do tipo de antena, que podem ser **Omnidirecional**, **Semidirecional** e **Altamente direcional**, e o uso de antenas inadequadas podem restringir o alcance de sinal. (VASCONCELLOS, 2013)

FARIAS (2006) especifica os três tipos de antenas:

Omni-direcional é a antena dipolo, mais simples e encontrada na maioria dos APs, irradia o sinal igualmente em um feixe horizontal de 360 graus formando uma esfera como ilustra a figura 4:

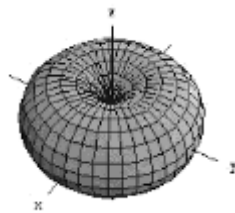


Figura 4: Irradiação em 3D de uma antena omni-direcional.  
Fonte: FARIAS (2006)

Antenas semi-direcionais concentram a transmissão do sinal em uma determinada direção, em forma hemisférica ou cilíndrica e são ideais onde necessita-se conectar duas redes distintas localizados em prédios próximos por exemplo:



Figura 5: Link interligando duas redes com antena semi-direcional.  
Fonte: FARIAS (2006)

E, por fim, a antena altamente direcional, que como diz o nome emite um sinal mais direcionado, irradiando sinal de forma mais estreita, não possuem uma área de cobertura que possa ser utilizada por usuários, seu foco é interligação de links de longas distancias, alcançando até 20 km, e devem ser cuidadosamente alinhadas uma com outra para que haja boa recepção de sinal. A figura 6 ilustra seu feixe estreito:



Figura 6: Feixe de irradiação de uma antena altamente direcional.  
Fonte: FARIAS (2006)

#### 2.4.2 SSID

Pode ser entendido como o nome de uma rede sem fio. Para colocar um dispositivo em uma rede sem fio, é necessário saber o SSID desta rede. Segundo KUROSE e ROSS (2010) um administrador da rede designa ao ponto de acesso o Identificador de conjuntos de serviços (Service Set Identifier – SSID) no momento da instalação do AP desta forma poderá ser identificada a rede pelo usuário em uma provável lista de outras redes no alcance de uma estação.

### 2.4.3 Beacon

Configurado o SSID da rede no ponto de acesso este estação envia informações da sua existência através de frames conhecidos como beacon, e desta forma o cliente poderá associar-se a rede. Porém, por opções de segurança por exemplo, o administrador da rede pode optar por não usar essa configuração e assim o AP não enviará essas informações. (RUFINO, 2007)

### 2.4.4 CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access and Collision Avoidance)

Como citado o meio de transmissão para redes sem fio é o ar, logo, não há um meio físico para que a rede seja segmentada e assim prevenir colisões. Portanto em qualquer tecnologia sem fio ocorrerá colisão. A solução encontrada então foi o método CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access and Collision Avoidance).

Consiste em utilizar o método de persistência com *backoff* até que o canal esteja livre, detectando o meio livre aguarda um período de tempo chamado DIFS (distributed Interframe space) e então transmite um frame de controle conhecido como RTS (request to send). A estação destino após receber RTS aguarda um curto intervalo de tempo denominado SIFS (Short Interval Space) e então envia um frame de controle chamado CTS (Clear to send) que indica que esta estação está livre para receber dados. A estação origem então aguarda um tempo equivalente a SIFS só aí envia os dados. Na estação destino um tempo também igual a SIFS é aguardado e então envia um ACK (acknowledgement) que é um código de confirmação indicando para a estação origem que o frame foi recebido. A figura 7 exemplifica o fluxo CSMA/CA:

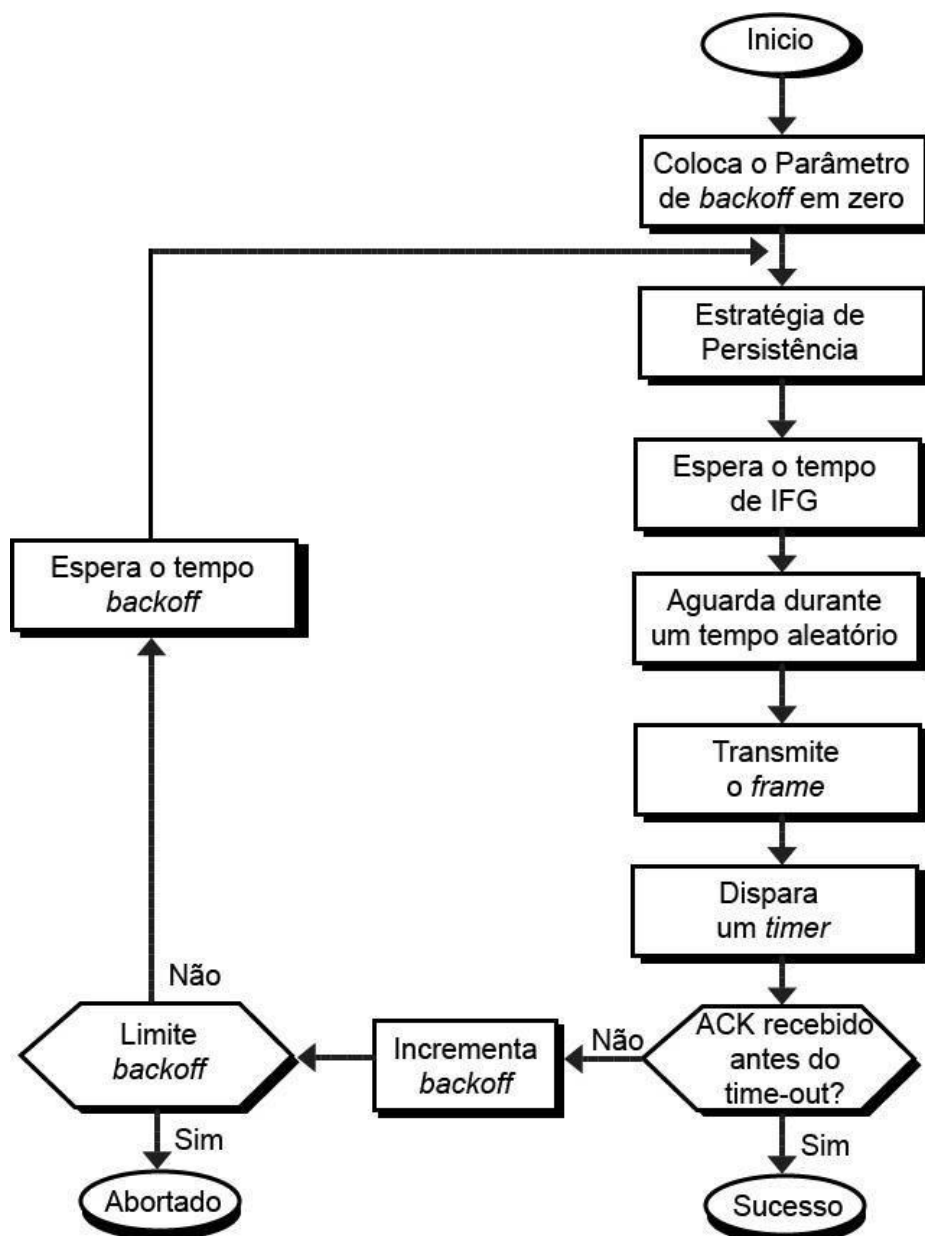


Figura 7: Fluxograma CSMA/CA.  
Fonte FOROUZAN (2006)

RUFINO (2007) disserta sobre o meio compartilhado:

Da mesma maneira que em redes Ethernet, também em redes Wi-Fi o meio é compartilhado entre todas as estações conectadas a um mesmo concentrador. Desta forma, quanto maior o número de usuários, menor será a banda disponível para cada um deles. Essa mesma característica faz com que o tráfego fique visível para todas as interfaces participantes. Portanto, de forma similar às redes cabeadas uma estação pode capturar o tráfego não originado em si ou que lhe é destinado. Se o envio do sinal para todas as estações possui um grande risco associado em redes sem fio ganha uma dimensão muito maior: para ter acesso ao meio um atacante não precisa estar presente fisicamente ou ter acesso a um equipamento da rede-alvo. Como meio de transporte é o próprio ar, basta que um atacante esteja na área de abrangência do sinal.

## 2.5 PERDAS

Vários são os motivos que poderão ocasionar perdas de pacotes na transmissão de dados em uma rede sem fio. Os principais serão apresentados e descritos nas próximas seções.

### 2.5.1 Atenuação

Fenômeno natural de diminuição da intensidade do sinal, segundo VASCONCELLOS (2013) “A perda de um sinal RF ocorre principalmente pela dispersão do sinal; à medida que o sinal trafega pelo ar, sua potência diminui a uma taxa inversamente proporcional à distância percorrida”

### 2.5.2 Interferências

Os sinais de radiofrequência podem ter sua transmissão afetada por fenômenos físicos que prejudiquem a intensidade do sinal, o trajeto ou características das ondas de rádio, e sofrer com interferências externas por aplicações que também utilizem sinais de rádio em frequências iguais ou próximas a 2,4 GHz, como Bluetooth, fornos de micro-ondas, telefones sem fio, dentre outros. (VASCONCELLOS, 2013)

### 2.5.3 Sobreposição de canais

Segundo DA SILVA (2006) “as normas 802.11 b e g definem 11 canais de operação com uma largura de banda de 20 MHz e uma separação entre suas frequências centrais de 5 MHz.” O mesmo autor ainda afirma que “os canais não são completamente isolados no espectro de frequência, redes 802.11 que utilizem canais com algum nível de sobreposição podem sofrer problemas de interferência.”

A figura 8 mostra como os canais se sobrepõem:

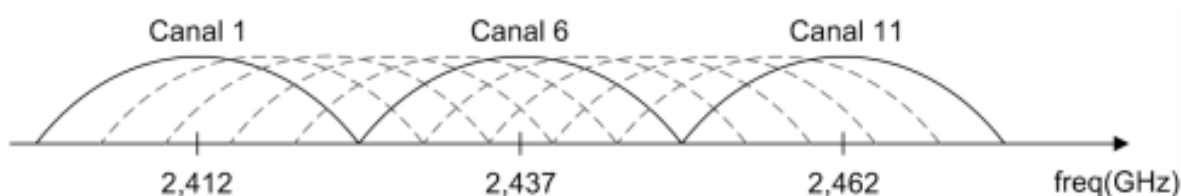


Figura 8: Canais 802.11 na banda de frequências.  
Fonte: DA SILVA (2006)

Contudo, segundo VASCONCELLOS (2013) existem maneiras de lidar com o problema de colisões e retransmissão de pacotes em consequências da concorrência de canal. Conforme a distribuição dos canais nos Access points em determinada região, pode-se não haver sobreposição, utilizando os canais 1, 6 e 11, ou de ter-se sobreposição mínima com a utilização dos canais 1,4,8 e 11 como ilustra a figura 9:

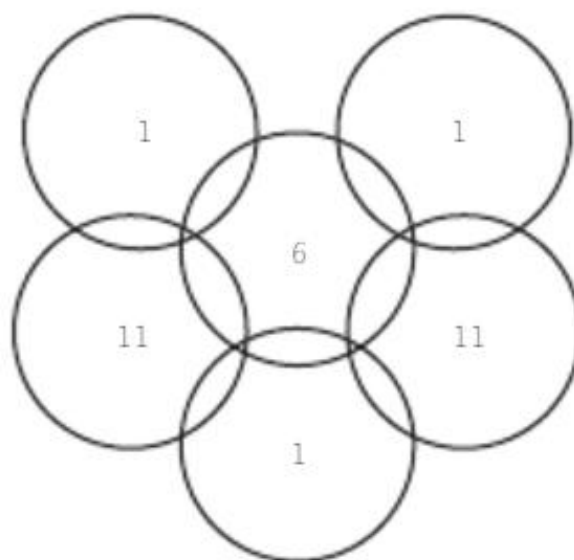


Figura 9: Access points sem sobreposição de canais.  
Fonte: VASCONCELLOS (2013)

O problema da sobreposição espectral gera uma grande restrição para as técnicas de alocação de canal nas redes 802.11, a escassez de canais disponíveis limita o número de redes que podem coexistir na mesma região sem a geração de interferência mútua. (VASCONCELLOS, 2013).

## 2.6 FREQUÊNCIAS

Mesmo que aqui estejamos tratando sobre rede sem fio de computadores, é de suma importância que sejam apresentadas características de outras formas de comunicação por radiofrequência. RUFINO (2007) mostra que estações de rádio, TVs, operadoras de telefonia móvel, rádios amadores, militares, e diversos tipos de serviços fazem uso desta forma de transmissão de dados, e a faixa destinada a cada um desses serviços não é padronizada internacionalmente o que torna soluções para seu uso por vezes complicada.

### 2.6.1

Sistemas que se utilizam da comunicação sem fio por todo o mundo estão sujeitos à regulamentação do uso do espectro de radiofrequência. Em escala global quem busca organizar o uso é a União Internacional de Telecomunicações (UIT) e os países membros devem implantar as políticas disponibilizadas através das agências nacionais de comunicação, que no Brasil é a ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações) e nos Estados Unidos o FCC (Federal Communications Commission) (CARRANO, 2016).

Segundo RUFINO (2007), existem 3 diferentes segmentos de radiofrequência para uso industrial, científico e médico (Industrial, Scientific e Medical –ISM), que não necessitam ser licenciados pela Anatel, desta forma podendo ser utilizados de maneira irrestrita à qualquer aplicação que se adapte as categorias e são 902 – 928 MHz; 2,4 – 2,485 GHz (2,4 – 2,5 GHz no Brasil) e 5,150 – 5.825 GHz.

## 2.7 SEGURANÇA EM REDES SEM FIO

Em todos os campos computacionais o tema segurança é discutido, uma atenção maior então ao que envolvem redes, por se tratar de informações trafegadas, em redes sem fio esse problema apresenta uma particularidade que a torna mais desafiadora, o meio de transmissão pelo ar, que a deixa mais vulnerável a ataques.

Para CARRANO (2016) devido a ausência de um meio físico como mecanismo de segurança, qualquer indivíduo munido de antena e receptor sintonizado na frequência da rede sem fio, pode interceptar ou utilizar-se dos recursos desta. Os problemas clássicos de segurança costumam ser divididos em garantir 3 prioridades:

- Privacidade: os dados só podem ser acessados pelo remetente e destinatário legítimos.
- Integridade: os dados não são adulterados por terceiros.
- Autenticidade: os agentes envolvidos são de fato quem afirmam ser.

Nas próximas seções serão apresentados os principais protocolos e técnicas desenvolvidos a fim de prover segurança em redes sem fio.

### 2.7.1 Endereço MAC

O endereço MAC (Media Access Control) é um endereço físico de identificação e responsável pela controle de acesso à rede, dispondo de uma numeração teoricamente única, independente de modelo ou fabricante, é dito “teoricamente porque algumas placas bem antigas possuíam o mesmo número, e o fabricante dispunha de um

programa para que MAC fosse cadastrado.

Segundo KUROSE e ROSS (2010):

Como acontece com dispositivos Ethernet, cada estação sem fio 802.11 tem um endereço MAC de 6 bytes que é armazenado no suporte lógico inalterável (firmware) do adaptador da estação (isto é, na placa de interface de rede Comunicação das WLANs 802.11). Cada AP tem um endereço Mac para sua interface sem fio. Como na Ethernet, esses endereços MAC são administrados pelo IEEE e são (em tese) globalmente exclusivos.

### 2.7.2 Protocolos 802.11i e 802.1x

Disponibilizado em 2004 o padrão 802.11i é voltado a privacidade e autenticação em redes sem fio, podendo ser implementado aos outros protocolos existentes, segundo RUFINO (2007) “Está inserido neste padrão também o protocolo WPA que foi desenhado para prover soluções de segurança mais robustas em relação ao padrão WEP, além do WPA2 que tem como principal característica o uso do algoritmo criptográfico AES (Advanced Encryption Standard)”.

RUFINO (2007) também explica sobre o padrão 802.1x, este padrão mesmo não sendo projetado para redes sem fio, possui características complementares à ela, ao ter enfoque em autenticação, utiliza-se de métodos consolidados como RADIUS (Remote Authentication Dial-in User Service) que promove autenticação independente da tecnologia, bastando que os componentes estejam conectados a uma rede e autenticado no servidor RADIUS, e vários métodos de autenticação no modelo EAP (Extensible Authentication Protocol) baseadas em usuário e senhas, senhas descartáveis (OneTime Password), algoritmos unidirecionais (hash) e demais que envolvam algoritmos criptográficos.

### 2.7.3 Padrões de segurança IEEE 802.11

O primeiro padrão como solução de segurança desenvolvido foi o WEP que era parte integral do padrão 802.11 lançado em 2007, e surgiu como promessa de prover um grau de segurança equivalente a rede cabeada, porém fracassada. Então o IEEE formou uma equipe de força tarefa “i” (TG*i*-Task Group *i*) que lançou uma versão preliminar, um esboço “i” que serviu como base para a criação do WPA (Wi-Fi Protected Access) lançado em 2002. O projeto concluído pela TG*i* foi publicado em 2004 e denominado WPA2.

A figura 10 ilustra a evolução dos padrões de segurança com o passar dos anos:



Figura 10: Evoluções dos padrões de segurança.  
Fonte: CARRANO (2016)

#### 2.7.4 WEP

Segundo CARRANO (2016), o padrão WEP utiliza chave estática que deve ser configurada no ponto de acesso e distribuída aos usuários da rede a fim de que somente seus clientes tenham acesso, então a chave é, pré-compartilhada PSK (Pre Shared Key), as chaves são hexadecimais (10 ou 26 algarismos) dependendo da escolha do tamanho, e muitos dispositivos permitem cadeia de 5 a 13 caracteres ASCII, técnica que transforma cada caractere num byte, par de algarismos hexadecimais.

Porém, este método apresenta alguns problemas de segurança, por utilizar chaves curtas e reutilizáveis, sendo que computadores modernos tem processamento suficiente para quebrá-las, também facilita certos tipos de ataques, e as chaves são compartilhadas, logo, facilmente as chaves podem ser espalhadas entre usuários não autorizados.

#### 2.7.5 WPA

Os problemas do WEP ficaram expostos tornando a visão de redes sem fio totalmente vulnerável e insegura. Uma solução rápida deveria ser tomada e então segundo RUFINO (2007) o Wi-Fi alliance adiantou parte da autenticação e cifração que vinham sendo trabalhados para fechamento do padrão 802.11i e liberou o protocolo conhecido com WPA. Mudanças e avanços foram incorporados a esse protocolo, na maior parte exigindo alterações na infraestrutura, e também trabalhar combinados com outros protocolos, como o 802.1x. Das mudanças realizadas destaca-se o protocolo TKIP (Temporal Key Integrity Protocol) que gerencia chaves temporárias, ou seja, enquanto no

WEP tem-se um chave estática no WPA ela sofre constante troca, possibilitando a preservação do segredo.

#### 2.7.6 Extensible Authentication Protocol (EAP)

O EAP é um modelo de autenticação também definido no WPA, permitindo integrar soluções já conhecidas e testadas, como 802.1x e permite vários métodos de autenticação possam ser utilizados em conjunto com o WPA, o tornado flexível, e também o RADIUS e incorporar novos usos (autenticar usuários de rede sem fio) a este ambiente. (RUFINO, 2007).

#### 2.7.7 WPA2

O padrão mais bem sucedido e utilizado atualmente foi lançado em 2004 e é o trabalho finalizado do padrão 802.11i, CARRANO (2016) mostra várias de suas mudanças e especificações, em destaque estão o modelo de criptografia mais avançado, chaves maiores e mais seguras, configuração da chave pré-compartilhada passou por alterações, onde apesar de utilizar valor hexadecimal ou cadeia de caracteres como no WEP, permite um número maior de caracteres (de 8 a 63)

### 3 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo são apresentados trabalhos relacionados, os quais serviram também como estudo *haja vista* que trazem as mesmas problemáticas, bem como a busca por soluções e metodologias semelhantes às deste trabalho

#### 3.1 TCC de CARDOSO e MACEDO-MORAES (2005)

CARDOSO E MACEDO-MORAES (2005) falam da evolução da comunicação móvel sem fio e conseqüentemente das redes Wi-Fi e com isso a importância de oferecer tecnologias que supram a necessidade de conexão à internet e portabilidade de forma íntegra. Logo, para tal, é vital que análises e estudos sejam realizados ao se implantar este tipo de rede.

#### 3.2 TCC de SANTOS (2016)

Em seu trabalho SANTOS (2016) buscou estudar uma rede sem fio já implantada no prédio do Instituto de Ciências Exatas e Naturais – ICEN UFPa, dissertando sobre a importância boas práticas e análises na implantação de uma rede sem fio e assim propor uma reestruturação para um melhor aproveitamento da rede Wi-Fi do local.

#### 3.3 Relação entre os trabalhos

CARDOSO E MACEDO-MORAES (2005) em um projeto de implantação de uma rede sem fio utilizam-se de ferramentas computacionais e *site survey* para realizar análises do local, simular e para obter uma rede otimizada, as ferramentas utilizadas foram: 1) Network Stumbler 0.4.0 (build 554) para medir intensidade do sinal dos pontos de acesso que a serem utilizados na rede; 2) Ethereal – Network Protocol Analyzer que realiza testes de desempenho da rede capturando alguns pacotes de uma estação da rede.

SANTOS (2016) utilizou-se de análises realizadas com a metodologia do *site survey* com intuito de inspecionar os sinais de rádio frequência emitida pelos pontos de acesso bem como identificar o melhor posicionamento destes. O software utilizado foi o *Ekahau HeatMapper* que auxilia nessa verificação identificando o comportamento do sinal da rede sem fio.

## 4 ANÁLISE DA INFRAESTRUTURA DE REDES SEM FIO DA FADESP UTILIZANDO SITE SUVEY

Neste capítulo serão apresentadas boas práticas na implantação de uma rede sem fio, a metodologia utilizada para análise da rede Wi-Fi da FADESP, e o que foi coletado nesta verificação.

### 4.1 Planejamento de uma rede sem fio.

A utilização de redes sem fio é tendência já há algum tempo, devido a sua mobilidade e sua grande vantagem para que sejam inseridas novas estações de trabalho sem a necessidade de cabos e fios, esse tipo de rede tornou-se casual e necessária em praticamente todos os tipos de ambientes.

Hoje praticamente qualquer pessoa consegue montar uma rede wireless, muitas empresas entraram no ramo, causando assim uma queda nos preços de dispositivos básicos de uma rede sem fio, outro fator é a facilidade para sua implantação aproveitando uma infraestrutura de redes cabeadas e com dispositivos pré-configurados.

Entretanto muito do que é importante para um melhor desempenho e aproveitamento de uma rede sem fio, não é levado em consideração por um usuário básico que a monta. Logo, o ideal seria contar com um profissional treinado e qualificado, para que este possa analisar o local de forma que a rede seja melhor implantada e aproveitada.

Por meio de uma análise da rede sem fio do prédio da FADESP, com a ajuda da ferramenta *Site Survey* espera-se detectar áreas sem cobertura do sinal, interferências, atenuações e problemas comuns de uma WLAN implantada sem um planejamento a fundo, bem como após a análise dos resultados, determinar e propor o que de melhor pode ser feito na reestruturação do prédio para que a nova infraestrutura wireless tenha melhor desempenho e aproveitamento.

### 4.2 Metodologia

A análise da rede sem fio já existente no prédio da FADESP consiste em fazer visita física no local, amparado das ferramentas necessárias para tal. Software de monitoramento dos pontos de acesso, intensidade de sinal, disputa dos canais de transmissão RF, com um notebook caminhando pelas dependências do prédio a fim de ter-se uma coleta dos dados da rede Wi-Fi do local.

### 4.3 *Site Survey*

Ferramenta fundamental para garantir melhor qualidade na implantação de uma rede sem fio, com ela é possível levantar dados convenientes para uma análise quanto a quantidade e posicionamento dos pontos de acesso, dimensionamento e localização, afim de que a rede supra necessidades dos clientes locais.

#### 4.4 Descrição do local de estudo.

A Fundação Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa (FADESP) é um prédio que dispõe de dois andares contando com um hall de atendimento ao público, copa, setores de diversas áreas de atuação, salas de aula, reunião e de apoio às atividades provenientes da instituição. As figuras 11 e 12 mostram a Planta baixa do ambiente:

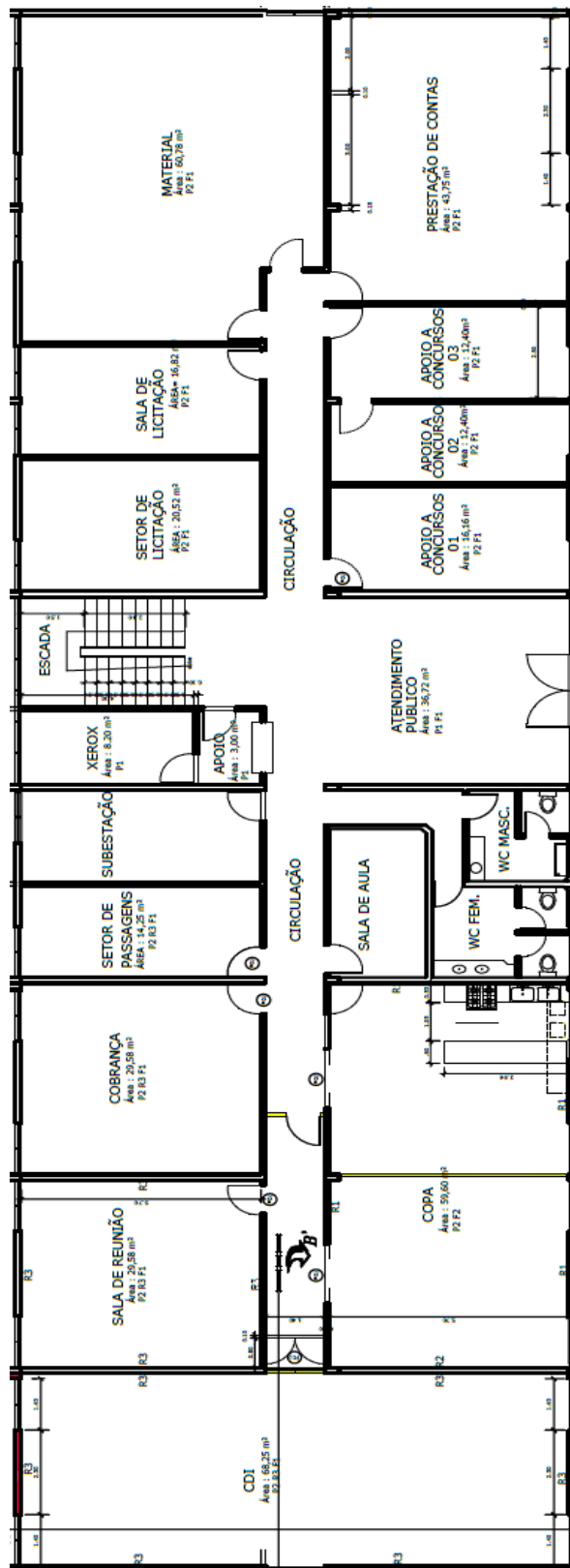


Figura 11: Planta baixa do piso térreo do prédio da FADESP.  
 Fonte: CTIC -UFPa

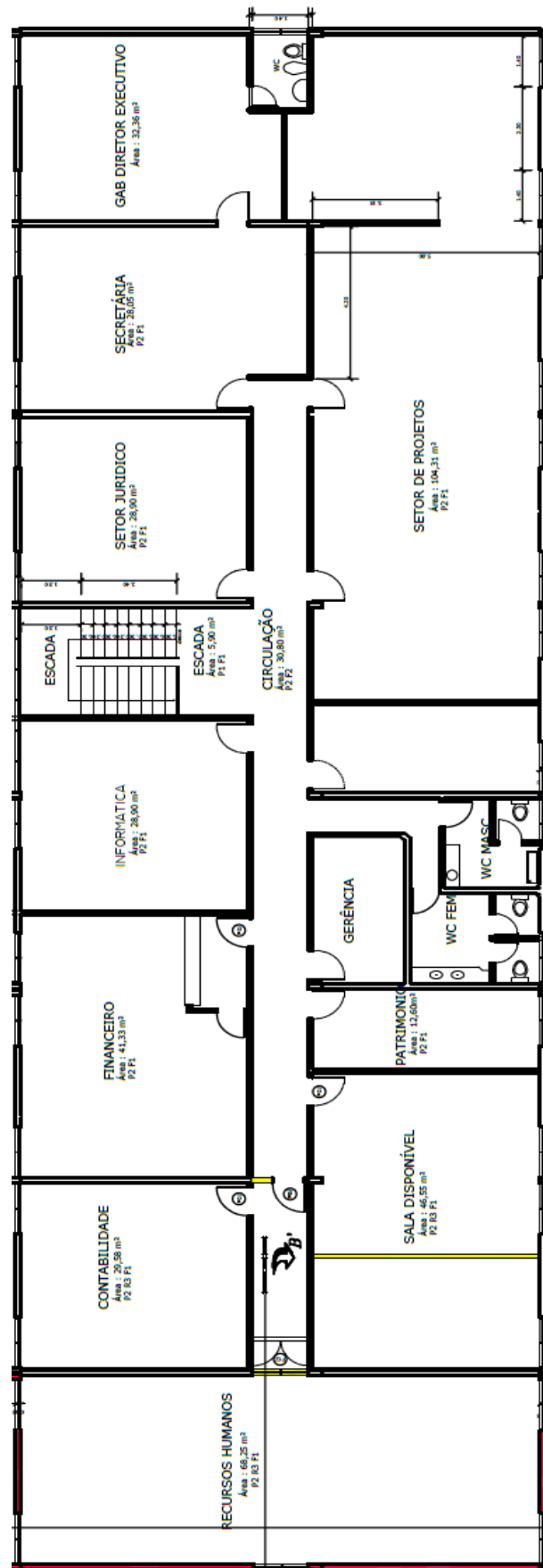


Figura 12: Planta baixa do pavimento superior do prédio da FADESP.  
Fonte: CTIC - UFPa

#### 4.5 Mapeamento e coleta de dados da rede sem fio

Dois software foram utilizados como auxílio para mapeamento e coleta de informações sobre a rede sem fio que já está implantada no local. Primeiro o *Ekhau HeatMapper* que por meio da planta inserida no programa nos mostra o posicionamento dos APs bem como a abrangência ou não da cobertura do sinal de radiofrequência, a figura 13 mostra uma imagem do programa realizando o mapeamento do piso térreo. As áreas em verde são atendidas pela rede Wi-Fi por meio do ponto de acesso, as em amarelo o sinal é muito fraco e em laranja não tem cobertura de rede.



Figura 13: *Ekhau HeatMapper* com mapa do piso térreo do prédio da FADESP.  
Fonte: Próprio autor

O outro software utilizado foi o *inSSIDer* que se utiliza do próprio adaptador de rede wireless do computador para detectar os pontos de acesso disponíveis na área e apresenta informações bem relevantes no processo da análise da rede sem fio, como intensidade do sinal, canal que os APs estão operando, inclusive mostrando quantos dispositivos estão concorrendo pelo mesmo canal, a figura 14 mostra o programa apresentando as informações descritas bem como outras que ele disponibiliza.

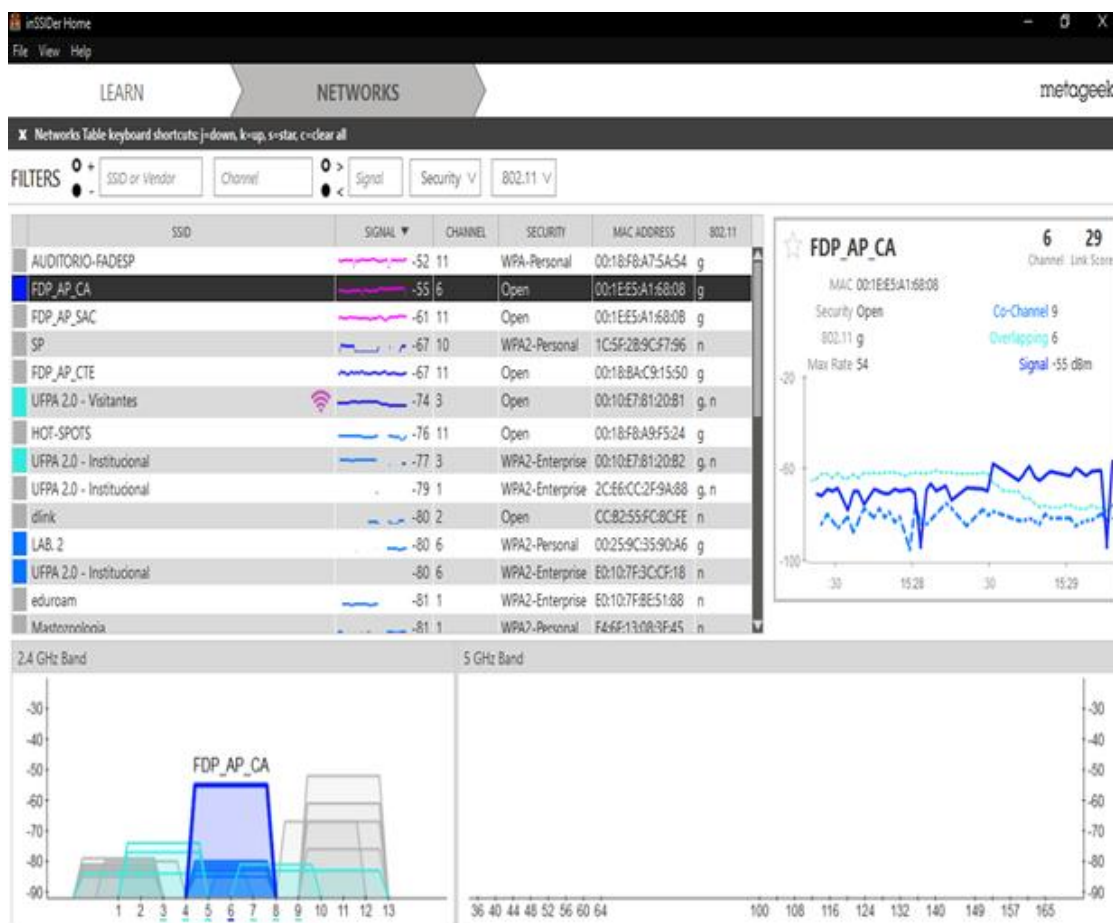


Figura 14: *inSSIDer* mostrando informações dos APS do piso térreo do prédio da FADESP.

Fonte: Próprio autor

#### 4.6 Análise de cobertura

A planta dos dois andares foi inserida no programa *Ekahau HeatMapper* e analisados separadamente para uma melhor precisão da área de cobertura nos pavimentos do prédio, no térreo foi localizado um ponto de acesso, entre o hall de atendimento ao público e a escada de acesso ao segundo pavimento, notou-se que o AP não cobre toda a área do térreo, suprimindo bem a necessidade do lado direito, porém o lado esquerdo possui uma região de sinal bem fraco e até sem sinal da extremidade, para uma melhor

visualização a planta foi dividida ao meio e apresentada nas figuras 15 e 16 lado direito e lado esquerdo respectivamente.

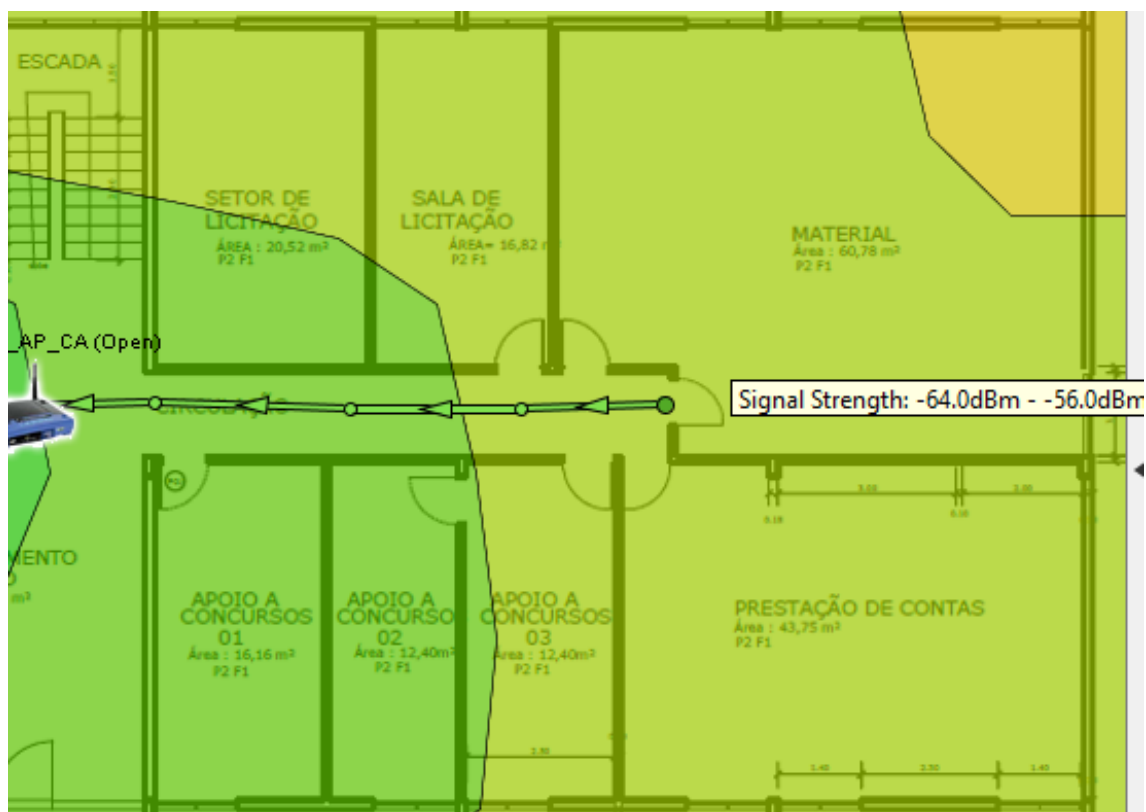


Figura 15: Ekahau HeatMapper lado direito piso térreo do prédio da FADESP.  
Fonte: Próprio autor

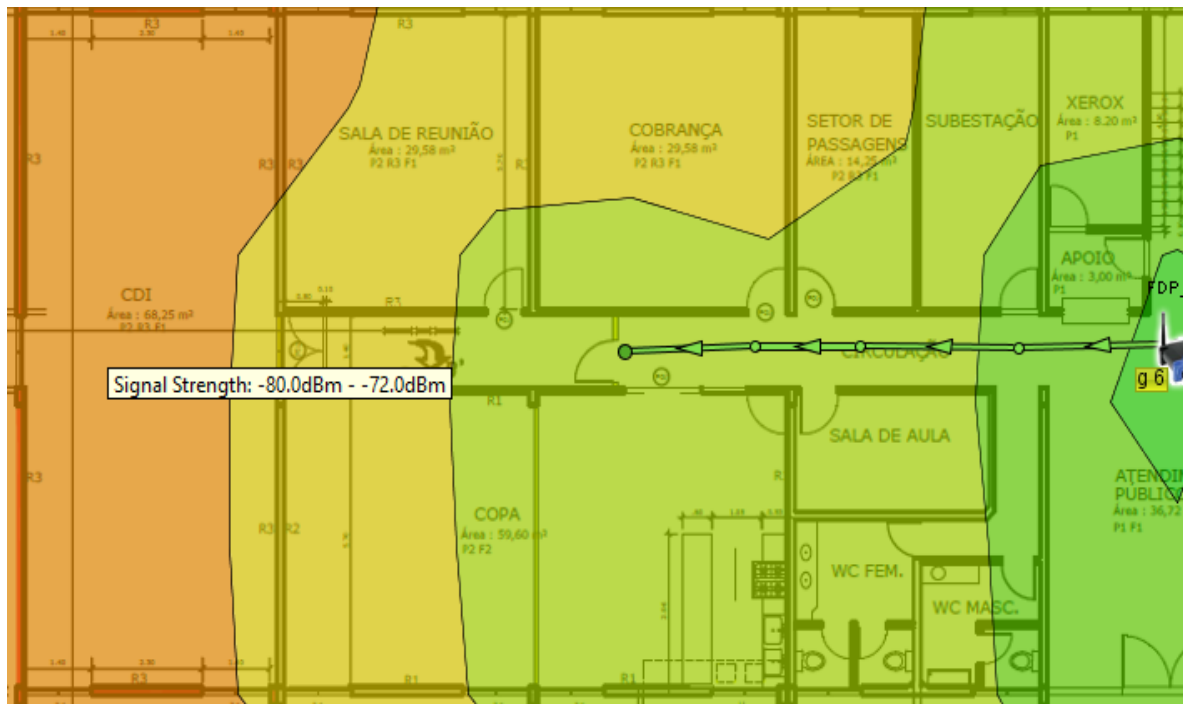


Figura 16: Ekahau HeatMapper lado esquerdo piso térreo do prédio da FADESP.  
Fonte: Próprio autor

No pavimento superior foram detectados mais pontos de acesso, porém localizados mais à esquerda do andar, acarretando maior cobertura deste lado ao contrário do térreo, e o lado direito com pontos de sinal fraco. Novamente a planta é dividida e apresentada respectivamente lado direito e esquerdo nas figuras 17 e 18.

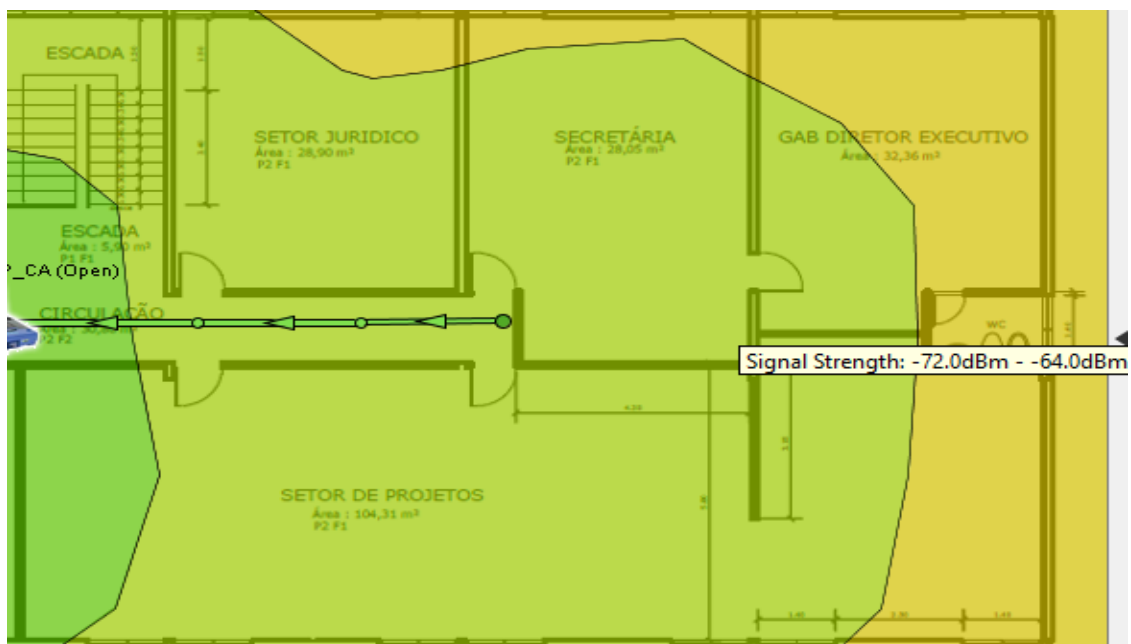


Figura 17: Ekahau HeatMapper lado direito piso superior do prédio da FADESP.  
Fonte: Próprio autor

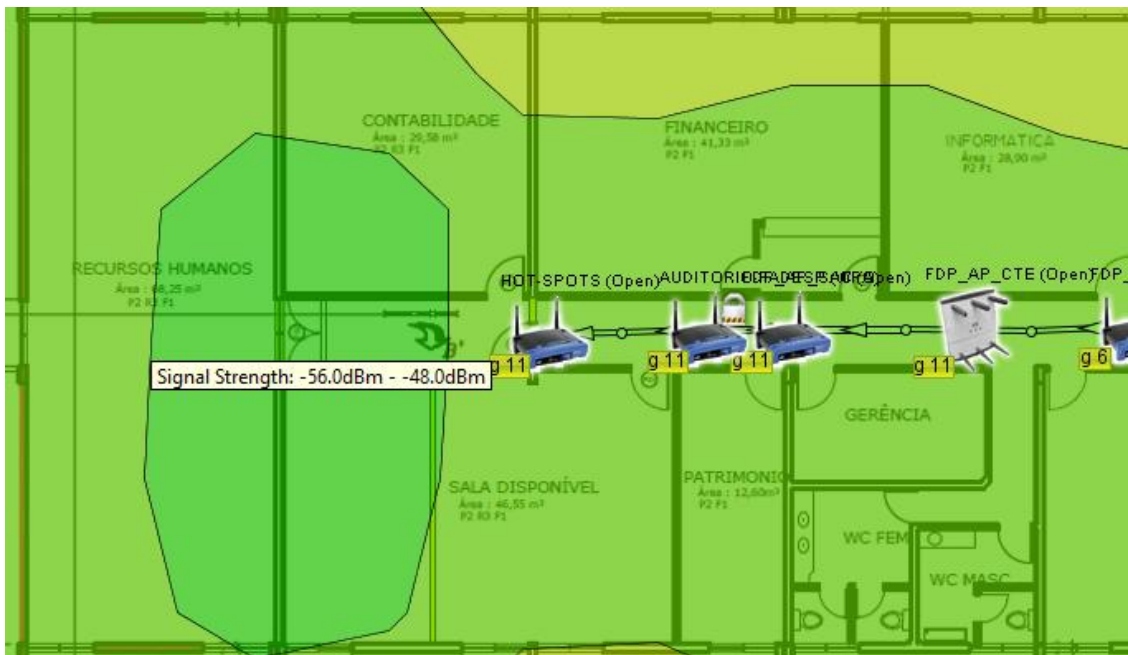


Figura 18: Ekahau HeatMapper lado esquerdo piso superior do prédio da FADESP.  
Fonte: Próprio autor

#### 4.7 Análise de sinal.

A coleta de dados para análise dos sinais dos pontos de acesso foi realizada com o software *InSSIDer*, deve ser destacado que em se tratando de intensidade de sinal de redes sem fio, duas observações devem ser feitas, a unidade de medida utilizada que é decibel milliwatt (dBm), e a faixa de medida em valores negativos (-100 a -00), sendo assim considera-se valores mais próximos de zero como tendo melhor intensidade de sinal. Ao analisarmos o que foi coletados com o software, confirmou-se o que foi percebido anteriormente em cada pavimento do prédio: no térreo à extremidade do corredor do lado direito o sinal detectado foi -55dBm que é considerado bom, como pode-se notar na figura 19.

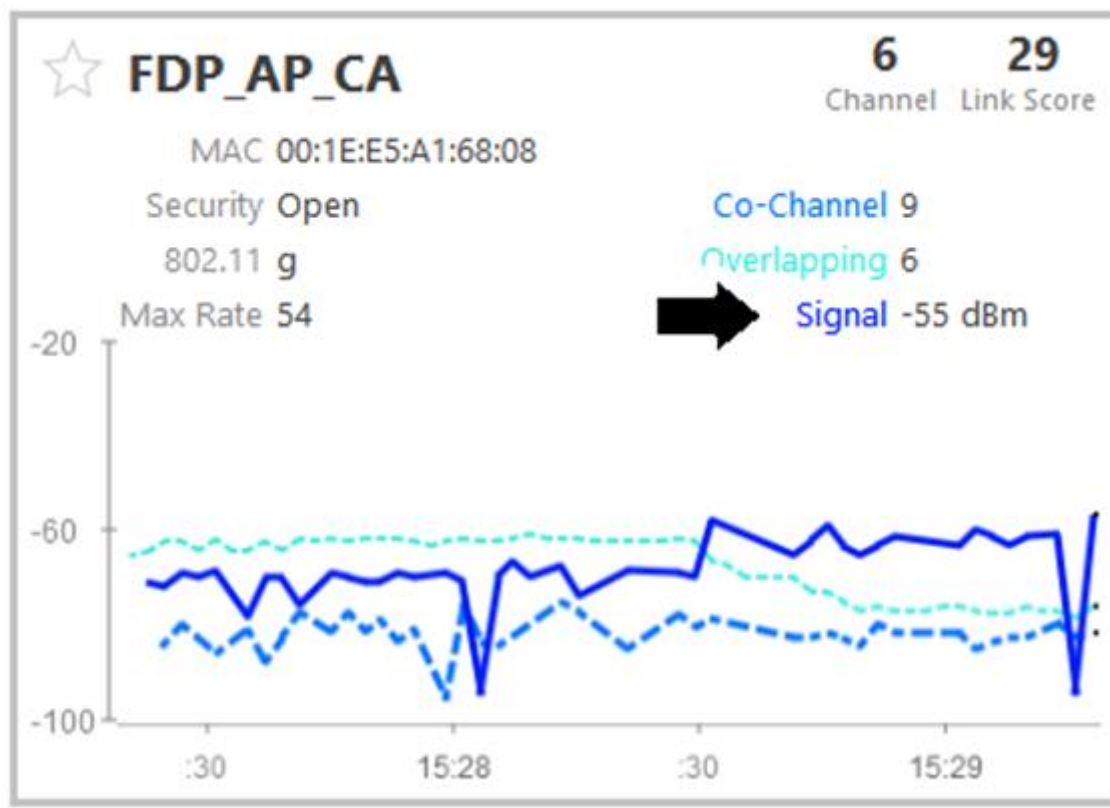


Figura 19: InSSIDer lado direito piso térreo do prédio da FADESP.  
Fonte: Próprio autor

Já a extremidade do corredor ao lado esquerdo a figura 20 mostra que o sinal detectado foi de -95 dBm, que é considerado muito ruim, praticamente sem condições para transmissão pela rede sem fio

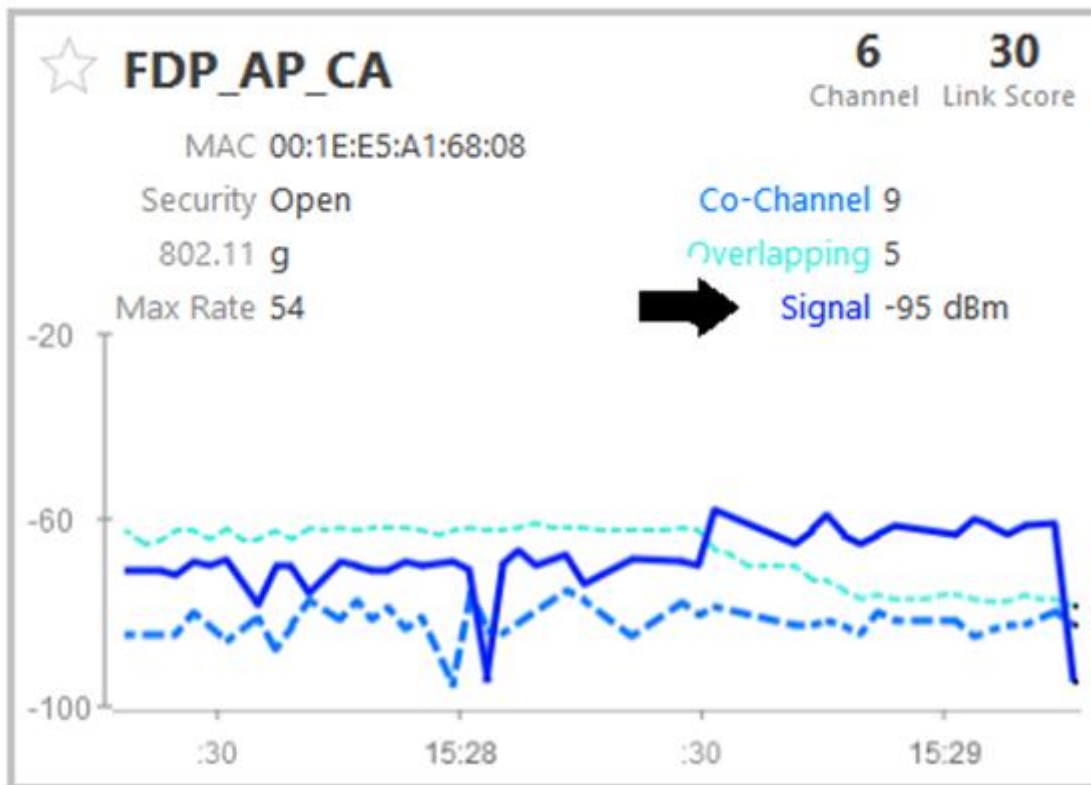


Figura 20: *InSSIDer* lado esquerdo piso térreo do prédio da FADESP.  
 Fonte: Próprio autor

E no pavimento superior a diferença não é tão grande assim, haja vista que mais pontos de acesso estão distribuídos, com uma leve vantagem para o lado esquerdo que em sua extremidade apresentou sinal de  $-62\text{dBm}$  considerado regular para bom como mostra a figura 21.

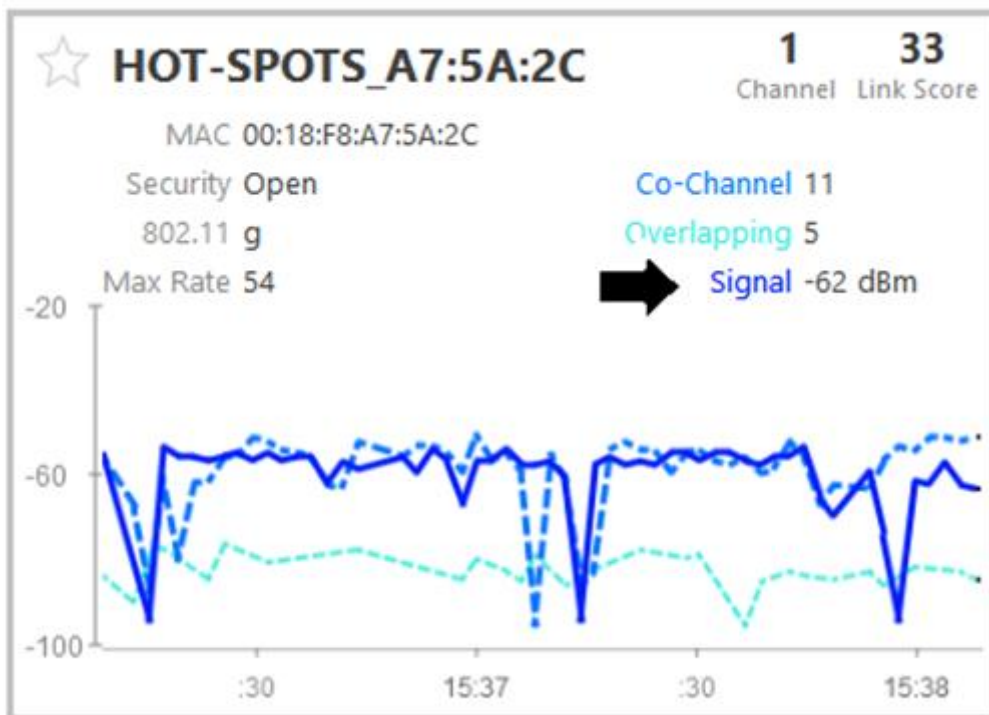


Figura 21: *InSSIDer* lado esquerdo piso superior do prédio da FADESP.  
 Fonte: Próprio autor

A figura 22 apresenta a análise coletada do lado extremo direito, e o sinal detectado foi -65dBm que é considerado regular para bom.

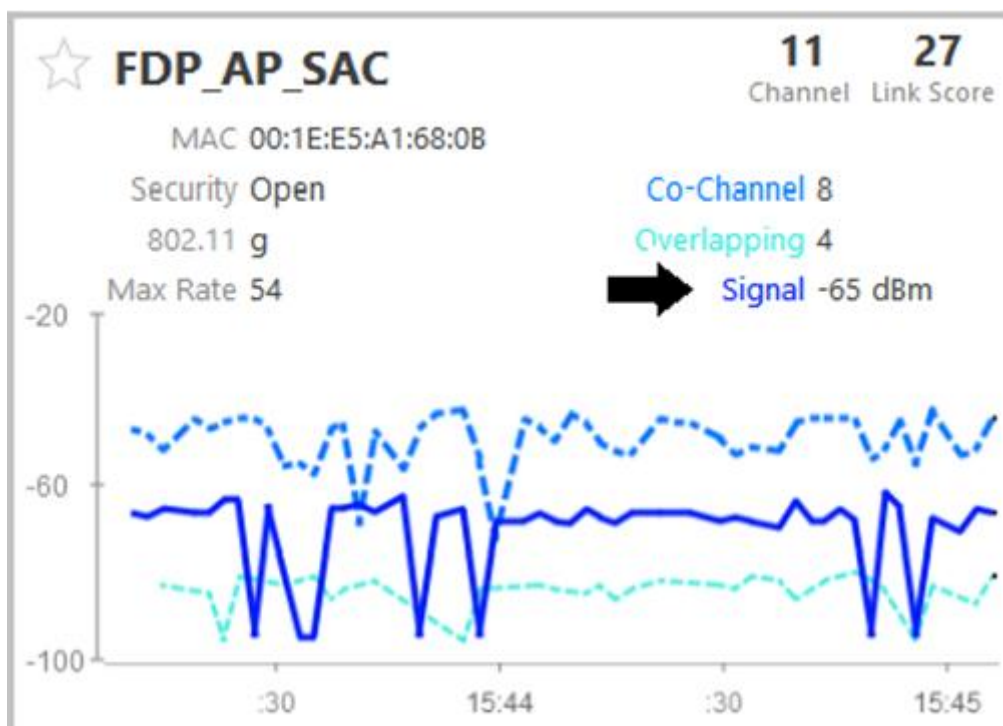


Figura 22: *InSSIDer* lado direito piso superior do prédio da FADESP.  
 Fonte: Próprio autor

#### 4.8 Análise da concorrência dos canais de comunicação

Também com o programa *inSSIDer* é possível verificar o canal que cada ponto de acesso está utilizando, ou quantos APs estão utilizando o mesmo canal. Novamente a coleta foi realizada nos dois pavimentos, mas desta vez centralizado abaixo e acima da escada do térreo e andar superior respectivamente.

Na figura 23 observa-se os pontos de acesso, os canais de operação utilizados por cada um envolvidos pelo quadro preto e abaixo um gráfico informando a área de sobreposição de cada AP do pavimento térreo.

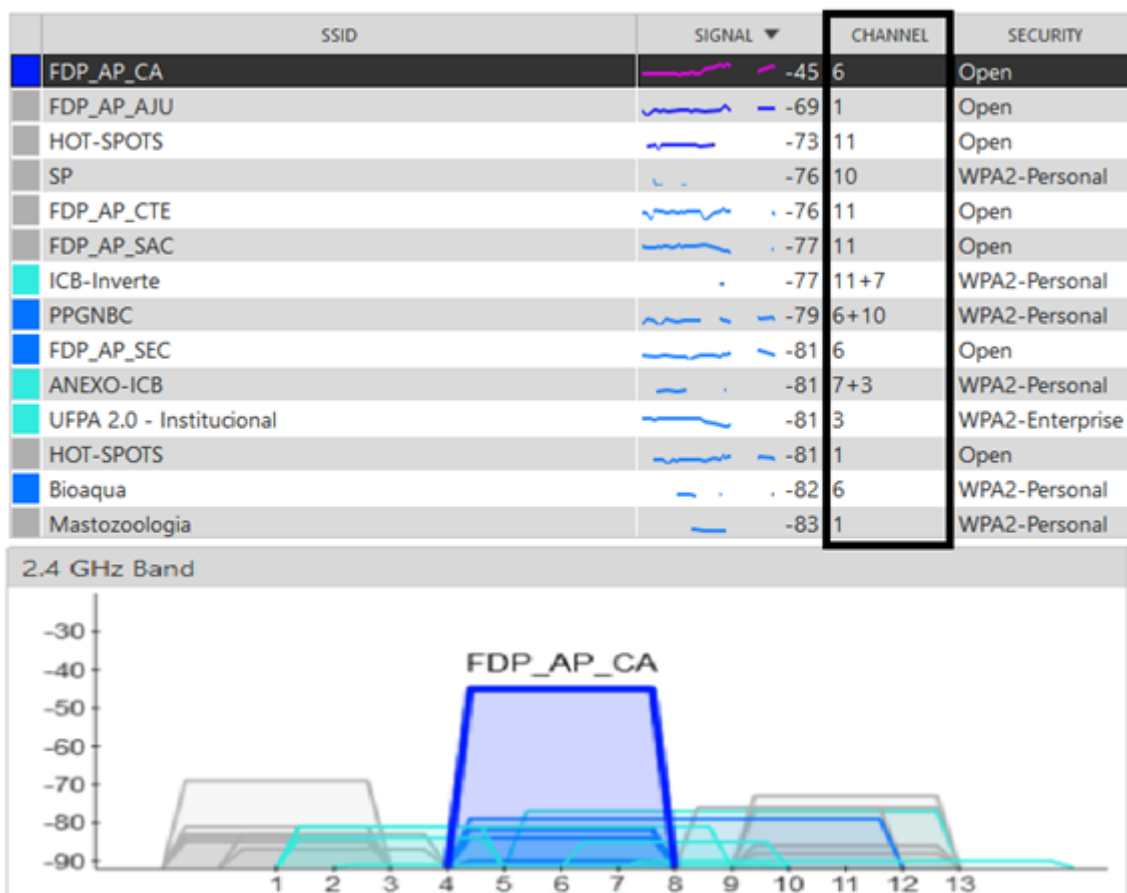


Figura 23: Concorrência dos canais detectados piso térreo do prédio da FADESP.

Fonte: Próprio autor

Na figura 24 é apresentado um quadro mostrando o ponto de acesso do térreo e quantos APs ou dispositivos operam no mesmo canal que ele.

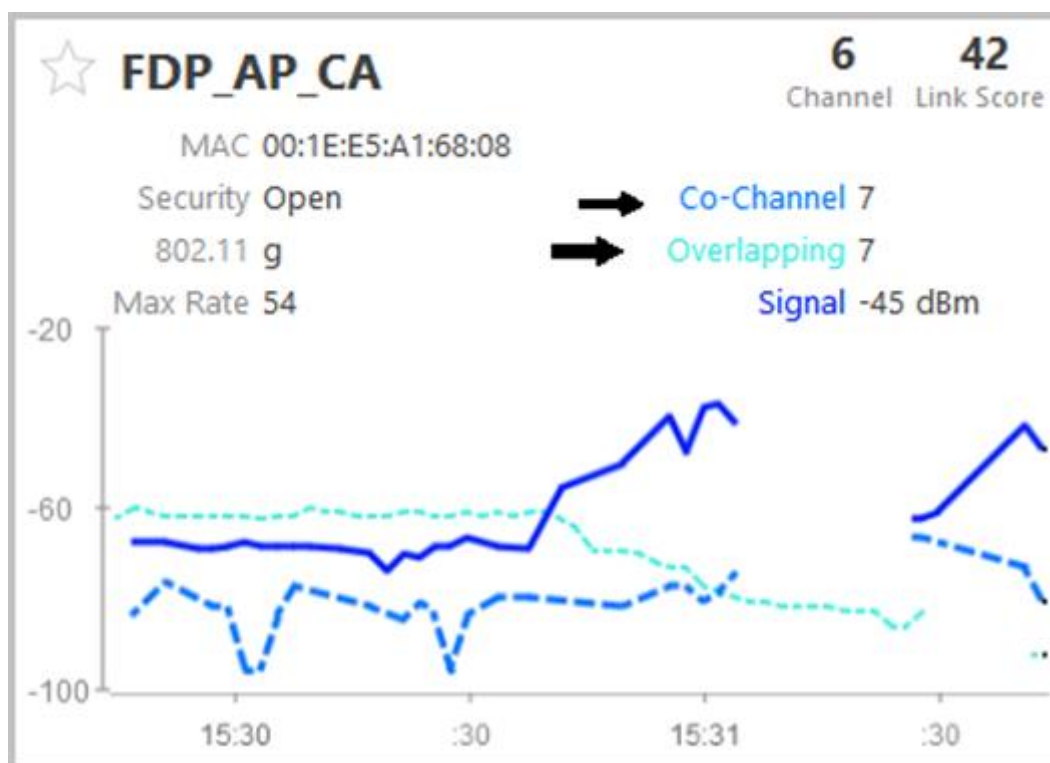


Figura 24: Concorrência dos canais detectados no piso superior do prédio da FADESP.  
Fonte: Próprio autor

O mesmo procedimento realizado no andar superior é apresentado nas figuras 25 e 26:

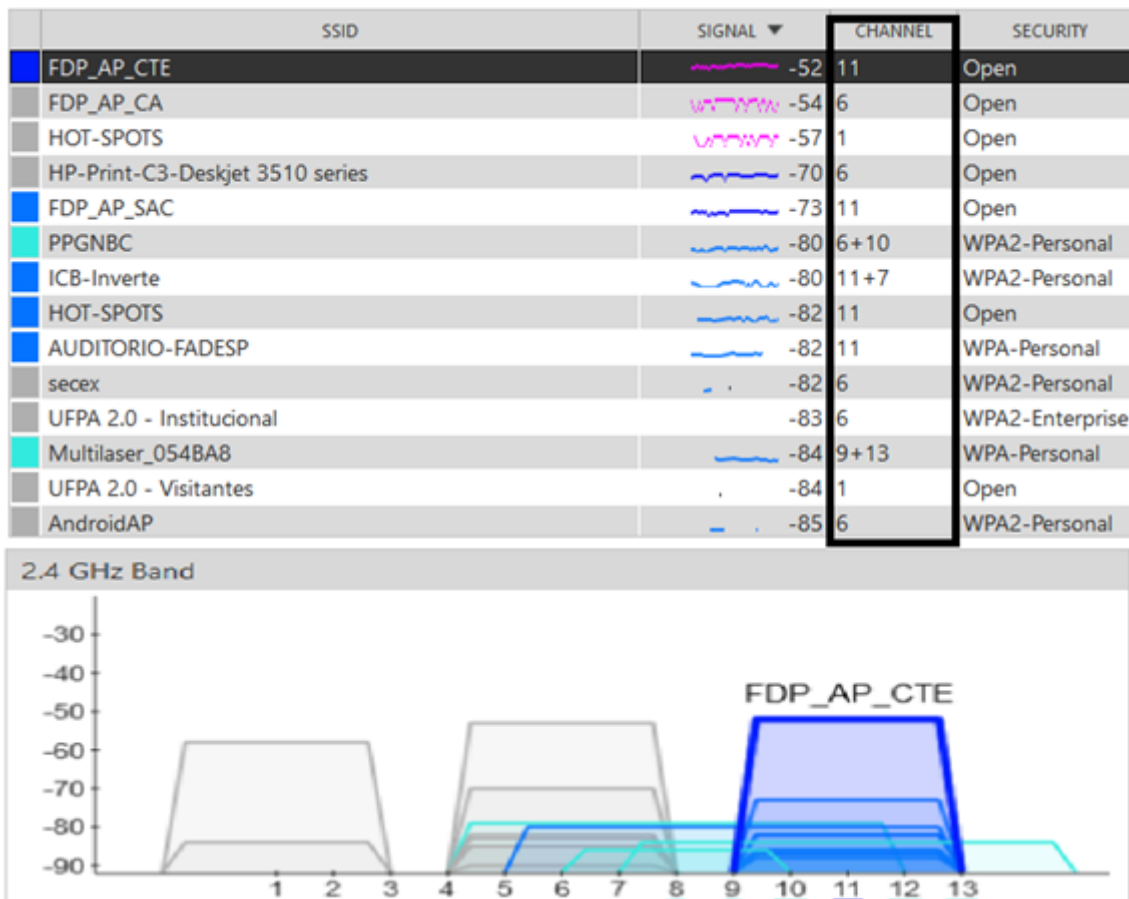


Figura 25: Canais utilizados pelos APs piso superior do prédio da FADESP.  
Fonte: Próprio autor

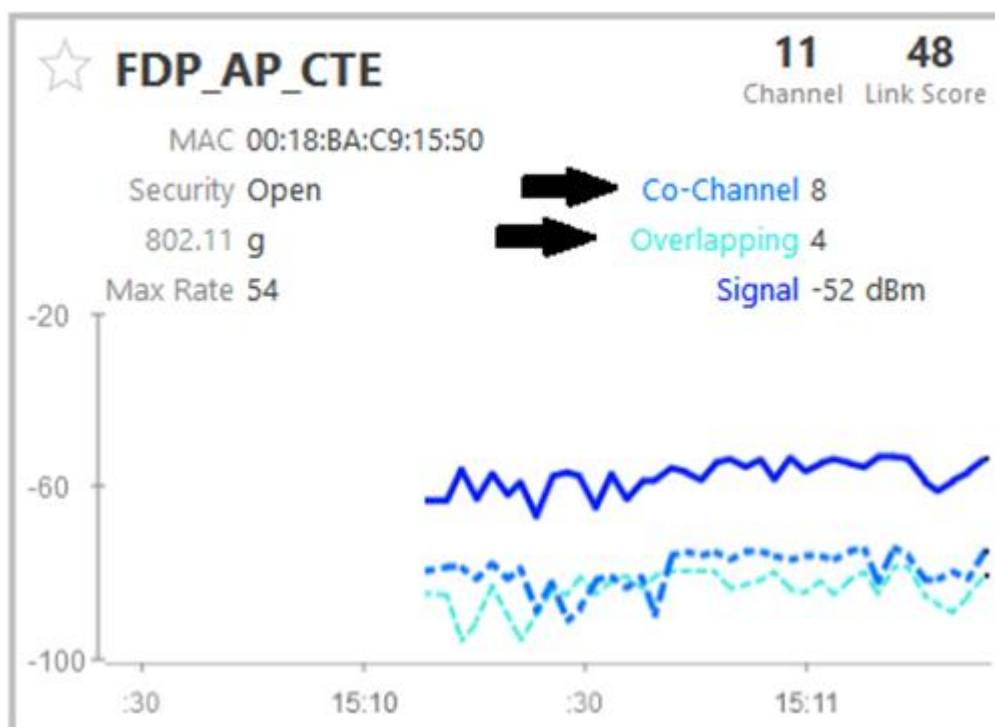


Figura 26: Concorrência dos Canais utilizados pelos APs piso superior do prédio da FADESP.  
Fonte: Próprio autor

Notou-se então que os APs do prédio da FADESP apesar de configurados em canais a fim de que não houvesse sobreposição (1,6 e 11), ainda assim a sofrem, devido aos pontos de acesso externos, porém próximos ao prédio, bem como dispositivos como smartphones e impressoras que também utilizam rede wireless, logo, operam em determinado canal de comunicação, aumentando a concorrência, como pode ser notado nas figuras 25 e 26 onde a opção "*Co-Channel*" mostra o número de redes Wi-Fi com canais vizinhos ao que o ponto de acesso está usando, e a opção "*Overlapping*" exibe o número de redes Wi-Fi que estão usando o mesmo canal da sua rede Wi-Fi..

#### 4.9 Apresentação da proposta.

A coleta e a análise do comportamento da rede sem fio existente no prédio da FADESP tornou-se vital para que só então uma proposta de reestruturação desta pudesse ser pensada e planejada, quanto ao espaço físico, quantidade e qualidade dos APs, e posicionamentos destes, o órgão responsável por esta reestruturação será o Centro de Tecnologia da Informação e Comunicação (CTIC) – UFPA. Os dados coletados neste trabalho tem por objetivos corroborar para que esta atividade possa ser desenvolvida da melhor forma possível.

## 5 PROPOSTA DE REESTRUTURAÇÃO DA REDE SEM FIO

Tudo o que foi apresentado, abordado e estudado no presente trabalho visou dar condições para que a proposta que será apresentada melhore o serviço da rede sem fio no prédio da FADESP.

Como citado anteriormente, o órgão responsável por essa reestruturação será o Centro de Tecnologia da Informação e Comunicação (CTIC) – UFPA, então foi estabelecido contato com parte da equipe que irá implantar a nova rede sem fio, a fim de que houvesse contribuição mútua. Este trabalho apresenta dados relevantes sobre o ambiente da rede já implantada no prédio, e a equipe do CTIC disponibilizou informações sobre a nova infraestrutura planejada para o local.

### 5.1 Equipamentos.

No que foi analisado foram detectados:

1) um ponto de acesso (AP) no térreo, cobrindo todo o lado direito, porém deixando o lado esquerdo com pontos de sinal muito fraco ou inexistente.

2) cinco APs no pavimento superior com melhor cobertura da área apesar do posicionamento destes mais à esquerda.

Daí começa-se a elaborar soluções. O pavimento superior conta com uma cobertura aceitável, então poderia se dizer que realocando os pontos de acesso do andar de cima e adicionando um ou mais no térreo, os problemas estariam solucionados. Porém, apenas a problemática da cobertura seria solucionada. Interferências como sobreposição de canais por exemplo permaneceriam, haja vista que os pontos de acesso que fazem parte da rede sem fio do local utilizam-se do padrão 802.11g operando na frequência de 2,4 GHz que como foi mostrado anteriormente é mais suscetível a interferências. E adicionar outro AP irá fazer com que os canais de transmissão sejam mais disputados.

Então se pensou em uma solução que envolvesse menos APs, e consequentemente menor concorrência nos canais de comunicação, porém, com maior cobertura da rede sem fio e menos interferências possíveis, chegando a conclusão de remover os pontos de acesso que se encontram hoje no local, e adicionar novos, com tecnologia mais avançada de forma que permita alcançar êxito na implantação do projeto.

Junto com a equipe responsável pelo projeto puderam ser colhidas informações sobre os equipamentos que serão utilizados, a fim de justificar a proposta.

As suas especificações, e um comparativo com APs atuais serão descritas na próxima seção.

## 5.2 Especificações dos APs

Os pontos de acesso que se planeja que sejam utilizados nesta reestruturação trazem uma tecnologia mais atual e com características que suprirão os clientes da rede sem fio do local, e sem apresentar os problemas que os dispositivos instalados na FADESP sofrem.

Os pontos de acesso utilizados atualmente apesar de conseguirem atender seus usuários quanto a acesso à internet, o fazem de forma limitada e com os problemas de cobertura e interferência apresentados no capítulo 4. O motivo disto é simples; os APs instalados no local apresentam configuração para uso residencial, de baixa potência para emissão de sinal, atendem apenas algumas dezenas de usuário simultaneamente, são pouco gerenciáveis e operam na faixa de 2,4 GHz que sofre muito com interferências de outros dispositivos desta mesma faixa.

O padrão em que operam os APs propostos para serem implantados é o 802.11ac, que como foi apresentado possuem altas taxas de transferências e a tecnologia MIMO (no caso 3x3) que utiliza diversas antenas para transmissão e recepção, otimizando a troca de dados pela rede. Oferecem suporte dual-band, em 5 GHz não sofrendo com interferências dos dispositivos 2,4 GHz, porém dando compatibilidade a estes, podendo operar também nesta faixa. Possui ainda antenas adaptativas que amenizam problemas de interferência do sinal de radiofrequência e desempenho da rede, atendem até 500 usuários simultaneamente e oferecem ainda seleção automática de canal escolhendo o que dará aos clientes a maior taxa de transferência possível.

## 5.3 Solução proposta.

Quanto ao número de APs e local de instalação, pode ser estimado levando em consideração certos pontos:

- Área do local (Prédio de médio porte aos padrões da UFPa – 547 m<sup>2</sup>)
- Localização, que possa com menos barreiras possíveis atender todo o prédio.
- Número de usuários da rede sem fio.

Tendo tudo isso em mente e os dados e configurações dos pontos de acesso que serão instalados, estima-se que apenas 2 dispositivos serão suficientes para atender aos usuários do prédio. Como foi visto na planta baixa apresentada neste trabalho a FADESP conta com 2 pisos, com um amplo corredor e as salas ao redor, logo, o local mais apropriado para instalação dos APs é no teto nas extremidades do corredor do piso superior, pois a emissão do sinal deverá ser suficiente para suprir os dois andares.

#### 5.4 Simulando a instalação.

Para que a proposta apresentada neste trabalho pudesse ter dados mais próximos possíveis ao cenário que se encontrará a da rede sem fio após sua implantação, uma simulação foi realizada no local. Foi solicitado à equipe de informática da FADESP para que os pontos de acesso em uso fossem desligados. Assim parte da equipe do CTIC pôde posicionar os novos pontos de acesso no local que pretende-se instalá-los.

Desta forma, da mesma maneira como foi realizada a inspeção na rede sem fio em uso, também fosse realizada na instalação futura, e novamente utilizando-se da metodologia de *site survey*. Os resultados estão apresentados nas próximas seções.

#### 5.5 Cobertura do sinal da rede sem fio proposta.

Do mesmo modo que o software *Ekhau HeatMapper* foi utilizado para analisar a cobertura da rede sem fio atual, também o foi realizado para análise da rede que será implantada. As figuras 27 e 28 mostram a tela do programa apresentando a área de cobertura detectada pelo software em cada andar:

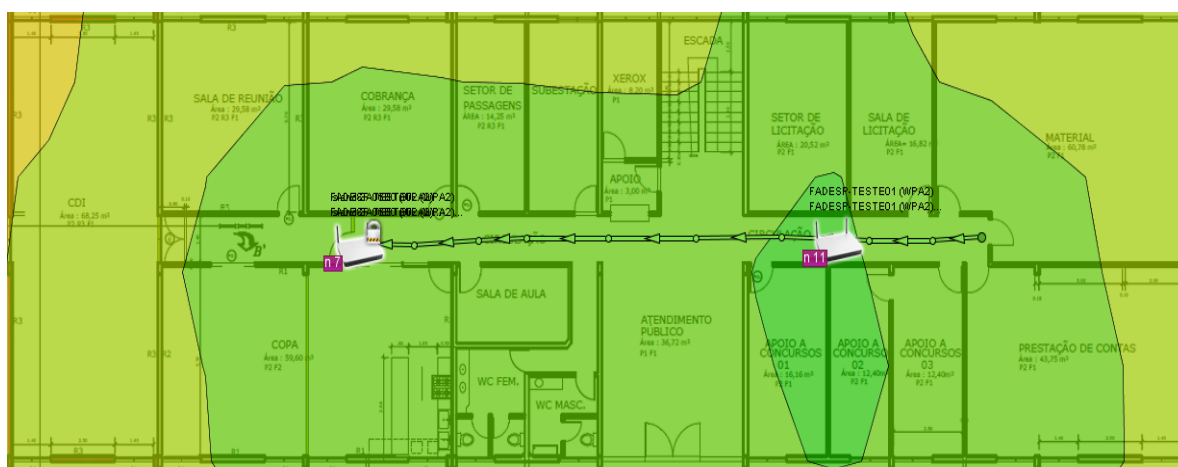


Figura 27: *Ekhau HeatMapper* cobertura do piso térreo do prédio da FADESP.  
Fonte: Próprio autor

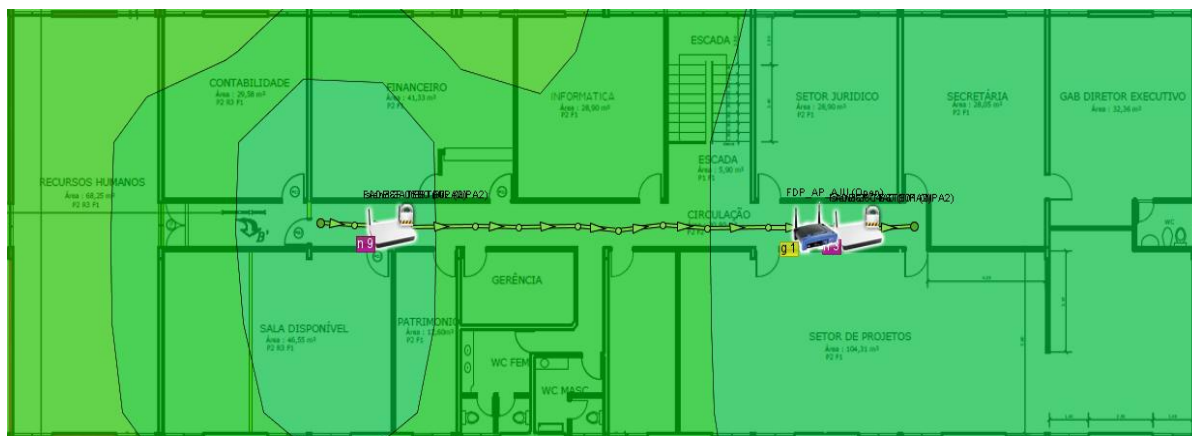


Figura 28: Ekahau HeatMapper cobertura do piso superior do prédio da FADESP.  
Fonte: Próprio autor

Visualmente já se pode notar uma abrangência de sinal muito maior. Se na atual estrutura de rede sem fio são encontrados pontos sem cobertura no piso térreo, após a reestruturação o problema não deverá ocorrer, pois pelas especificações e o posicionamento dos pontos de acesso, o sinal cobrirá todo o prédio nos dois andares como foi mostrado nas figuras.

Porém, uma análise realizada com o software *inSSIDer* dará dados além do visual, e estes de total importância para este trabalho, bem como para a equipe que irá realizar a reestruturação do serviço de rede sem fio da FADESP.

### 5.6 Análise do sinal da rede proposta.

Como foi mencionado anteriormente com o software *inSSIDer* uma verificação mais metódica pode ser realizada, e assim como foi realizada na rede sem fio atual, também foi feita na rede proposta.

No andar térreo foi detectado uma melhora significativa na intensidade de sinal, mesmo com o ponto de acesso localizado no andar de cima o desempenho foi melhor em relação a rede atual que tem um AP no meio do corredor, na extremidade direita do corredor o sinal detectado foi de -49 dBm que é considerado muito bom, como mostra a figura 29:

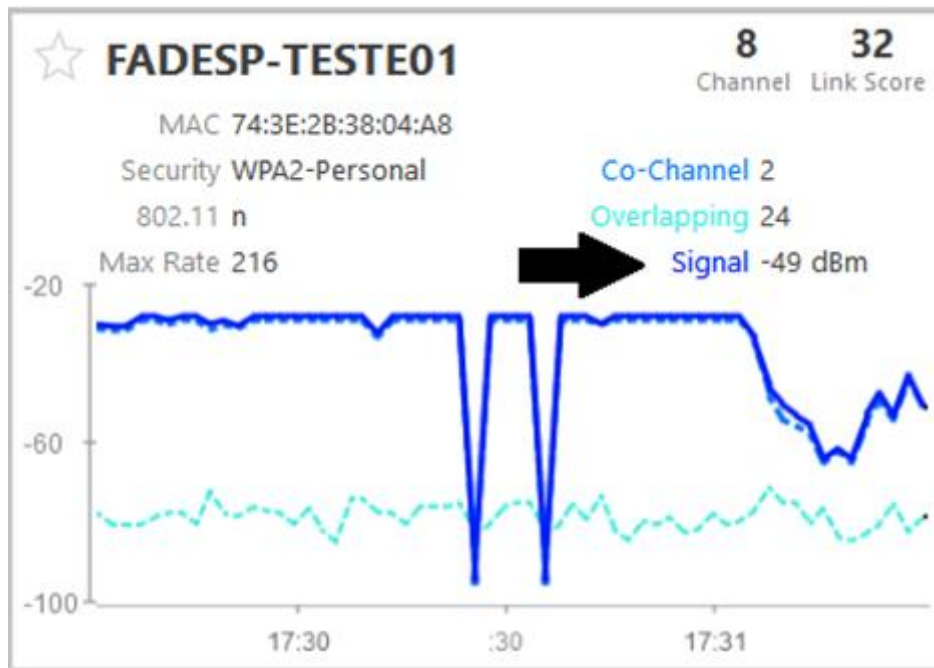


Figura 29: *InSSIDer* lado direito da rede sem fio proposta piso térreo da FADESP.  
 Fonte: Próprio autor

Já na extremidade do corredor esquerdo do térreo o sinal foi de -56 dBm que é considerado bom, como pode ser visto na figura 30:



Figura 30: *InSSIDer* lado esquerdo da rede sem fio proposta piso térreo da FADESP.  
 Fonte: Próprio autor

E no andar de superior as figuras 31 e 32 mostram que como já era de se esperar pois foi onde os pontos de acesso foram instalados a melhora de intensidade de sinal foi maior ainda. Na extremidade direita do corredor foi detectado um sinal de -25 dBm que é considerado excelente:

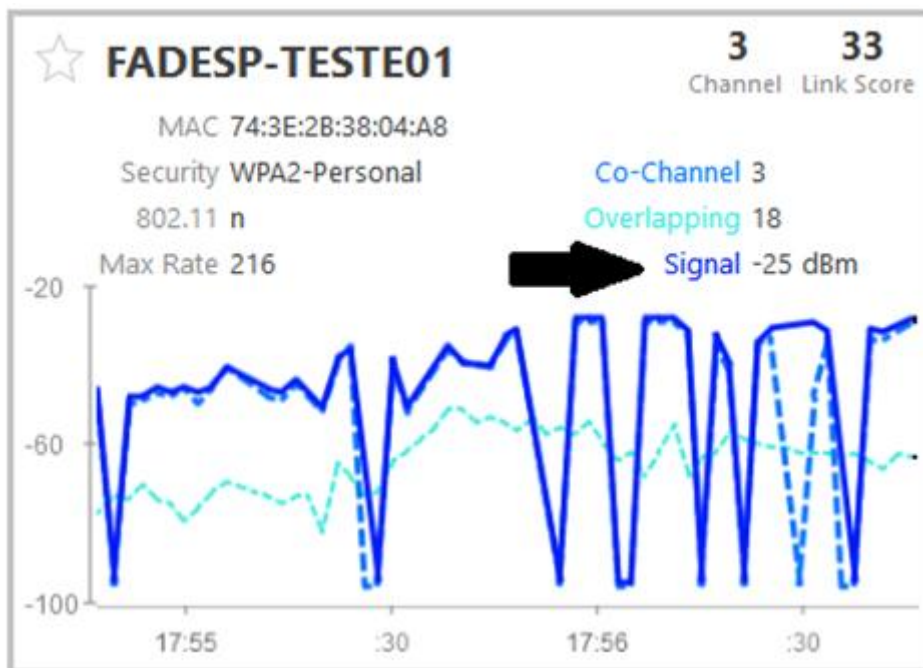


Figura 31: *InSSIDer* lado direito da rede sem fio proposta piso superior da FADESP  
Fonte: Próprio autor

E na extremidade esquerda do corredor a intensidade do sinal detectado foi de -30 dBm que também é considerado excelente:

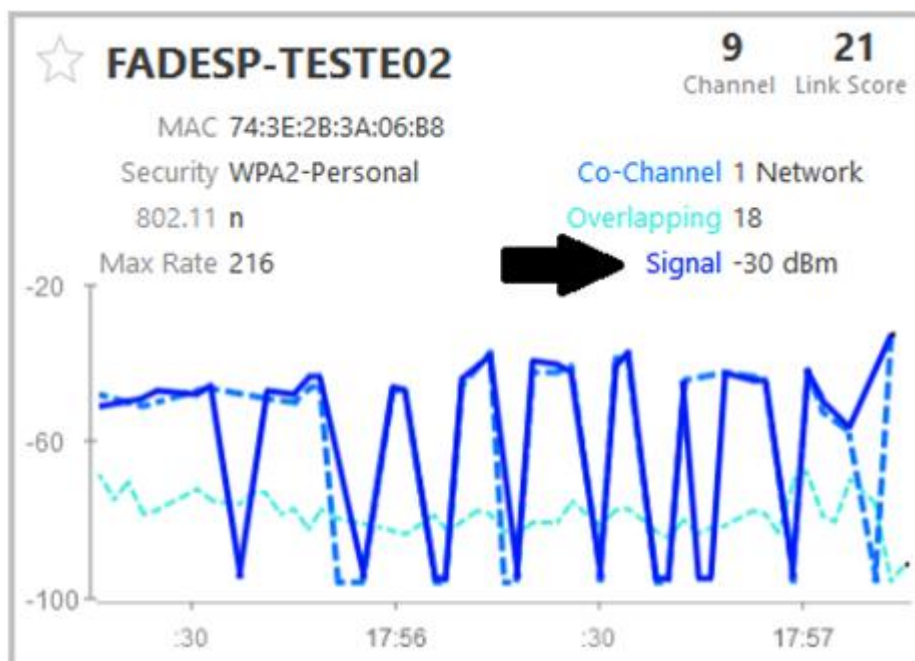


Figura 32: *InSSIDer* lado esquerdo da rede sem fio proposta piso superior da FADESP.  
Fonte: Próprio autor

Para uma melhor visualização de como a intensidade do sinal da rede sem fio proposta teve um desempenho superior a atual, a tabela 1 mostra as medições de sinal identificadas pelo software *inSSIDer* nas duas análises em cada andar do prédio da FADESP:

Cenários	Lado direito térreo	Lado esquerdo térreo	Lado direito superior	Lado esquerdo superior
Rede sem fio atual	-55 dBm	-95 dBm	-65 dBm	-62dBm
Rede sem fio proposta	-49 dBm	-56 dBm	-25 dBm	-30 dBm

Tabela 1: Comparação entre intensidades de sinal.  
Fonte: Próprio autor

### 5.7 Análise da concorrência dos canais de comunicação da rede sem fio proposta.

Outra análise realizada na rede sem fio atual que foi também realizada na rede proposta foi a verificação da utilização e concorrência dos canais de comunicação, novamente no meio do corredor de cada andar e com o software *inSSIDer*. As figuras 33

e 34 são telas do programa mostrando o que foi coletado no piso térreo:

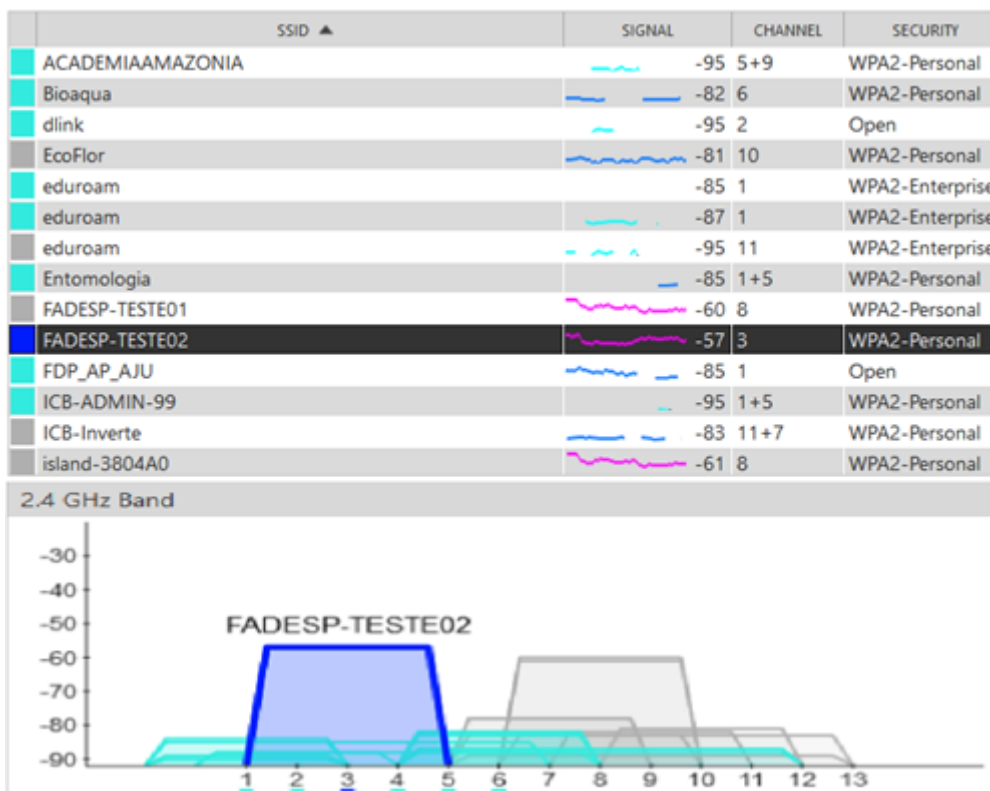


Figura 33: Canais utilizados pelos APs da rede sem fio proposta piso térreo do prédio da FADESP.  
 Fonte: Próprio autor

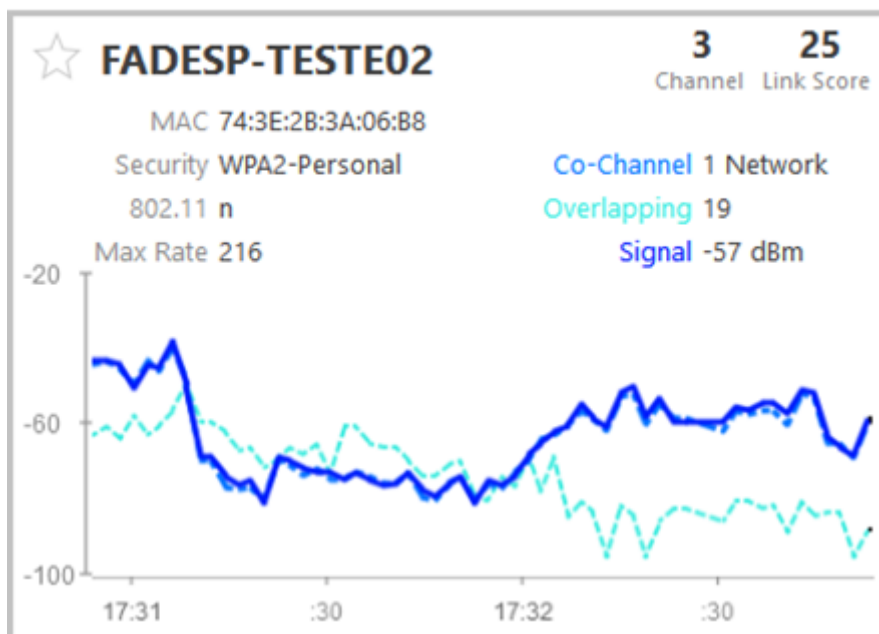


Figura 34: Concorrência dos Canais utilizados pelos APs da rede sem fio proposta piso térreo do prédio da FADESP.

Fonte: Próprio autor

O mesmo procedimento realizado com a rede proposta no andar superior é apresentado nas figuras 35 e 36:

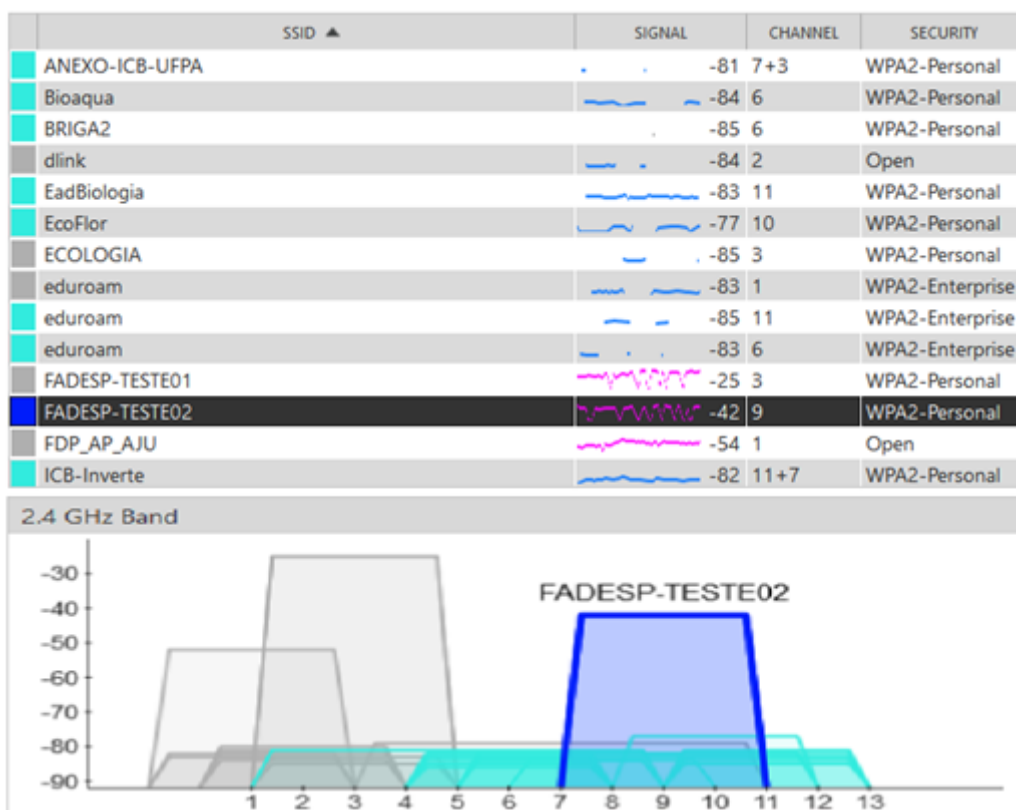


Figura 35: Canais utilizados pelos APs da rede sem fio proposta piso superior do prédio da FADESP.  
Fonte: Próprio autor

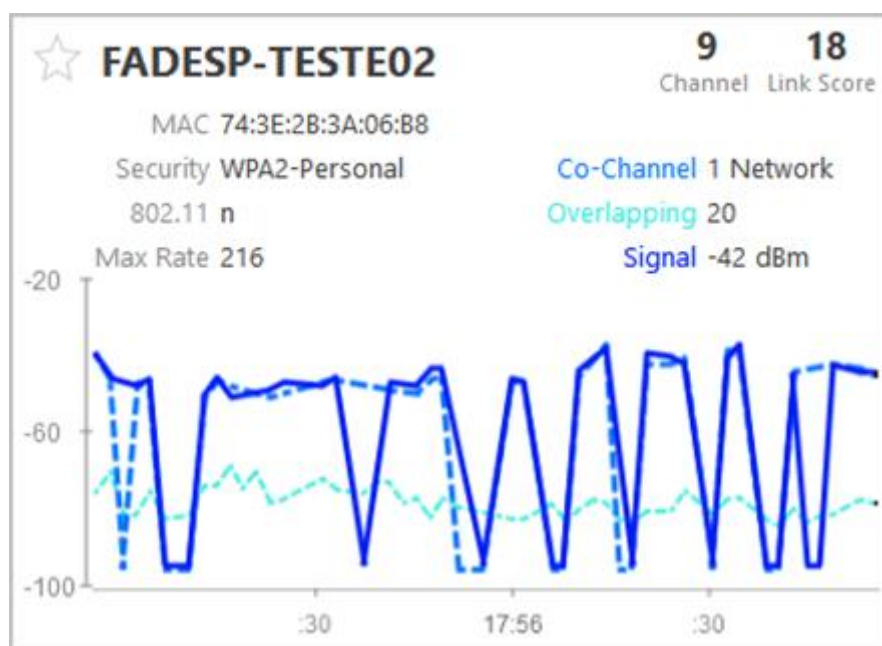


Figura 36: Concorrência dos Canais utilizados pelos APs da rede sem fio proposta piso superior do prédio da FADESP.

Fonte: Próprio autor

Ao observarmos o que foi coletado em relação aos canais de comunicação utilizados e a concorrência por eles, podemos notar que apesar da verificação de cada andar ter ocorrido em pouco minutos de diferença, os pontos de acesso utilizados na simulação que estão identificados como FADESP-TESTE 01 e FADESP-TESTE 02, ambos alteraram seus canais de transmissão. Em um primeiro momento o ponto de acesso FADESP-TESTE 01 transmitia pelo canal 8 e em outro momento no canal 3. Já o ponto de acesso FADESP-TESTE 02 alternou do canal 3 para o 9, comprovando o que foi especificado a respeito de os APs possuírem a escolha inteligente de canal.

Ao realizar a troca de canais para transmissão nota-se que os pontos de acesso identificaram a intensidade de sinal forte e permaneceram em canais distantes e sem sobreposição um do outro, identificando outros dispositivos e pontos de acesso externos no raio de alcance, escolhendo então um cenário menos caótico possível para escolha dos canais haja vista os vários dispositivos detectados que podem causar interferências.

Há de se ressaltar que este cenário de concorrência pelos canais de comunicação poderá ter melhor desempenho após a implantação real da rede, já que os pontos de acesso estarão conectados a uma controladora no CTIC, recebendo configurações automáticas que dará uma melhor gerência na seleção de canais para transmissão.

Outro caso é lembrar que os pontos de acesso são *dual band*, operando tanto na frequência 2,4 GHz quanto 5 GHz, e os dispositivos detectados na verificação operam na faixa 2,4 GHz, logo, usuários que tiverem a disposição placas de rede sem fio que suportem a frequência de 5 GHz terão uma transmissão totalmente sem concorrência.

Tudo o que foi apresentado a respeito das configurações dos pontos de acesso a serem instalados pode ser conferido nos anexos que tratam das especificações destes dispositivos.

## 6 CONCLUSÃO

Neste trabalho pôde-se notar que em uma implantação de redes sem fio muitos fatores devem ser levados em consideração, e que ao deixar de realizar uma verificação no ambiente que se deseja montar uma infraestrutura de redes sem fio, isto poderá causar vários problemas, como, interferências, atenuações, sobreposição de canais e etc. Apesar de na maioria dos casos o usuário por ter conexão e acesso à internet, acredita estar tudo certo, até mesmo acostumando-se com determinada lentidão, quando na verdade o desempenho da rede poderia ser melhor.

Destacada a importância de uma análise mais criteriosa para implantação de uma rede, o presente trabalho realizou um estudo em uma rede sem fio já existente, a fim de detectar seus prováveis problemas, para então realizar uma proposta de reestruturação.

As análises da rede sem fio foram realizadas com auxílio de software específicos para este tópico. O estudo mostrou que apesar da rede implantada no local não ter sido realizada às cegas, alguns critérios não foram levados em consideração, como posicionamento de ponto de acesso sem que alguma área ficasse sem cobertura, influência de redes vizinhas e dispositivos no próprio prédio competindo pelos canais de comunicação, ocasionando em interferências.

Outra questão importante obtida neste estudo foi que ao contrário do que usuários leigos possam pensar, vários pontos de acesso em uma mesma área comum nem sempre serão a melhor solução para cobertura e distribuição do sinal de internet. Por exemplo, a proposta apresentada estima uma solução com um número de APs reduzido em menos da metade do que se encontrou na área de estudo, porém, devido a melhor qualidade de dispositivos mais avançados e melhor especificação, a cobertura do sinal da rede sem fio deverá ser otimizada de formas a ter melhor desempenho, velocidade, cobertura, e menos interferências.

### 6.1 Trabalhos futuros.

Em trabalhos futuros pretende-se que o estudo seja novamente realizado no local, com a rede sem fio totalmente implantada, em um cenário utilizando-se das mesmas ferramentas e condições, e então comprovar-se que a proposta apresentada cumpriu com a simulação demonstrada neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- CARRANO, Ricardo Campanha. **Tecnologia de Redes sem Fio** / Omar Branquinho. – Rio de Janeiro: RNP/ESR, 2016
- CARDOSO, F. R. M e MACEDO-SOARES, J. C. T. (2005) Método para implementação de redes sem fio. Dissertação de Graduação em Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 131p. Disponível em: <<http://bdm.unb.br/handle/10483/875>> acessado em 03 de Jun. 2017.
- COULOURIS, George. DOLLIMORE, Jean. KINDBERG, Tim. **Sistemas Distribuídos** – Conceitos e projeto. Editora Bookman. 2007.
- DA SILVA, Marcel William Rocha. Alocação de canal em redes sem fio IEEE 802.11 independentes. 2006. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 18/12/2006.
- FARIAS, Paulo César Bento. **Treinamento Profissional em Redes Wireless** / Paulo César Bento Farias. – São Paulo : Digerati Books, 2006.
- FOROUZAN, Behrouz A. Behrouz. **Comunicação de dados e rede de computadores**. 3 ed. Porto Alegre. Bookman. 2006.
- HAYKIN, Simon, MOHER, Michael. **Introdução aos sistemas de comunicação** – 2. ed. – Porto Alegre : Bookman, 2008.
- HOFFMAN, Chris. **What is “Beamforming” on a Wireless Router?** 2015. Disponível em: <<https://www.howtogeek.com/220774/htg-explains-what-is-beamforming-on-a-wireless-router/>>. Acesso em: 04 jun. 2017
- KUROSE, J. F. e ROSS, K. - **Redes de Computadores e a Internet** - 5ª Ed., Pearson, 2010.
- RUFINO, Nelson Murilo de O. **Segurança em Redes sem Fio**-2ª Edição: Aprenda a proteger suas informações em ambientes Wi-Fi e Bluetooth. Novatec Editora, 2007.
- RUCKUS WIRELESS – Site da fabricante do rádio a ser instalado, disponível em <<https://www.ruckuswireless.com/pt-br/products/access-points/ruckus-indoor/ruckus-r600>> acessado em 06 de Jul. 2017.
- SANTOS, Leonardo André Silva dos. **APLICAÇÃO DE METODOLOGIA "SITE SURVEY" PARA OTIMIZAÇÃO DO PROJETO DE INFRAESTRUTURA DE REDE WIRELESS (WLAN) NO ICEN - UFPA**. 2016. 78 f. TCC (Graduação) - Curso de Sistemas de Informação, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.
- VASCONCELLOS, Ronaldo. **Segurança em Redes sem Fio** / Ronaldo Vasconcellos. – Rio de Janeiro: RNP/ESR, 2013
- TANENBAUM, A. S. – **Redes de Computadores** – 5ª Ed, Pearson, 2011.

## ANEXOS

Anexo A – documento de especificações do AP que será instalado.

### Ruckus R600

Pontos de acesso Smart WiFi 802.11ac 3x3:3 dual-band

### FOLHA DE DADOS

#### A TECNOLOGIA PATENTEADA BEAMFLEX™ AMPLIA O ALCANCE DO SINAL E MELHORA A ESTABILIDADE DE CONEXÕES DO CLIENTE

Todos os pontos de acesso WiFi R600 possuem uma antena integrada inteligente e controlada por software com o PD-MRC (diversidade de polarização), que fornece até 6 dB de ganho adicional do BeamFlex e 15 dB de redução da interferência. Isto é particularmente benéfico para aumentar o desempenho de dispositivos móveis que estão sempre em movimento e mudando de direção.

#### APLICATIVOS WLAN AVANÇADOS

Cada R600 oferece suporte para vários aplicativos com valor agregado, como rede de convidados, PSK dinâmico, autenticação de hotspot, detecção de invasão sem fio e muito mais. Em uma configuração com menos controladores, o R600 funciona com vários servidores de autenticação, incluindo o Active Directory da Microsoft e o AAA/RADIUS.

#### OPÇÕES FLEXÍVEIS DE IMPLANTAÇÃO

O Ruckus foi projetado de maneira personalizada para ajudar proprietários de pequenas empresas a ampliarem seus negócios, fornecerem uma excelente experiência para o consumidor e gerenciarem os custos, ao mesmo tempo que oferecem suporte para o WiFi e para diversos dispositivos móveis com uma equipe reduzida de TI.

#### GERENCIAMENTO TOTAL LOCAL E REMOTO

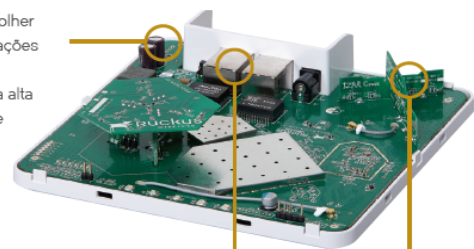
Cada R600 pode ser gerenciado como um AP independente por uma GUI baseada em Web, usando SNMP, ou pelo Ruckus SCI ou FlexMaster. O gerenciamento local também pode ser executado usando o controlador Smart WLAN da Ruckus. O FlexMaster é uma plataforma de software com base no LINUX que usa os protocolos padrão do setor para executar a configuração em massa, detecção de falha, monitoramento e vários recursos para a solução de problemas em uma conexão de área com fios. Os controladores permitem o gerenciamento local e o controle de APs, acrescentando serviços com valor agregado como controle de potência de transmissão e rede de convidado.



#### RECURSOS

- Dual-band simultâneo (2,4GHz/5GHz)
- Tecnologia de antena adaptável e gerenciamento de RF avançado
- Até 6 dB de ganho adicional do BeamFlex / 15 dB de redução de interferência / 3 dBi de ganho de antena física
- Redução de interferências automática, otimizada para ambientes de alta densidade
- Tecnologia de antena inteligente integrada
- Power over Ethernet (PoE) padrão 802.3af
- Serviço DHCP
- Suporte a streaming de vídeo multicast IP
- Classificação de pacote de QoS avançado e prioridade automática para tráfego com distinção de latência de tráfego
- Limitação dinâmica por taxa de usuário para WLANs de pontos de conexão
- Suporte a WPA-PSK (AES), 802.1x para RADIUS e Active Directory
- BYOD, Zero-IT e Dynamic PSK
- Controle de admissão/balanceamento de carga
- Direcionamento de banda e suporte a equidade de transmissão
- Serviços de acesso completos e personalizáveis para convidados
- Reconhecimento e controle de aplicativo
- Gateway Bonjour
- SecureHotspot
- Balanceamento de banda
- SmartMesh
- Serviços de localização SPoT

É possível escolher várias combinações de antenas potenciais para alta disponibilidade de WiFi



Duas portas de 10/100/1000 Mbps: uma com PoE

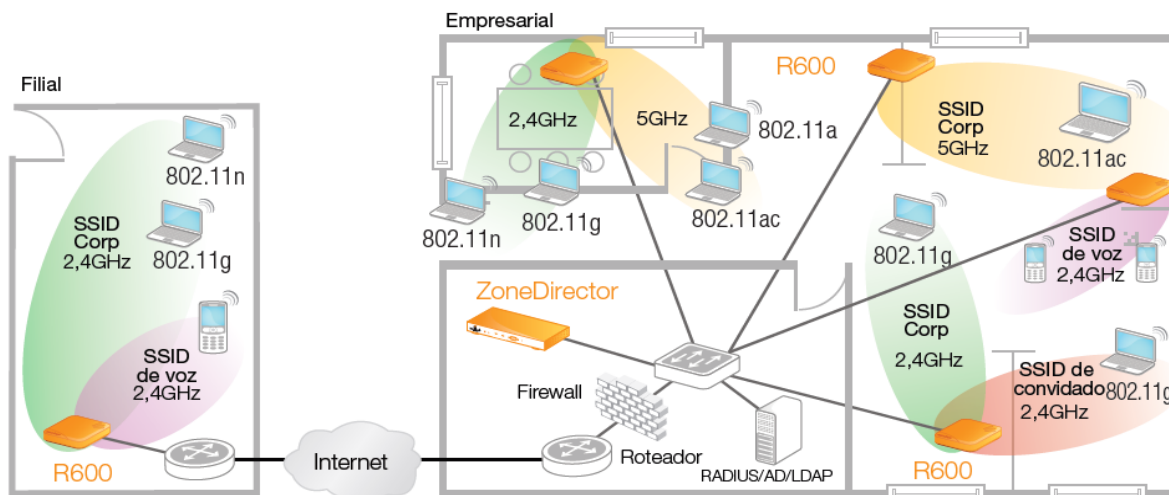
Elementos de antena direcional de alto ganho não apenas fornece ganho de sinal, mas também redução de interferência para extensão de alcance, confiabilidade e taxas de dados altas

## Ruckus R600

Pontos de acesso Smart WiFi 802.11ac 3x3:3 dual-band

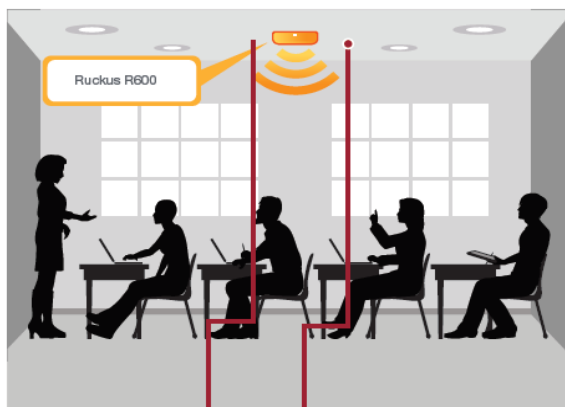
## FOLHA DE DADOS

O R600 se integra à infraestrutura de rede, fornecendo o melhor desempenho e confiabilidade 802.11ac da classe, com um preço competitivo, transformando-se na solução sem fio ideal para aplicações em empresas de médio porte e filiais.



### IMPLANTAÇÕES EM SALAS DE AULA E BIBLIOTECAS

O R600 é ideal para a implantação em áreas comuns de educação, fornecendo o acesso sem fio de alta qualidade em locais de alta densidade

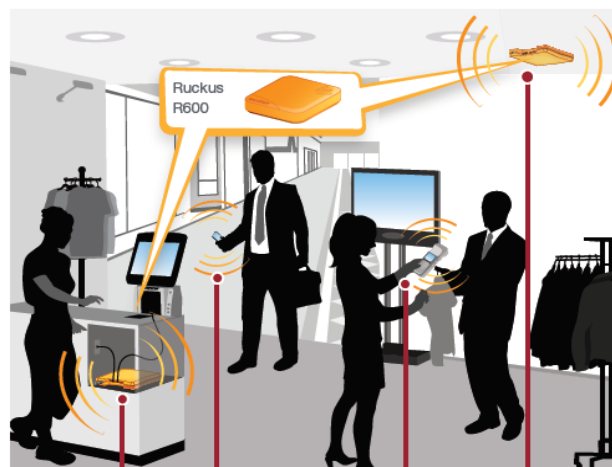


O suporte de dual-band (2,4/5GHz) permite serviços de vídeo simultâneos com base em Internet e IP

Design bem-acabado e elegante, facilmente ocultado

### IMPLANTAÇÃO PARA LOJAS/FILIAIS

O R600 é ideal para implantação em lojas para fornecer conexão sem fio imperceptível para vídeo de alta qualidade, telefones IP sem fio e acesso de dados para scanners de código de barra PoS de mão



As portas com fios para conectar dispositivos como máquinas registradoras, impressoras etc.

Vários SSIDs para serviços do usuário diferenciados (por exemplo, WiFi de convidados, ponto de venda, voz)

Conectividade WiFi confiável para dispositivos de ponto de venda

Banda de 5GHz e sistema de antena inteligente ideal para clientes 802.11ac

# Ruckus R600

Pontos de acesso Smart WiFi 802.11ac 3x3:3 dual-band

## FOLHA DE DADOS

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Alimentação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entrada CC: 12 VCC e 10A</li> <li>Power over Ethernet 802.3 af</li> </ul>
Tamanho físico	<ul style="list-style-type: none"> <li>15,8 cm x 15,8 cm x 4 cm (6,2 pol. x 6,2 pol. x 1,57 pol.)</li> </ul>
Peso	<ul style="list-style-type: none"> <li>364 g (0,8 lb.)</li> </ul>
Portas de dados	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 portas RJ-45 de MDX automático e detecção automática de 10/100/1000 Mbps e PoE (em uma porta)</li> </ul>
Opções de trava	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mecanismo de trava oculto</li> <li>Orifício do bloqueio Kensington</li> <li>Barra T Torx</li> <li>Suporte (902-0108-0000) parafuso Torx e cadeado (vendido separadamente)</li> </ul>
Condições ambientais	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temperatura de operação: 0°C a 40°C</li> <li>Umidade de operação: 10% a 95% sem condensação</li> </ul>
Consumo de energia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parado: 4W</li> <li>Normal: 6,2W</li> <li>Pico: 11,2W</li> </ul>

DESEMPENHO E CAPACIDADE	
Estações simultâneas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Até 512 clientes por AP</li> </ul>
Clientes VoIP simultâneos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Até 30 clientes por AP</li> </ul>

RF	
ANTENA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Antenas adaptáveis que fornece até mais de 512 padrões únicos de antenas por rádio</li> <li>Diversidade de polarização omnidirecional completa</li> </ul>
GANHO DE ANTENA FÍSICA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Até 3dBi</li> </ul>
GANHO DE TX DE SINR DO BEAMFLEX*	<ul style="list-style-type: none"> <li>Até 6dB</li> </ul>
GANHO DE RX SINR DO BEAMFLEX*	<ul style="list-style-type: none"> <li>3-5 dB (PD-MRC)</li> </ul>
MITIGAÇÃO DE INTERFERÊNCIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Até 15 dB</li> </ul>
SENSIBILIDADE DE RX MÍNIMA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Até -101dBm</li> </ul>

\* Os ganhos do BeamFlex são efeitos estatísticos de nível de sistema traduzidos como SINR melhorado com base em observações durante um período em condições reais, com vários APs e clientes

GERENCIAMENTO	
Opções de implantação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Independente (gerenciado individualmente)</li> <li>Gerenciado pelo ZoneDirector (9.8.1 e superior)</li> <li>Gerenciado pelo SmartZone (3.0 e superior)</li> <li>Gerenciado pelo FlexMaster</li> <li>Gerenciado pelo SmartCell™ Gateway 200 (2.5 e superior)</li> </ul>
Configurações	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interface de usuário da Web (HTTP/S)</li> <li>CLI (Telnet/SSH), SNMP v1, 2, 3</li> <li>TR-069 via FlexMaster</li> </ul>
Atualizações de software automáticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>FTP ou TFTP, automática remota disponível</li> </ul>

WIFI	
Padrões	<ul style="list-style-type: none"> <li>IEEE 802.11a/b/g/n/ac</li> <li>2,4 GHz e 5 GHz</li> </ul>
Taxas de dados suportadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>802.11n/ac: 6,5Mbps a 260Mbps (20MHz)</li> <li>13,5Mbps a 600Mbps (40MHz)</li> <li>29,3Mbps a 1300Mbps (80MHz)</li> <li>802.11a: 5,4, 48, 36, 24, 18, 12, 9 e 6Mbps</li> <li>802.11b: 11, 5,5, 2 e 1 Mbps</li> <li>802.11g: 5,4, 48, 36, 24, 18, 12, 9 e 6Mbps</li> </ul>
Cadeias de rádio	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 x 3</li> </ul>
Fluxos espaciais	<ul style="list-style-type: none"> <li>3</li> </ul>
POTÊNCIA DE TRANSMISSÃO (Agregada)	<ul style="list-style-type: none"> <li>28 dBm para 2,4GHz*</li> <li>27 dBm para 5GHz*</li> </ul>
Canalização	<ul style="list-style-type: none"> <li>20 MHz, 40 MHz, 80 MHz</li> </ul>
Canais de operação	<ul style="list-style-type: none"> <li>EUA/Canadá: 1-11, Europa (ETSI X30): 1-13, Japão X4: 1-13</li> <li>Canais de 5 GHz: depende do país</li> </ul>
Banda de frequência	<ul style="list-style-type: none"> <li>IEEE 802.11 b/g/n: 2,4 a 2,484GHz</li> <li>IEEE 802.11a/ac: 5,15 a 5,25GHz; 5,25 a 5,35GHz; 5,47 a 5,725 GHz; 5,725 a 5,85GHz</li> </ul>
Economia de energia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suportada</li> </ul>
Segurança sem fio	<ul style="list-style-type: none"> <li>WPA-PSK, WPA-TKIP, WPA2 AES, 802.11i</li> <li>Autenticação via 802.1X com o ZoneDirector, banco de dados de autenticação local, suporte a RADIUS e ActiveDirectory</li> </ul>
Certificações**	<ul style="list-style-type: none"> <li>EUA, Europa, Argentina, Austrália, Brasil, Canadá, Chile, China, Colômbia, Costa Rica, Egito, Hong Kong, Índia, Indonésia, Israel, Japão, Coreia, Malásia, Maurícia, México, Nova Zelândia, Paquistão, Peru, Filipinas, Rússia, Arábia Saudita, Cingapura, África do Sul, Taiwan, Tailândia e EAU.</li> <li>Conformidade com WEEE/RoHS</li> <li>EN-60601-1-2 (médico)</li> <li>Aliança WiFi</li> <li>EN50121-1 EMC ferroviário</li> <li>EN50121-4 Imunidade ferroviária</li> <li>IEC 61373 Choque e vib. ferroviária</li> <li>Classificação plena UL 2043</li> <li>5GHz UNII-1 (2014)</li> </ul>

\* A potência máxima varia de acordo com o país

\*\* Para saber o status atual da certificação consulte a lista de preços

## INFORMAÇÕES PARA SOLICITAÇÃO DO PRODUTO

MODELO	DESCRIÇÃO
Ponto de acesso 802.11ac Smart WiFi R600	
901-R600-XX00	Ponto de acesso 802.11ac dual-band simultâneo, sem adaptador de alimentação
<b>Acessórios opcionais</b>	
902-0108-0000	Sobresalente, suporte de instalação de acessório
902-0173-XXYY	Adaptador de alimentação, plugue CA/CC de parede, 100 a 240 Vca 50/60 Hz
902-0162-XXYY	Injetor de PoE (vendido em quantidades de 10 ou 100)

OBSERVE: Quando for fazer um pedido de APs indoor, é necessário identificar a região de destino, indicando -US, -WW ou -Z2 ao invés de XX. Ao solicitar injetores PoE ou fontes de alimentação, você deve identificar o destino indicando -US, -EU, -AU, -BR, -CN, -IN, -JP, -KR, -SA, -UK ou -UN em vez de -XX.

Para pontos de acesso, o -Z2 se aplica aos seguintes países: Argélia, Egito, Israel, Marrocos, Tunísia e Vietnã

Garantia: Venda com garantia vitalícia limitada.  
Veja mais detalhes em: <http://support.ruckuswireless.com/warranty>

Copyright © 2017, Ruckus Wireless, Inc. Todos os direitos reservados. Ruckus Wireless e Ruckus Wireless design são registradas no U.S. Patent and Trademark Office. Ruckus Wireless, o logotipo Ruckus Wireless, BeamFlex+, MediaFlex, FlexMaster, ZoneDirector, SpeedFlex, SmartCast, SmartCell, ChannelFly e Dynamic PSK são marcas comerciais da Ruckus Wireless, Inc. nos Estados Unidos e em outros países. Todas as outras marcas comerciais mencionadas neste documento ou no site são de propriedade de seus respectivos proprietários.  
17-06-A

Ruckus Wireless, Inc. | 350 West Java Drive | Sunnyvale, CA 94089 USA | Fone: +1 (650) 265-4200 | Fax: +1 (408) 738-2065  
ruckuswireless.com

