

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA  
ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO DE REDES E SERVIDORES**

**RODRIGO ISHIKURA**

**ATUALIZAÇÃO DO AMBIENTE WIRELESS PARA PADRÃO IEEE  
802.11ac**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**CURITIBA**

**2017**

**RODRIGO ISHIKURA**

**ATUALIZAÇÃO DO AMBIENTE WIRELESS PARA PADRÃO IEEE  
802.11ac**

Monografia de especialização apresentada como requisito parcial para obtenção do Grau de especialista em gerenciamento de redes e servidores do programa de pós-graduação em tecnologia, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Me. Christian Carlos Souza Mendes

**CURITIBA**

**2017**



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

ATUALIZAÇÃO DO AMBIENTE WIRELESS PARA PADRÃO IEEE 802.11ac

por

**RODRIGO ISHIKURA**

Esta Monografia foi apresentada em 15 de dezembro de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Gerenciamento de Servidores e Equipamentos de Rede. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Augusto Foronda  
Prof. Coordenador do Curso

---

Christian Carlos de Souza Mendes  
Prof. Orientador

---

Kleber Kendy Horikawa Nabas  
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

## RESUMO

ISHIKURA, Rodrigo. **ATUALIZAÇÃO DO AMBIENTE WIRELESS PARA PADRÃO IEEE 802.11ac**. 2017. 67f. Monografia de especialização (obtenção de título de especialista em gerenciamento de redes e servidores) – Curso de pós-graduação *latu sensu*, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

Este projeto pretende demonstrar as vantagens obtidas com a atualização dos dispositivos de acesso que possuem a tecnologia 802.11ac. Serão demonstrados análises do ambiente através de imagens coletadas e processadas pelo survey, bem como os equipamentos instalados e suas atuais tecnologias que visam proporcionar maior experiência aos clientes. Os pontos positivos gerados com estas mudanças também serão demonstrados, como desempenho, disponibilidade e gestão.

**Palavras chave:** Cisco. IEEE 802.11ac. Access Point. MIMO. ISE. CMX. Fast Roaming. Survey.

## ABSTRACT

ISHIKURA, Rodrigo. **WIRELESS ENVIRONMENT UPGRADE FOR IEEE 802.11ac STANDARD**. 67f. Specialization monograph (obtaining title of specialist in management of networks and servers) - Postgraduate course *latu sensu*, Federal Technological University of Paraná, Curitiba, 2017.

This project intends to demonstrate the advantages obtained by updating the access devices that have 802.11ac technology. Analyzes of the environment will be demonstrated through images collected and processed by the survey, as well as the equipment installed and its current technologies that aim to provide greater experience to customers. The positive points generated by these changes will also be demonstrated, such as performance, availability and management.

**Keywords:** Cisco. IEEE 802.11ac. Access Point. MIMO. ISE. CMX. Fast Roaming. Survey.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura das camadas do padrão IEEE 802.11.....	19
Figura 2 - Planta baixa da infraestrutura a ser realizada .....	22
Figura 3 - Planta baixa do galpão .....	23
Figura 4 - Equipamentos para medição Ekahau.....	24
Figura 5 - Antena setorial AIR-ANT2566P4W-R .....	25
Figura 6 - Antena Omni AIR-ANT2535SDW-R .....	25
Figura 7 - Planta baixa com disposição dos APs .....	27
Figura 8 - Cobertura total do sinal (em dBm).....	28
Figura 9 - Taxa de conexão física estimada.....	29
Figura 10 - Níveis de sinal .....	30
Figura 11 - SNR.....	30
Figura 12 - Relação sinal/ruído .....	32
Figura 13 - Visão detalhado do resultado .....	33
Figura 14 - Motivo das falhas .....	34
Figura 15 - Posicionamento dos APs .....	35
Figura 16 - Coletores.....	36
Figura 17 - Ilustração Near-far effect.....	36
Figura 18 - Esquema básico de antenas transmissoras e receptoras no modelo MIMO.....	40
Figura 19 - Transmissão por Diversidade de Espaço – Tempo (STTD).....	41
Figura 20 - Multiplexação Espacial .....	42
Figura 21 - Comparação entre MIMO e MU-MIMO.....	42
Figura 22 - Implementações MU-MIMO.....	44
Figura 23 - Comparação entre SU-MIMO e MU-MIMO .....	45
Figura 24 - Comportamento de redes Wi-Fi com e sem beamforming .....	47
Figura 25 - Antena Omnidirecional AIR-ANT2544V4M-R .....	48
Figura 26 - Azimuth e Padrões de plano de elevação .....	48
Figura 27 - Antena Setorial AIR-ANT2566P4W-R.....	49
Figura 28 - Azimuth e Padrões de radiação de elevação - 2.4 GHz.....	50
Figura 29 - Azimuth e Padrões de radiação de elevação – 5 GHz.....	50
Figura 30 - Tela com identificação do cliente conectado .....	54

<b>Figura 31 - Tela com localização e informações do APs .....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 32 - Tela com informação do nível de sinal do AP .....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 33 - Tela com informações do AP .....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 34 - Tela com status do cliente conectado.....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 35 - Tela com informação do coletor conectado .....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 36 - Cobertura total do sinal (em dBm).....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 37 - Taxa de conexão física estimada.....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 38 - Visão detalhado do resultado .....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 39 - Motivo das falhas .....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 40 - Qualidade de sinal.....</b>	<b>62</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 - Comparação entre os protocolos.....</b>	<b>16</b>
<b>Tabela 2 - Informações de limiars para realização do survey .....</b>	<b>26</b>
<b>Tabela 3 - Comparativo Siemens AP2620 e Cisco Aironet 1850 Series ....</b>	<b>37</b>
<b>Tabela 4 - Tabela de comparação 802.11.ac Wave2, Wave1 e 802.11n.....</b>	<b>46</b>



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	<i>Access Point</i>
ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode</i>
BYOD	<i>Bring Your Own Device</i>
CMX	<i>Connected Mobile Experiences</i>
CSMA/CA	<i>Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance</i>
dBi	<i>Decibel Isotrópico</i>
dBm	<i>Decibel Milliwatt</i>
DSSS	<i>Direct Sequence Spread Spectrum</i>
FDDI	<i>Fiber Distributed Data Interface</i>
FHSS	<i>Frequency Hopping Spread Spectrum</i>
GHz	<i>Giga-Hertz</i>
Hi-Fi	<i>High Fidelity</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i>
ISE	<i>Identity Services Engine</i>
ISO	<i>International Standardization Organization</i>
LAG	<i>Link Aggregation</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
LAPB	<i>Link Access Procedure Balanced</i>
LLC	<i>Logical Link Control</i>
MAC	<i>Media Access Control</i>
Mbps	<i>Megabit por Segundo</i>
MCS	<i>Modulation &amp; Coding Scheme</i>
MIMO	<i>Multiple-Input Multiple-Output</i>
MU	<i>Multiusuário</i>
mW	<i>Miliwatt</i>
PDU	<i>Protocol Data Unit</i>
PHY	<i>Physical Layer</i>
PoE	<i>Power Over Ethernet</i>
PPP	<i>Point-to-Point Protocol</i>
RM-OSI	<i>Reference Model – Open System Interconnecttion</i>

RSSI	<i>Received Signal Strength Indicator</i>
SM	<i>Spatial Multiplexing</i>
SNR	<i>Signal to Noise Ratio</i>
SSID	<i>Service Set Identifier</i>
STTD	<i>Space Time Transmit Diversity</i>
SU	<i>Single-User</i>
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1. OBJETIVOS.....</b>	<b>13</b>
1.1.1. Objetivo geral.....	13
1.1.2. Objetivo específico.....	13
1.1.3. Justificativa .....	13
1.1.4. Metodologia.....	13
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1. REDE SEM FIO .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2. WIFI.....</b>	<b>15</b>
<b>2.3. Protocolos IEEE .....</b>	<b>16</b>
2.3.1. IEEE 802.11-1997 .....	16
2.3.2. IEEE 802.11b .....	17
2.3.3. IEEE 802.1a .....	17
2.3.4. IEEE 802.11g .....	17
2.3.5. IEEE 802.11n .....	17
2.3.6. IEEE 802.11ac.....	18
2.3.7. IEEE 802.11ad .....	18
<b>2.4. Estrutura de camadas padrão 802.11 .....</b>	<b>19</b>
2.4.1. Camada 1 – Física.....	20
2.4.2. Camada 2 – Enlace .....	20
<b>3. ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1. AMBIENTE ATUAL .....</b>	<b>21</b>
<b>3.2. AMBIENTE PROPOSTO .....</b>	<b>23</b>
3.2.1. Levantamento de testes de desempenho.....	23
3.2.2. Metodologia.....	23
3.2.3. Pesquisa ativa.....	24
3.2.4. Pesquisa passiva.....	24
3.2.5. Ferramentas .....	24

3.2.6.	Requisitos de Implantação .....	26
3.2.7.	Posicionamento dos APs.....	26
3.2.8.	Cobertura total do sinal .....	27
3.2.9.	Taxa de conexão física estimada .....	28
3.2.9.1.	PHY .....	29
3.2.9.2.	RSSI.....	29
3.2.9.3.	SNR.....	30
3.2.9.4.	MCS .....	30
3.2.10.	Relação sinal/ruído (SNR).....	31
3.2.11.	Saúde da rede .....	32
3.2.12.	Instalação dos pontos de acesso.....	34
3.2.13.	Coletores .....	35
3.3.	Equipamentos .....	37
3.3.1.	Access Point .....	37
3.3.2.	Características e benefícios do novo equipamento .....	39
3.3.2.1.	MIMO.....	39
3.3.2.1.1.	Transmissão por Diversidade de Espaço-Tempo .....	40
3.3.2.1.2.	Multiplexação Espacial .....	41
3.3.2.2.	MU MIMO .....	42
3.3.2.2.1.	MU-MIMO e quantidade de antenas .....	43
3.3.2.2.2.	Implementações MU-MIMO.....	43
3.3.2.2.3.	Vantagens do MU-MIMO .....	44
3.3.2.3.	SU-MIMO .....	45
3.3.2.4.	802.11ac Wave 2 .....	45
3.3.2.5.	Beamforming .....	46
3.3.2.5.1.	Funcionamento do beamforming.....	47
3.3.3.	Antenas externas.....	47
3.4.	INFRAESTRUTURA ATUALIZADA .....	52
3.4.1.	ETAPAS DA IMPLEMENTAÇÃO .....	52
3.5.	TECNOLOGIA E SERVIÇOS IMPLEMENTADOS .....	52
3.5.1.	Tecnologia.....	52
3.5.2.	Serviços.....	53
3.6.	ANALISE DO AMBIENTE PÓS IMPLEMENTAÇÃO .....	58

3.6.1. Cobertura total do sinal .....	58
3.6.2. Taxa de conexão física estimada .....	59
3.6.3. Saúde da rede .....	60
3.6.4. Qualidade de sinal .....	62
4. TRABALHOS FUTUROS .....	63
5. CONCLUSÃO.....	63
6. REFERENCIAS .....	65

## 1. INTRODUÇÃO

As redes sem fio vêm facilitar a conectividade, oferecendo mobilidade e liberdade aos usuários. Nas redes corporativas não é diferente, com o número crescente de dispositivos móveis as redes sem fio tornaram-se uma tecnologia essencial para qualquer organização, é importante ter acessos às informações em tempo real, sem ter barreira de local e a necessidade de conexão por cabo.

Através dos estudos realizados neste trabalho, serão demonstradas as principais vantagens obtidas com o uso de equipamentos corporativos para redes sem fio que possuem algumas das principais tecnologias disponíveis no momento. Este projeto tem como objetivo analisar o impacto positivo gerado no aspecto de desempenho, disponibilidade e segurança em um ambiente corporativo que utilize tecnologias atuais em relação ao ambiente anterior implementado em 2009.

As inovações são freqüentes, o mundo tecnológico está em constante evolução. Nas redes sem fio a última evolução já em uso é o padrão 802.11ac, importante mudança na rede Wi-Fi no mundo corporativo. As redes sem fio vêm aumentando a velocidade de maneira surpreendente e estão se tornando o principal mecanismo de acessos às redes corporativas.

## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1. Objetivo geral

Será realizado o mapeamento das funcionalidades e principalmente do desempenho de um ambiente de rede sem fio corporativa, comparando antes e depois da atualização dos equipamentos que possuam tecnologias atuais do mercado.

### 1.1.2. Objetivo específico

- Realizar a comparação dos equipamentos.
- Expor através de imagens/gráficos a cobertura atual e a nova cobertura após a implementação dos novos equipamentos.
- Apresentar ao final da implantação os testes realizados no novo ambiente, comprovando as melhorias.

### 1.1.3. Justificativa

Com infraestrutura de aproximadamente sete anos, foi preciso realizar novos estudos do ambiente, pois conexão mais alta, maior disponibilidade, gerencia e segurança são essenciais. Há no mercado equipamentos com novas tecnologias, oferecendo novos serviços que suprem as necessidades atuais das organizações. Serão feitas análises criteriosas com novos tipos de equipamentos, observando cobertura de sinal, taxa de conexão, relação sinal/ruído, etc.

### 1.1.4. Metodologia

Este projeto será baseado na análise de dados do ambiente efetuado antes e após instalação dos equipamentos. Serão fundamentados em pesquisas bibliográficas através de livros, livros digitais, sites de fabricantes, fornecedores, manuais de equipamentos, etc. Conteúdos e conhecimentos são

disponibilizados na internet, serão feitas pesquisas com o intuito de filtrar conteúdos pertinentes com o tema abordado.

Com relação ao estudo de caso, a pesquisa será realizada com base na análise do ambiente feita pela empresa fornecedora da solução. Dúvidas com relação ao estudo poderão surgir, foi disponibilizado um canal direto com a equipe que efetuou todo o levantamento.

Após finalizado e validado a nova infraestrutura, serão demonstradas telas com os novos serviços. Alguns permanecerão inativos no momento, pois atualmente não há demanda.



## 2. REFERENCIAL TEÓRICA

### 2.1. REDE SEM FIO

Até alguns anos atrás, somente era possível interconectar computadores por meio de cabos. Este tipo de conexão é bastante popular, mas conta com algumas limitações, por exemplo: só se pode movimentar o computador até o limite de alcance do cabo; ambientes com muitos computadores podem exigir adaptações na estrutura do prédio para a passagem dos fios; em uma casa, pode ser necessário fazer furos na parede para que os cabos alcancem outros cômodos; a manipulação constante ou incorreta pode fazer com que o conector do cabo se danifique. Felizmente, as redes sem fio (*wireless*) Wi-Fi surgiram para eliminar estas limitações. (ALECRIM, 2013)

### 2.2. WIFI

O termo Wi-Fi é uma marca registrada pela Wi-Fi Alliance, porém, a expressão é um sinônimo para a tecnologia IEEE 802.11. Esse tipo de rede permite a conexão entre diversos dispositivos sem o uso fio. O termo “Wi-Fi”, atualmente muito usado, não possui uma definição específica. A expressão Wi-Fi surgiu baseada na expressão High Fidelity (Hi-Fi), e está sendo usada desde a década de 50, ao ser lançado pela indústria fonográfica. Portanto, o termo Wi-Fi é a contração das palavras Wireless Fidelity.(POZZEBOM,2016)

Como você já sabe, a tecnologia é baseada no padrão IEEE 802.11, no entanto, isso não quer dizer que todo produto que trabalhe com estas especificações seja também Wi-Fi. Para que um determinado produto receba um selo com esta marca, é necessário que ele seja avaliado e certificado pela Wi-Fi Alliance. Esta é uma maneira de garantir ao usuário que todos os produtos com o selo *Wi-Fi Certified* seguem normas de funcionalidade que garantem a interoperabilidade com outros equipamentos. (ALECRIN, 2013)

### 2.3. Protocolos IEEE

Os protocolos IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) da camada física da arquitetura Wi-Fi são: IEEE 802.11-1997, IEEE 802.11b, IEEE 802.11a, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n, IEEE 802.11ac e IEEE 802.11ad. Estes protocolos têm a função de definir as taxas de transferências máximas teóricas, ou seja, largura de banda da rede.

Na tabela 1 podemos comparar as especificações de cada protocolo IEEE 802.11.

**Tabela 1 - Comparação entre os protocolos**

Protocolo	Taxa de transferência	Frequência	Modo
802.11-1997	2 Mbps	2,4 GHz	FHSS ou DSSS
802.11b	11 Mbps	2,4 GHz	DSSS
802.11a	54 Mbps	5 GHz	OFDM
802.11g	54 Mbps	2,4 GHz	OFDM
802.11n	600 Mbps <sup>1</sup>	2,4 GHz ou 5 GHz	MIMO-OFDM
802.11ac	7 Gbps <sup>2</sup>	5 GHz	MIMO-OFDM
802.11ad	7 Gbps	60 GHz	MIMO-OFDM

1 - na prática só foram lançados equipamento de até 450 Mbps

2 - na prática só serão lançados equipamentos de até 3,47 Gbps

**Fonte: TORRES (2014)**

#### 2.3.1. IEEE 802.11-1997

A primeira especificação de camada física usada por redes IEEE 802.11 recebia este mesmo nome (repare que não há nenhuma letra após o termo “IEEE 802.11”) e foi lançada em 1997. Para evitar confusão, alguns autores referem-se a esta especificação como IEEE 802.11-1997 ou IEEE 802.11 Legacy. Esta especificação permitia três tipos de modo de transferência: FHSS, DSSS e Infravermelho. Ambas as técnicas de transmissão sem fio por ondas de rádio só tinham duas velocidades de transmissão possíveis, 1 Mbps ou 2 Mbps, e operavam na faixa de frequência de 2.4 GHz. (TORRES, 2014)

### 2.3.2. IEEE 802.11b

Frequência de 2.4 GHz, com capacidade teórica de 11 Mbps. Sua vantagem é o alcance, mas o quesito velocidade é uma desvantagem neste padrão. Sua aplicação costuma ser em ambientes domésticos, onde a velocidade não costuma ser de grande importância. Outra desvantagem é a alta interferência na transmissão e recepção, pois telefones sem fio, dispositivos Bluetooth e fornos micro-ondas também operam nesta mesma frequência.

### 2.3.3. IEEE 802.11a

Frequência de 5 GHz, com capacidade teórica de 54 Mbps. Suas vantagens são a velocidade e a ausência de interferências, suas desvantagens são, o alcance que costuma não ser grande e a incompatibilidade com os padrões dos Access Points 802.11b e 802.11g, o que não ocorre com equipamentos cliente, pois o padrão 802.11a é compatível com o 802.11b e 802.11g.

### 2.3.4. IEEE 802.11g

Frequência de 2.4 GHz, com capacidade teórica de 54 Mbps. Possui semelhança como o 802.11b, a velocidade é o diferencial, pois costuma ser melhor, é usado geralmente em residências e empresas de pequeno porte.

### 2.3.5. IEEE 802.11n

Frequência de 2.4 GHz e 5 GHz, com capacidade teórica de 300 Mbps. Possui a tecnologia MIMO (multiple input, multiple output) que utiliza múltiplos transmissores e receptores para transferência de dados ao mesmo tempo.

### 2.3.6. IEEE 802.11ac

Frequência de 5 GHz, com capacidade teórica de 6.922 Gbps. Este padrão utiliza múltiplas conexões de alta velocidade para transferência de dados, não propagando ondas de maneira uniforme em todas as direções como nas demais tecnologias. Como este avanço é possível comunicar simultaneamente com diversos clientes conectado ao AP sem que haja interrupções.

Similar ao 802.11n e totalmente compatível, entretanto opera apenas na faixa de 5 GHz, porém placas de rede e APs 802.11ac geralmente tem um segundo circuito de rádio de 2.4 GHz, permitindo assim operação com os protocolos 802.11g, 802.11b e 802.11-1997.

Visando aumentar a taxa de transmissão, o padrão 802.11ac explora entre outros, o aumento da largura de banda utilizada, possibilitando uso de canais de 80 MHz e 160 MHz.

De acordo com LOBO, 2014. Os benefícios decorrentes da nova tecnologia são:

Maior rapidez na transmissão de dados, aumentando o rendimento da rede sem fio. Utilizando o MU-MIMO é possível utilizar múltiplos transmissores e receptores para transferir maior fluxo de dados ao mesmo tempo.

Melhor taxa por distância, ou seja, os dispositivos com a tecnologia 802.11ac terão maiores velocidades comparadas aos dispositivos que possuem 802.11n.

Devido às altas taxas de transmissão, o meio estará livre mais rapidamente, possibilitando um maior número de clientes conectados simultaneamente. Com maior velocidade de transmissão, os dispositivos como smartphones e tablets estarão transmitindo por menos tempos, conseqüentemente haverá menos consumo de bateria.

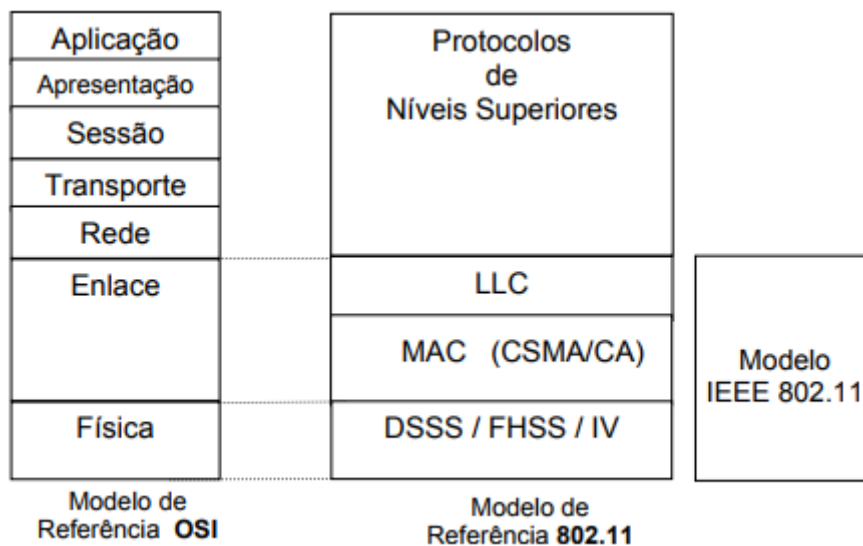
### 2.3.7. IEEE 802.11ad

Frequência de 60 GHz para alcançar taxa de transferências mais elevadas, de até 7 Gbps. Apesar de ter a mesma taxa de transferência teórica que o 802.11ac, o padrão 802.11ad utilizará canais de 2,16 GHz, com isso, haverá maior largura de banda disponível e a taxa de 7 Gbps poderá se obtida já no seu lançamento.

#### 2.4. Estrutura de camadas padrão 802.11

A figura 1 ilustra as camadas do padrão IEEE 802.1, comparando com o modelo RM-OSI da ISO (Reference Model – Open System Interconnection of the International Standardization Organization).

**Figura 1 - Estrutura das camadas do padrão IEEE 802.11**



**Fonte: PUC-Rio**

O modelo 802.11 abrange as camadas Física e de Enlace em relação ao modelo OSI. Entendendo a função de cada camada envolvida.

De acordo com (MACEDO, 2012) a definição de Camada 1 e Camada 2 são:

#### 2.4.1. Camada 1 – Física

A Camada 1 só entende sinais de bits, chegando como pulsos elétricos que são 0 (tensão negativa) ou 1 (tensão positiva).

São definidas as utilizações dos cabos e conectores, bem como o tipo de sinal como, pulsos elétricos (coaxial) e pulsos de luz (ótico).

Tem basicamente a função de receber os dados e iniciar o processo ou o inverso, inserir os dados e finalizar o processo.

Dispositivos: cabos, conectores, hubs, etc.

PDU: bits.

#### 2.4.2. Camada 2 – Enlace

A Camada 2 recebe os dados formatados da Camada 1, os bits, e faz o tratamento, convertendo em sua unidade de dados (pacotes) para ser encaminhado para a Camada 3 (Rede).

Esta camada detecta e, opcionalmente, corrige erros que possam acontecer no nível físico. É responsável pela transmissão e recepção (delimitação) de quadros e pelo controle de fluxo.

Aqui encontramos o endereço físico, o MAC (Media Access Control).

Resumindo, a função desta camada é ligar os dados de um host a outro, fazendo isso através de protocolos definidos para cada meio específico por onde os dados são enviados.

Protocolos: PPP, Ethernet, FDDI, ATM, Token Ring, LAPB, NetBios.

Dispositivos: switches, placa de rede, interfaces., etc.

PDU: quadro.

### 3. ESTUDO DE CASO

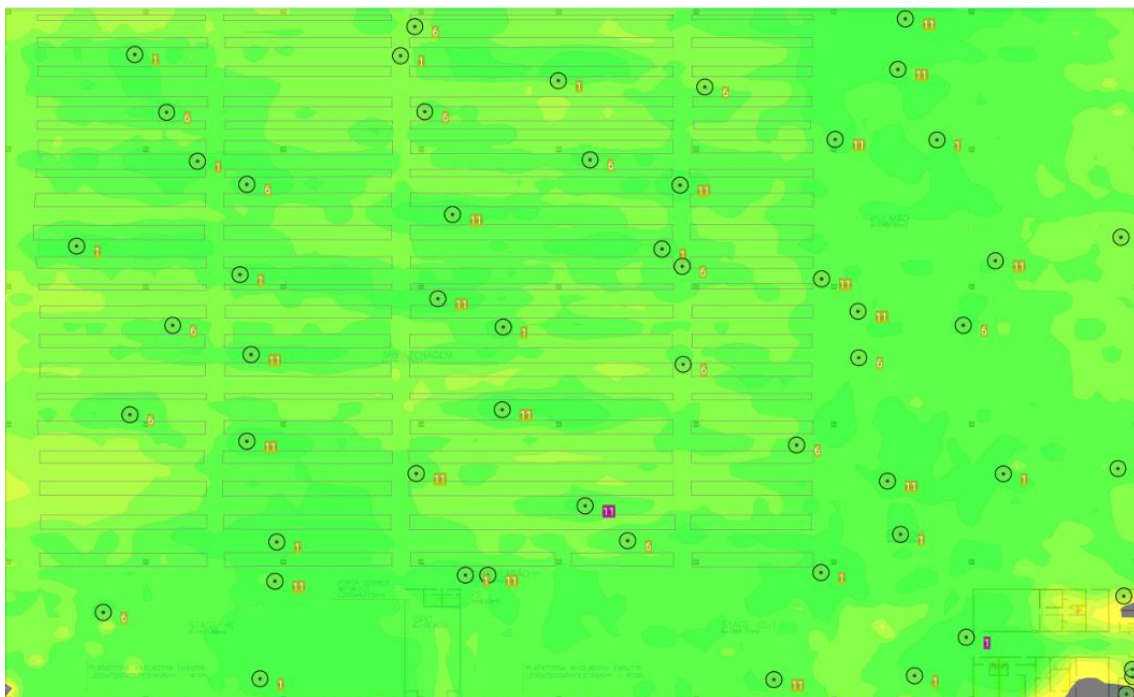
### 3.1. AMBIENTE ATUAL

Infraestrutura está instalada em um galpão de armazenagem de produtos eletrônicos, em uma área de aproximadamente 28,476.6 m<sup>2</sup>. As redes sem fio são utilizadas principalmente por coletores de código de barras, simultaneamente podendo ter cerca de 50 coletores conectados, utilizando a aplicação de produção.

Devido ao tempo e a necessidade da implementação de novas tecnologias, serão substituídas por uma nova infraestrutura que atenderão o crescimento das demandas corporativas. A mudança disponibilizará novas tecnologias, entre elas, a possibilidade de utilizar equipamento que operam em 5 GHz, o que não é possível na atual infraestrutura. Também será disponibilizada conexão no padrão IEEE 802.11ac.

Na figura 2 (planta baixa) é possível notar número elevado de APs, modelo Siemens 2620. Os novos dispõem de tecnologias mais recentes, estas serão mencionadas no decorrer dos capítulos. Alterada a arquitetura física com a instalação dos equipamentos na altura entre 6 a 4 metros, as atuais estão a aproximadamente 15 metros de altura, com isso os acessos estarão mais próximos aos clientes, aproveitamento melhor a emissão das ondas de rádio com maior potência e qualidade de sinal.

**Figura 2 - Planta baixa da infraestrutura a ser realizada**



**Fonte: Autoria própria**

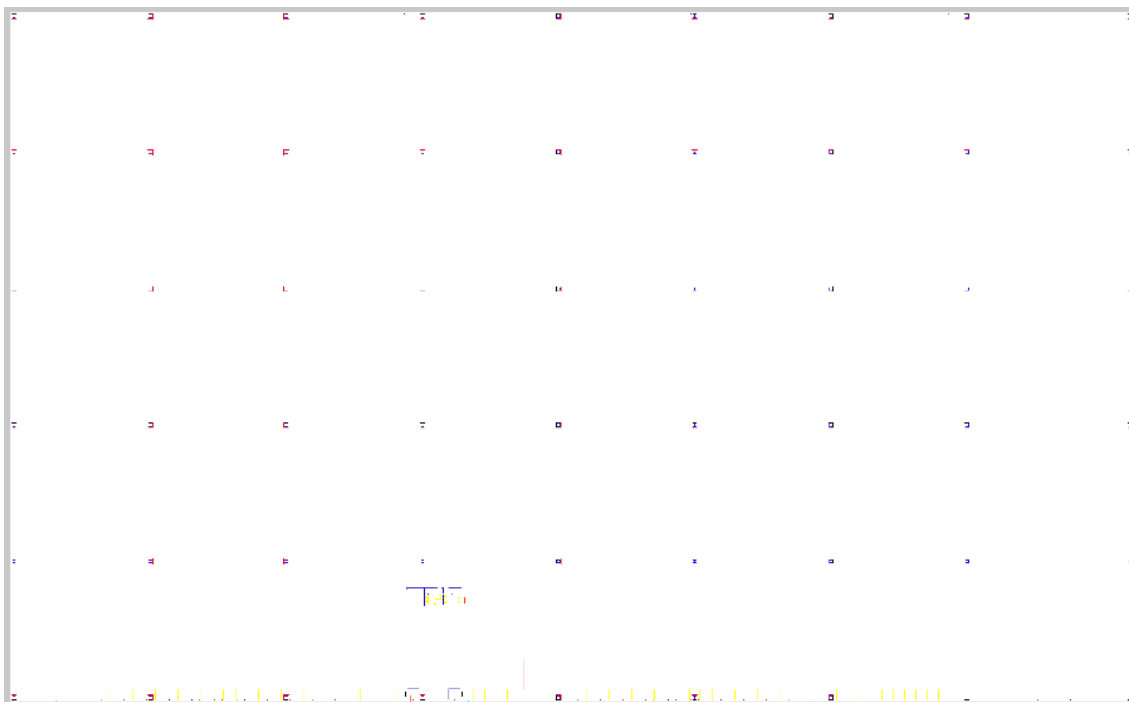


## 3.2. AMBIENTE PROPOSTO

### 3.2.1. Levantamento e testes de desempenho

Na figura 3 é exibida a visão geral da planta.

**Figura 3 - Planta baixa do galpão**



**Fonte: Autoria própria**

### 3.2.2. Metodologia

O objetivo desta pesquisa é realizar uma verificação pontual do ambiente a fim de estabelecer que a infraestrutura sem fio seja capaz de atender às necessidades dos clientes.

Realizada diversas análises visando permitir melhor detalhamento e coleta de dados abrangentes, feito pesquisas ativas e passivas a fim de determinar a cobertura da frequência Wi-Fi no ambiente.

### 3.2.3. Pesquisa ativa

Realizada na banda de 2.4GHz utilizando a NIC do notebook DELL Latitude 3450, Intel(R) Dual Band Wireless-AC 7265.

### 3.2.4. Pesquisa passiva

Realizada nas bandas de 2.4GHz e 5GHz utilizando três NIC Ekahau NIC-300 USB e uma placa USB para análise de espectro de rádio frequência Ekahau Spectrum Analyzer Model III (figura 4).

**Figura 4 - Equipamentos para medição Ekahau**



Fonte: [optrics.com](http://optrics.com)

### 3.2.5. Ferramentas

Realizado análise do ambiente utilizando as seguintes ferramentas:

- Ekahau Site Survey Pro 8.6.2
- Ekahau Spectrum Analyzer Model III
- Adaptador para análise de espectro de rádio frequência nas bandas de 2.4 GHz e 5 GHz
- Adaptador Wireless Dual Band 802.11a/b/g/n/ac Ekahau NIC-300 USB

- Adaptador para análise de rádio frequência nas bandas de 2.4 GHz e 5 GHz
- Ponto de Acesso Cisco AIR-CAP2702E
- Antena setorial AIR-ANT2566P4W-R (figura 5).

**Figura 5 - Antena setorial AIR-ANT2566P4W-R**



**Fonte: cisco.com**

- Antena Omni AIR-ANT2535SDW-R (figura 6)

**Figura 6 - Antena Omni AIR-ANT2535SDW-R**










**Fonte: cisco.com**

- Bateria TerraWave MIMO/802.3af modelo TW-SSBP-007. (PoE)
- Mastro de extensão TerraWave modelo TWS-SSRO. (Até 03 Metros)
- Escada móvel para auxiliar na simulação da altura do ponto de acesso.

### 3.2.6. Requisitos de Implantação

Survey foi realizado utilizando APs modelos AIR-CAP2702E, operando nos padrões 802.11a/b/g/n e ac, com potência de transmissão configurada com 19dBm (80mW), considerando os limiares informados na tabela 2.

**Tabela 2 - Informações de limiares para realização do survey**

	Signal Strength Min	-75.0 dBm	
	Signal-to-noise Ratio Min	10.0 dB	
	Data rate Min	2 Mbps	
	Number of Access Points Min	2	at min. -85.0 dBm
	Channel Overlap Max	3	at min. -80.0 dBm
	Round Trip Time (RTT) Max	500ms	
	Packet Loss Max	10.0 %	

Fonte: Autoria própria

### 3.2.7. Posicionamento dos APs

Para uma melhor orientação na execução, as prateleiras foram desenhadas no layout. A figura 7 exhibe esboço do layout com as prateleiras, isto auxiliará na orientação de onde os pontos deverão ser instalados.

Definidos 19 APs para atender todo o ambiente.

- 19 APs AIR-CAP2702E com as seguintes antenas:
  - 14 antenas omni AIR-ANT2544V4M-R
  - 5 antenas setoriais ANT2566P4W-R

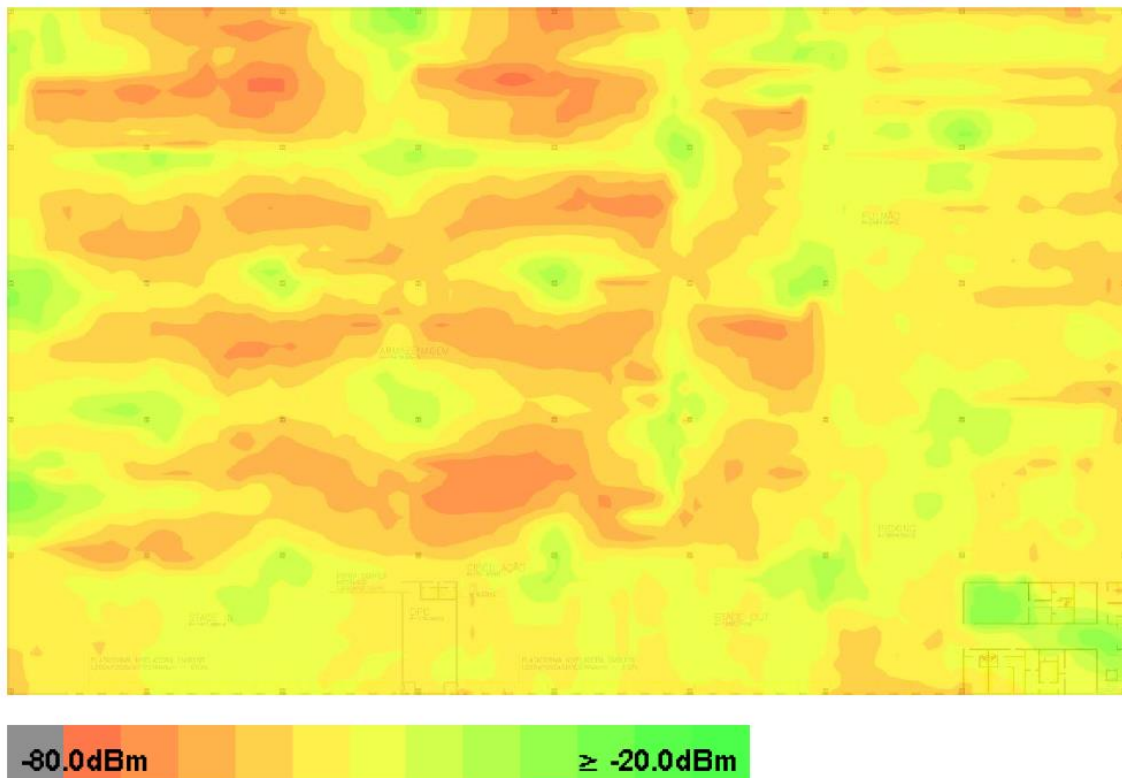
**Figura 7 - Planta baixa com disposição dos APs**

Fonte: Autoria própria

### 3.2.8. Cobertura total do sinal

A figura 8 exibe a cobertura do sinal (em dBm) em cada ponto no layout do mapa. Como regra geral, as regiões com níveis de sinal abaixo do limiar apresentado fornecem a cobertura insuficiente para o uso padrão (este valor pode variar dependendo das necessidades do usuário, acordos de nível de serviço, aplicações utilizadas, número de usuários atendidos, etc.)

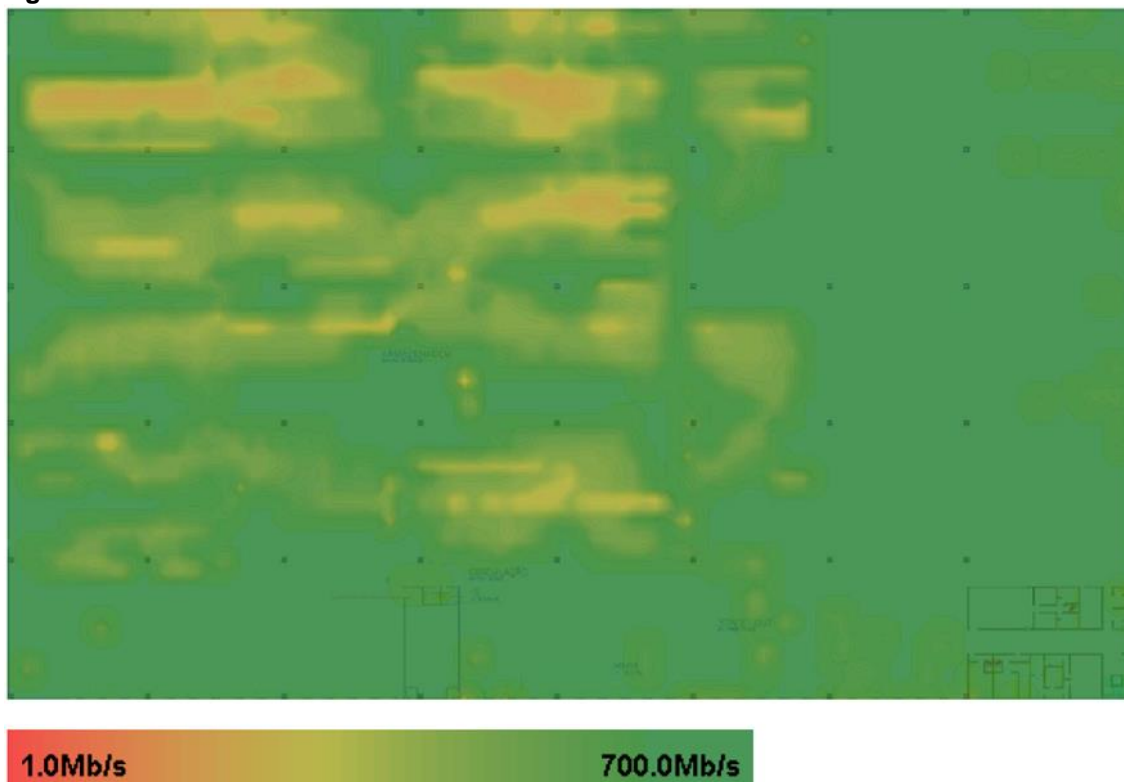
Figura 8 - Cobertura total do sinal (em dBm)



Fonte: Autoria própria

### 3.2.9. Taxa de conexão física estimada

A figura 9 exibe a taxa de dados física (PHY) estimada. Esta é a taxa de transmissão de dados estimada com base no indicador de força de sinal recebido (RSSI), relação sinal-ruído (SNR) e índice MCS medidos durante o estudo. A Taxa de dados PHY fornece conhecimento direto sobre a forma como a rede suportará seus clientes, a mesma depende de vários fatores, tais como relação sinal-ruído (o qual determina a MCS), largura do canal, o número de usuários conectados, etc.

**Figura 9 - Taxa de conexão física estimada**

Fonte: Autoria própria

#### 3.2.9.1. PHY

PHY (Camada Física) tem a função de codificar e decodificar sinais, gerar e remover parâmetros para sincronização, receber e transmitir bits e incluir especificação dos meios de transmissão. Nesta camada, o 802.11 definem uma série de padrões de transmissão e codificação para comunicações sem fio.

#### 3.2.9.2. RSSI

RSSI (Received Signal Strength Indicator), também conhecido como Indicador de potência do sinal, é a denominação dada à força do sinal de um ambiente de rede sem fio. As medições RSSI é um índice relativo, diferentemente do dBm que é absoluto, porém ambos indicam intensidade de sinal. Estas medições representam a qualidade relativa do sinal recebida em um dispositivo, indica o nível de potência recebido após qualquer perda possível, seja em antenas ou cabos. Maior valor RSSI significa maior intensidade de sinal.

Dependendo do dispositivo e do sistema que é utilizado pode ser determinado de forma diferente, é baseado na intensidade do sinal e na margem de SNR. Geralmente, o sinal é utilizável quando a qualidade for superior ao nível de 25 a 30% (figura 10). Quando a medição é feita em números negativos o que tiver mais perto do zero geralmente significa um sinal melhor.

**Figura 10 - Níveis de sinal**



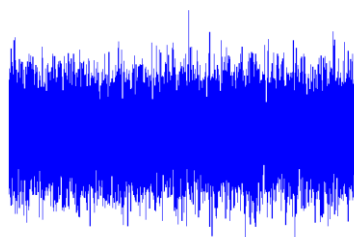
**Fonte: NetSpot**

### 3.2.9.3. SNR

SNR (Signal to noise ratio) é a relação entre o sinal e o ruído (figura 11). Todo sinal recebido será proveniente de um ruído referenciado, onde há sinal, há ruído.

**Figura 11 - SNR**

$$\text{SNR} = \text{Sinal} / \text{Ruído}$$



**Fonte: BARION (2015)**

### 3.2.9.4. MCS

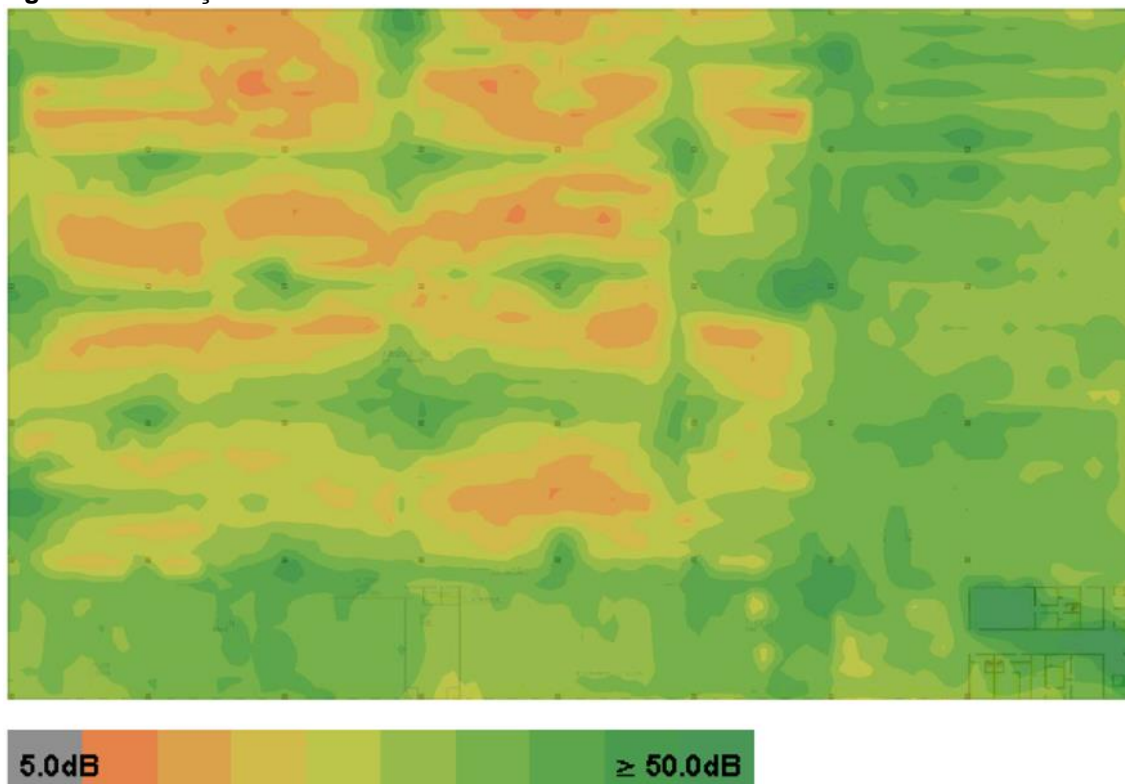


MCS (Modulation & Coding Scheme) refere-se à modulação e codificação com diversos graus de complexidades. Com o sinal estão mais fortes, os dados podem ser transmitidos de forma mais complexas, conseqüentemente com maior taxa de transferência de dados. Porém devido à maior complexidade e conexões mais rápidas também são mais sujeitos a interferências, com o enfraquecimento do sinal, o dispositivo sem fio passa a usar MCSs menos complexos, mais lentos para garantir a integridade da conexão.

Fundamentalmente a adaptação de taxa de transmissão é um ajuste sem fim em busca da taxa de transmissão de dados mais eficiente com um nível adequado de confiabilidade. Isso é especialmente verdadeiro com o 802.11n, que atribui uma grande quantidade a mais de escolhas de taxas de transmissão de dados. (LOMBARDI, 2012)

#### 3.2.10. Relação sinal/ruído (SNR)

O sinal WIFI necessita ser maior que o ruído para tornar a comunicação possível. A figura 12 apresenta quanto mais forte é o sinal, caso seja apenas pouco mais forte que o ruído, problemas de comunicação poderão se encontrados.

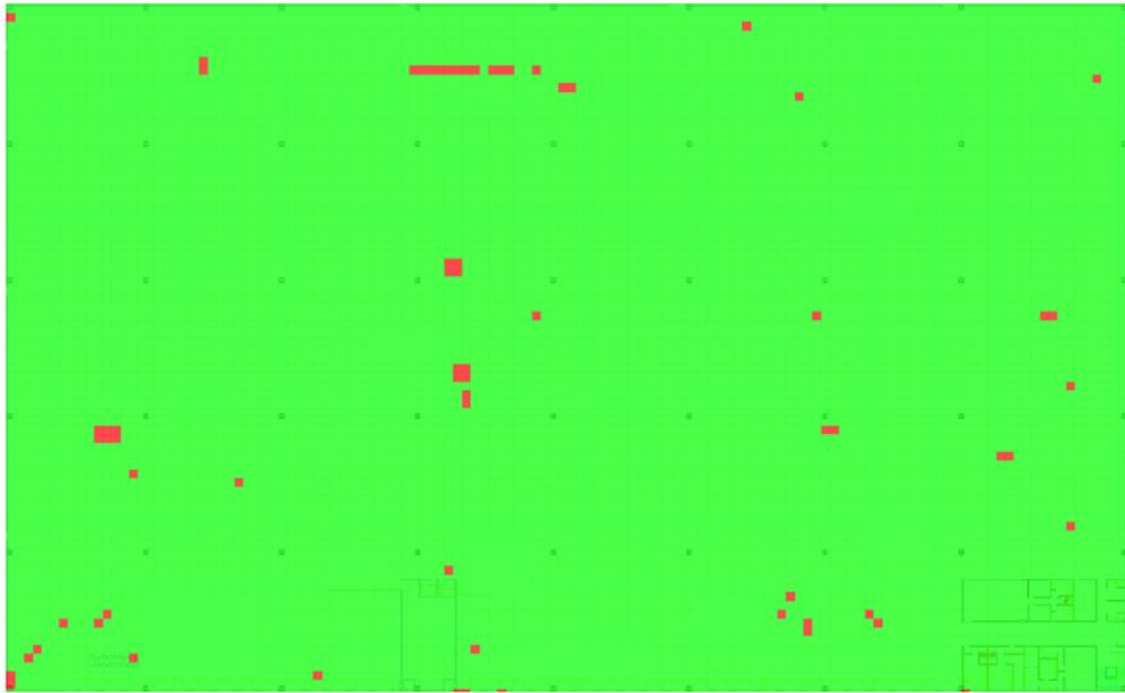
**Figura 12 - Relação sinal/ruído**

Fonte: Autoria própria

### 3.2.11. Saúde da rede

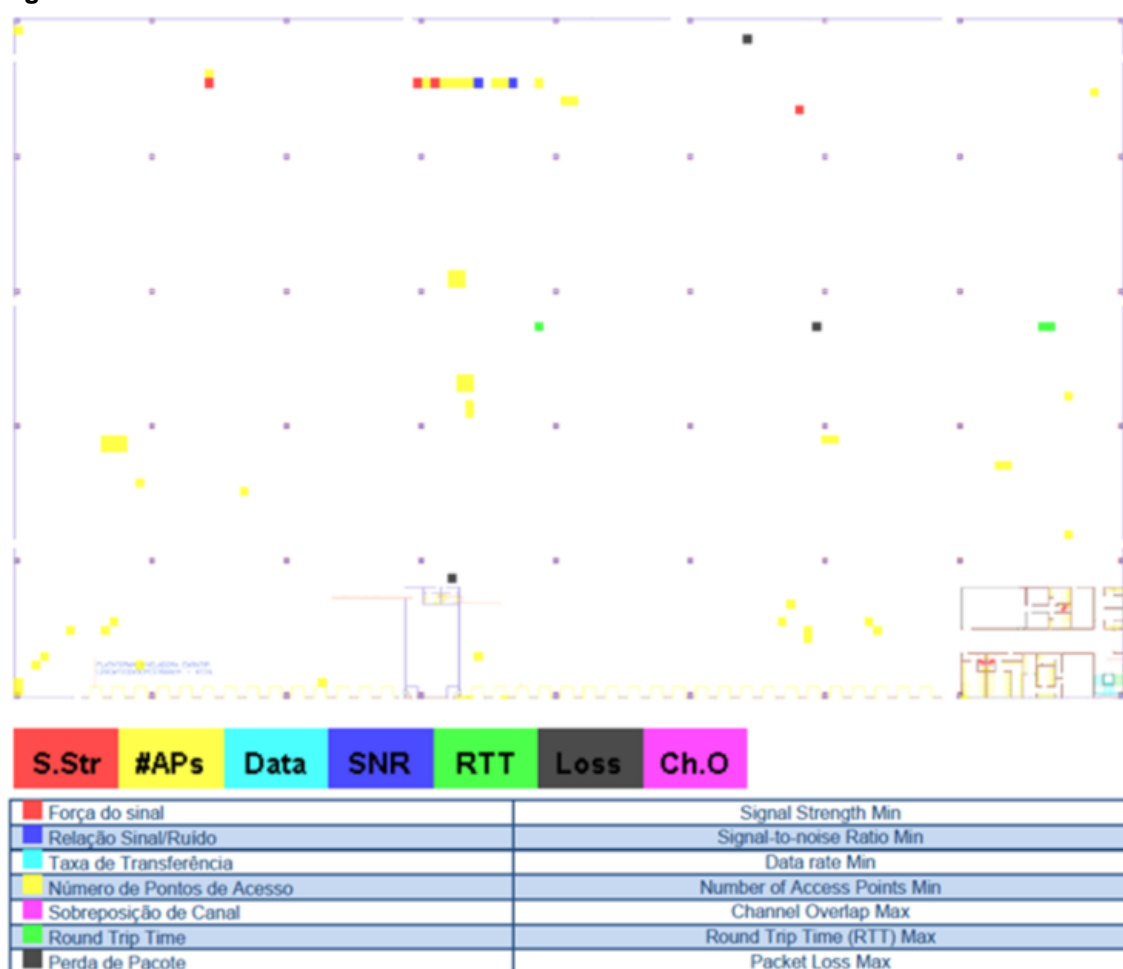
Dados coletados durante o processo de análise em relação aos requisitos fornecidos pelo gestor do projeto, visando fornecer visão abrangente de quais partes da rede não atenderam as necessidades propostas no escopo inicial. A figura 13 exibe uma visão detalhado do resultado. A figura 14 apresenta o motivo de algumas áreas estarem abaixo dos limiares do projeto.

Figura 13 - Visão detalhado do resultado



Fonte: Autoria própria

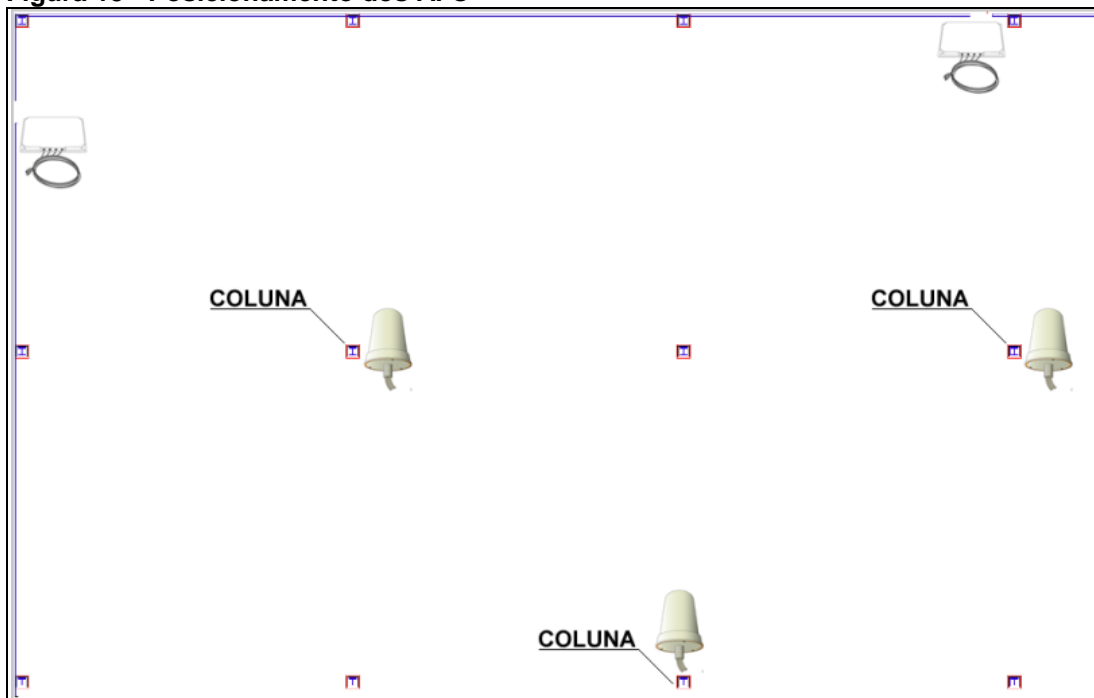
Figura 14 - Motivo das falhas



Fonte: Autoria própria

### 3.2.12. Instalação dos pontos de acesso

Os APs e antenas serão instalados o mais próximo da forma indicada no survey (figura 15), isto garantirá que a cobertura de sinal de todos os AP atenda as áreas solicitadas. Utilizado com referências locais onde os equipamentos poderão ser fixados, como colunas de sustentação, paredes ou perfilados ramificando de eletro calhas.

**Figura 15 - Posicionamento dos APs**

Fonte: Autoria própria

### 3.2.13. Coletores

Os clientes majoritariamente são coletores, operam com frequências de 2.4 GHz, existem três modelos utilizados conforme figura 16, porém dois desses operam com a potência de transmissão máxima igual a 100 mW e o terceiro opera com a potência de transmissão máxima de 125 mW.

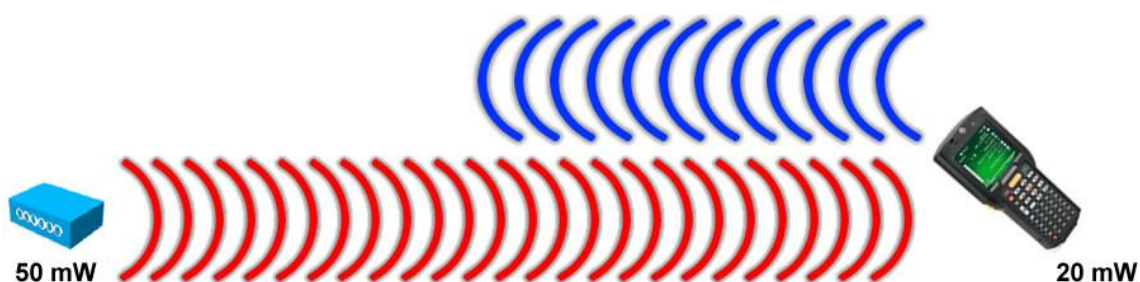
**Figura 16 - Coletores**



**Fonte: Aatoria própria**

Os pontos de acesso devem atender as potências de transmissão máximas dos clientes, para que não ocorra o efeito chamado de “Near-far effect” (figura 17). Esse efeito ocorre quando o ponto de acesso opera em uma potência de transmissão diferente do cliente.

**Figura 17 - Ilustração Near-far effect**



**Fonte: Aatoria própria**

Para atender os requisitos, o survey foi realizado na potência de transmissão mais baixa, para que os coletores dos modelos MC3090 e MC3190 que operam com menor potência de transmissão possam receber e transmitir os sinais

com qualidade. O ponto de acesso utilizado foi parametrizado com potência de 80 mW (19 dBm).

Existem alguns pontos que poderão ser utilizados esporadicamente por notebooks que venham a operar nas frequências 2.4 e 5 GHz, tal consideração foi levada em conta na para garantir que estes dispositivos sejam atendidos.

### 3.3. Equipamentos

#### 3.3.1. Access Point

O AP Siemens 2620 possui menor potência de transmissão, de 18.5 dBm e 18 dBm utilizando duas antenas omnidirecionais. O Cisco 1850 Series possui maior potência de transmissão, 23 dBm, utilizando 4 antenas. Alguns comparativos podem ser vistos na tabela 3.

**Tabela 3 - Comparativo Siemens AP2620 e Cisco Aironet 1850 Series**

SIEMENS - AP2620	CISCO Aironet 1850 Series
<b>Data Rate</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 802.11a</li> <li>• 802.11b</li> <li>• 802.11g</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 802.11a</li> <li>• 802.11g</li> <li>• 802.11n</li> <li>• 802.11ac</li> </ul>

Antena	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Duas antenas externas</li> <li>• 2.4 / 5.0 GHz - 4 / 5 dBi Gain (Omni)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antena separadamente</li> <li>• Certificado para uso com ganhos de antena até 6 dBi (2,4 GHz e 5 GHz)</li> <li>• Cria um padrão de cobertura de 360 graus. O padrão circular abrange áreas amplas. Teto ou poste de mastro montado</li> </ul>
Capacidades 802.11ac Wave 1 e 2	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MIMO 4x4 com quatro fluxos espaciais, single-user MIMO</li> <li>• MIMO 4x4 com três fluxos espaciais, multiuser MIMO</li> <li>• 802.11ac beamforming (transmissão beamforming)</li> </ul>
Potência de transmissão	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2.4 GHz 802.11b/g: 18.5 dBm</li> <li>• 5 GHz 802.11a: 18dBm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2.4 GHz 802.11b: 22 dBm, 3 antenas 802.11g: 22 dBm, 3 antenas 802.11n (HT20): 22 dBm, 3 antenas</li> <li>• 5 GHz 802.11a: 23 dBm, 4 antenas 802.11n (HT20): 23 dBm, 4 antenas 802.11n (HT40): 23 dBm, 4 antenas 802.11ac: non-HT80: 23 dBm, 4 antenas VHT20: 23 dBm, 4 antenas VHT40: 23 dBm, 4 antenas VHT80: 23 dBm, 4 antenas</li> </ul>
Operação	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temp. Operação: 5° C a 40° C</li> <li>• Umidade (sem condensação): 10 a 95 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temp. Operação: -20° C a 50° C</li> <li>• Umidade (sem condensação): 10 a 90 %</li> </ul>

Fonte: HiPath Wireless Access Points e Cisco Aironet 1850 Series Access Points



### 3.3.2. Características e benefícios do novo equipamento

Principais características, benefícios e tecnologias dos equipamentos que serão instalados na nova infraestrutura.

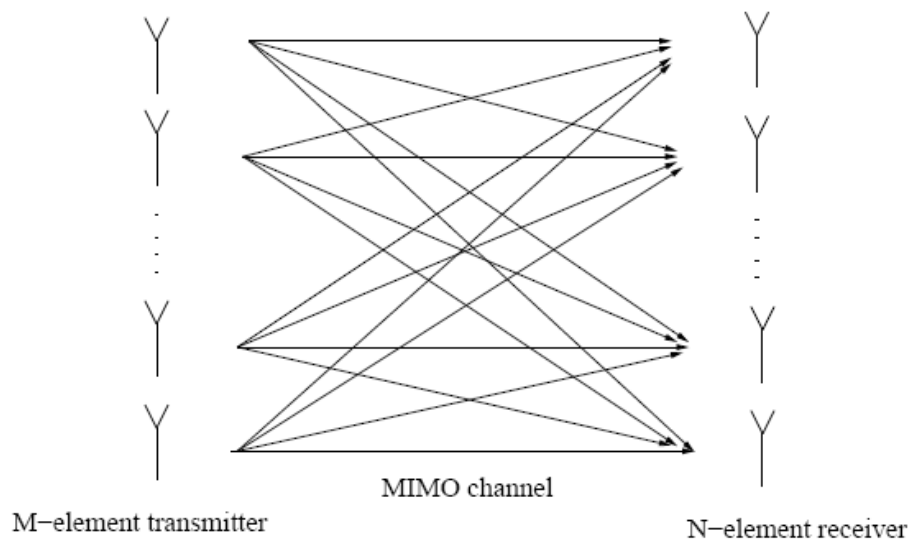
#### 3.3.2.1. MIMO

Multiple-Input Multiple-Output, tecnologia sem fio que proporciona maior velocidade, utiliza múltiplos transmissores e receptores para transferir maior fluxo de dados ao mesmo tempo. Somente tem recursos para esta tecnologia o 802.11n e 802.11ac, para que seja implementada este recurso ambos os dispositivos devem suportar esta tecnologia.

De acordo com FERREIRA, 2008 a transmissão dos sinais pode ocorrer de formas variadas:

Os sinais podem ser divididos em feixes isolados, onde cada feixe é enviado por uma das antenas ou na íntegra por mais de uma antena para diferentes receptores. Há a possibilidade de se juntar dois ou mais transmissores que enviarão o sinal em conjunto, em paralelo (figura 18).

**Figura 18 - Esquema básico de antenas transmissoras e receptoras no modelo MIMO**



**Fonte: FERREIRA (2008)**

A tecnologia MIMO proporciona que as antenas combinem os fluxos de dados que são recepcionados em caminhos e tempos diferentes, a potência é elevada no momento da captura do sinal. Possui antenas inteligentes que utiliza a tecnologia de *Transmissão por Diversidade Espacial*, aproveitando melhor a quantidade de antenas. Utilizam também ondas de rádio denominada *Multiplexação Espacial*, os dados são recepcionados pelas antenas múltiplas vezes com momentos e ângulos ligeiramente diferentes. É uma vantagem principalmente quando se tem barreiras, como por exemplo, tetos, paredes, prateleiras, etc. onde as ondas atravessam ou refletem de modo e tempos diferentes.

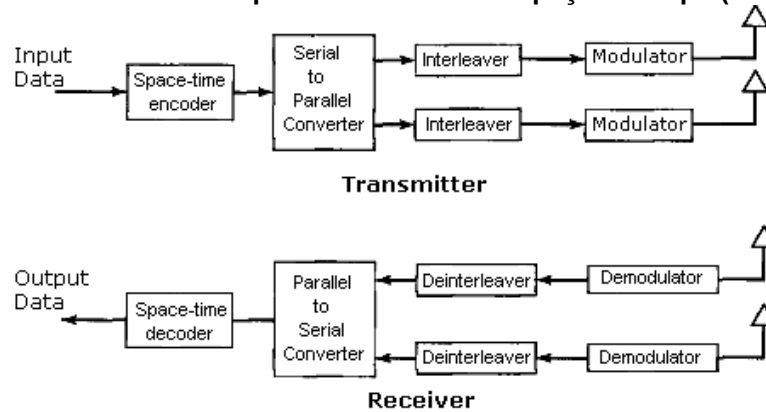
De acordo com FERREIRA, 2008 seguem definição de Transmissão por Diversidade de Espaço-Tempo e Multiplexação Espacial.

#### 3.3.2.1.1. Transmissão por Diversidade de Espaço-Tempo

Space Time Transmit Diversity (STTD) - essa especialização de MIMO codifica certa quantidade de dados e envia simultaneamente por diferentes antenas.

Enviando a mesma quantidade de dados por diferentes fontes ao mesmo tempo, aumenta a força total do sinal. O envio por mais de uma fonte pode apresentar como consequência aumento do ruído percebido na transmissão (figura 19).

**Figura 19 - Transmissão por Diversidade de Espaço – Tempo (STTD)**

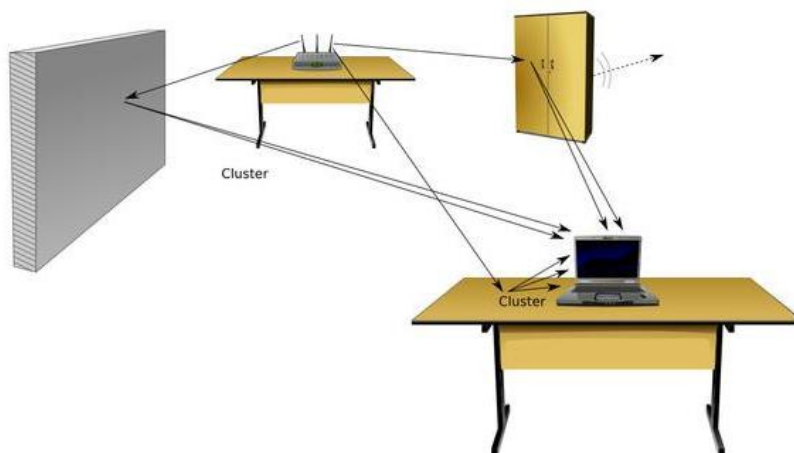


**Fonte: FERREIRA (2008)**

### 3.3.2.1.2. Multiplexação Espacial

Spatial Multiplexing (SM) - forma mais utilizada pela tecnologia MIMO, aplicada no padrão 802.11n. Os sinais são enviados em vários feixes, que exploram o ambiente para alcançar o destino. O recurso considera as mudanças de direção dos sinais, quando este colide e/ou desvia nos obstáculos que podem existir no caminho entre o emissor e o receptor. As alterações nos percursos podem gerar atrasos em partes do sinal, que são compensados por algoritmos sofisticados utilizados nas antenas receptoras, que fazem os cálculos baseando-se na reflexão sofrida pelo sinal ao longo do seu percurso. A base possui filtros que são capazes de recuperar os sinais originais após a chegada e tratar todos os feixes enviados pela fonte (figura 20).

**Figura 20 - Multiplexação Espacial**



Fonte: FERREIRA (2008)

### 3.3.2.2. MU MIMO

Com a tecnologia Multiusuário de múltiplas entradas, múltiplas saídas (MU-MIMO), os equipamentos sem fio têm a capacidade de transmitir e receber dados de vários dispositivos Wi-Fi ao mesmo tempo (figura 21), embora estes também devam suportar a tecnologia para utilizá-lo, não é necessário ter múltiplas antenas.

**Figura 21 - Comparação entre MIMO e MU-MIMO**



Fonte: BARION (2017)

Para obter o total, ou melhor, benefício a tecnologia precisa estar presente nos dois dispositivos, além de ter suporte ao protocolo 802.11ac. Vale a pena ressaltar que esta tecnologia funciona somente nas conexões de tráfegos descendentes, ou seja, os sinais enviados pelo AP aos dispositivos móveis (notebooks, tablets, coletores, etc.). Não existe melhora diretamente na velocidade da conexão sem fio ascendente, sinais que fluem para o AP, como por exemplo, upload para uma controladora.

Os dispositivos estacionários WI-FI têm melhor resultados com o MU-MIMO, mesmo que os dispositivos tiverem suporte a esta tecnologia de nada adiantará se a utilização for em movimento, os APs limitarão as conexões, porém não afetará as demais conexões que possam estar ocorrendo.

#### 3.3.2.2.1. MU-MIMO e quantidade de antenas

A maioria dos equipamentos mais acessíveis e vendidos atualmente, como por exemplo, smartphones e tablets devido ao custo possuem apenas uma antena sem fio, oferecendo assim somente 1x1 MIMO. Aparelhos mais caros sejam notebooks, smartphones ou tablets muitas vezes possuem duas antenas, estes oferecem 2x2 MIMO.

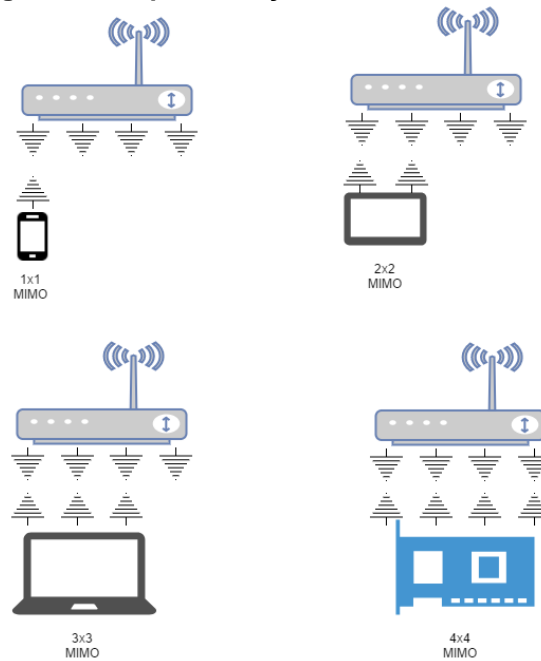
#### 3.3.2.2.2. Implementações MU-MIMO

- 1x1 MIMO – possuem apenas uma antena e podem se conectar a apenas uma transmissão sem fio.
- 2x2 MIMO – possuem duas antenas e podem se conectar simultaneamente a dois fluxos. Deve fazer transferência duas vezes mais rápida do que no anterior.
- 3x3 MIMO – possuem três antenas e podem se conectar simultaneamente a três fluxos. Deve fazer transferência três vezes mais rápida do que na primeira.

- 4x4 MIMO – possuem quatro antenas e podem se conectar simultaneamente a quatro fluxos. Deve fazer transferência quatro vezes mais rápida do que na primeira.

Na figura 22 é possível visualizar o funcionamento das implementações.

**Figura 22 - Implementações MU-MIMO**



**Fonte: RUSEN (2017)**

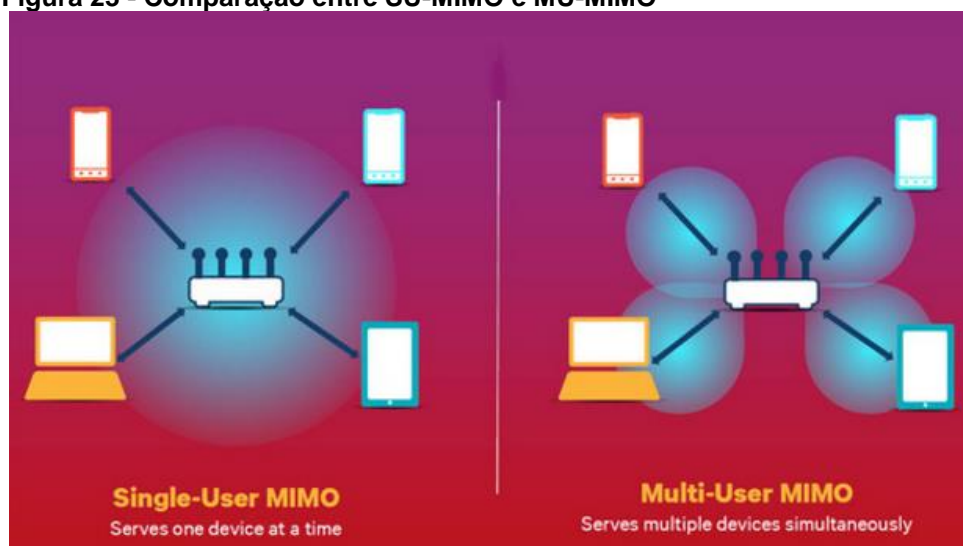
### 3.3.2.2.3. Vantagens do MU-MIMO

- Diminuição do tempo que cada dispositivo precisa aguardar para receber dados.
- Aumento da velocidade de download ofertada para os dispositivos que possuem o MU-MIMO.
- Aumento da capacidade da rede e o número de dispositivos que o ponto de acesso pode gerenciar ao mesmo tempo.
- Tanto os dispositivos que possuem o MU-MIMO ou não, podem obter grande vantagem nas conexões.

### 3.3.2.3. SU-MIMO

Existe também a tecnologia SU-MIMO (Single-User MIMO), porém diferente do MU-MIMO exige mais do dispositivo em termos de antenas, processamentos de sinais e energia. São necessárias várias antenas para suportar o envio e recebimento de múltiplos fluxos, mas a grande maioria dos dispositivos sem fio como maior exemplo os telefones e tablets tem somente 1x1 (uma antena), assim as antenas e o processamento de sinais adicionais necessitam de mais espaço e energia nos dispositivos clientes. Na figura 23, podemos notar a diferença entre as duas tecnologias.

**Figura 23 - Comparação entre SU-MIMO e MU-MIMO**



Fonte: GEIER (2015)

### 3.3.2.4. 802.11ac Wave 2

Tecnologia LAN sem fio que comparado com seu antecessor, o 802.11n teve um aumento considerável em seu desempenho. O padrão IEEE 802.11ac Wave2 permite velocidade teóricas entre 2.34 Gbps a 3.47 Gbps, operando na banda de 5 GHz (tabela 4).

Tabela 4 - Tabela de comparação 802.11.ac Wave2, Wave1 e 802.11n

	802.11n	802.11n IEEE Specification	802.11ac Wave 1 Today	802.11ac Wave2 WFA Certification Process Continues	802.11ac IEEE Specification
Band	2.4 GHz & 5 GHz	2.4 GHz & 5 GHz	5 GHz	<b>5 GHz</b>	5 GHz
MIMO	Single User (SU)	Single User (SU)	Single User (SU)	<b>Multi User (MU)</b>	Multi User (MU)
PHY Rate	450 Mbps	600 Mbps	1.3 Gbps	<b>2.34 Gbps - 3.47 Gbps</b>	6.9 Gbps
Channel Width	20 or 40 MHz	20 or 40 MHz	20, 40, 80 MHz	20, 40, 80, <b>80-80, 160 MHz</b>	20, 40, 80, 80-80, 160 MHz
Modulation	64 QAM	64 QAM	256 QAM	256 QAM	256 QAM
Spatial Streams	3	4	3	3-4	8
MAC Throughput*	293 Mbps	390 Mbps	845 Mbps	1.52 Gbps- 2.26 Gbps	4.49 Gbps

Fonte: Cisco

Com relação aos equipamentos com a tecnologia Wave1, foram feitos alguns aprimoramentos que diferenciam bastante com o novo Wave2.

- Suporta velocidades para 2,34 Gbps (acima de 1,3 Gbps) na faixa de 5 GHz.
- Suporta entrada multiusuário múltiplo, saída múltipla (MU-MIMO).
- Oferece a opção de usar canais de 160 MHz para maior desempenho.
- Oferece a opção de usar um quarto fluxo espacial para maior desempenho.
- Pode ser executado em bandas adicionais de 5 GHz ao redor do mundo.

### 3.3.2.5. Beamforming

Era um recurso opcional no IEEE 802.11n, porém já embarcado no IEEE 802.11ac, tecnicamente utiliza transmissões direcionais para obter uma melhor largura e aumenta o alcance rede. A sua utilização somente é possível com transmissores e receptores que utilizam a tecnologia MIMO.



### 3.3.2.5.1. Funcionamento do beamforming

APs que não possuem suporte ao beamforming transmitem os sinais de forma homogêneos em todas as direções. Dispositivos que possuem o suporte focam os sinais ao cliente, concentrando assim a transmissão, desta maneira os dados chegam ao destino de maneira direta, predefinida, ao invés de serem irradiados (figura 24). Se o cliente também tiver o suporte, eles poderão trocar informações sobre suas respectivas posições para determinar o melhor caminho para o sinal ser direcionado.

**Figura 24 - Comportamento de redes Wi-Fi com e sem beamforming**



Fonte: GEIER (2013)

### 3.3.3. Antenas externas

Utilizado dois modelos de antenas externas, AIR-ANT2544V4M-R (figura 25) omnidirecional e AIR-ANT2566P4W-R (figura 27) para as posições que necessitaram de antenas setoriais.

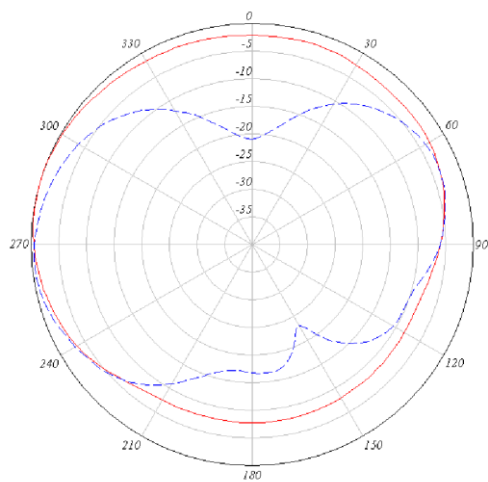
A figura 26 informa os padrões do plano azimutal indicados por linhas vermelhas e os padrões do plano de elevação indicado por linhas azuis para cada elemento na antena. A figura 28 e figura 29 informam o Azimuth e o padrão de radiação de elevação.

**Figura 25 - Antena Omnidirecional AIR-ANT2544V4M-R**

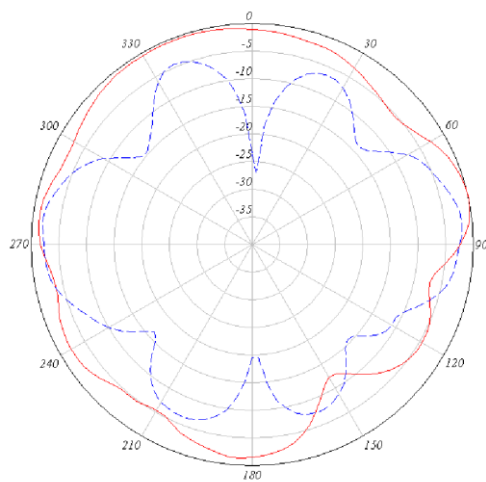
Fonte: Autoria própria

**Figura 26 - Azimuth e Padrões de plano de elevação**

2.4 GHz Antena 4 Azimuth e Padrões de plano de elevação



5 GHz Antena 4 Azimuth e Padrões de plano de elevação

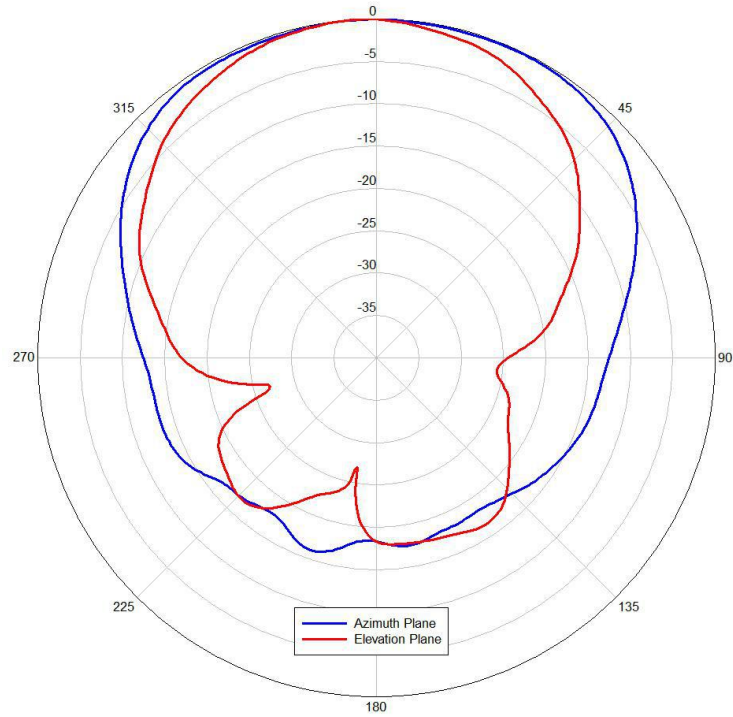
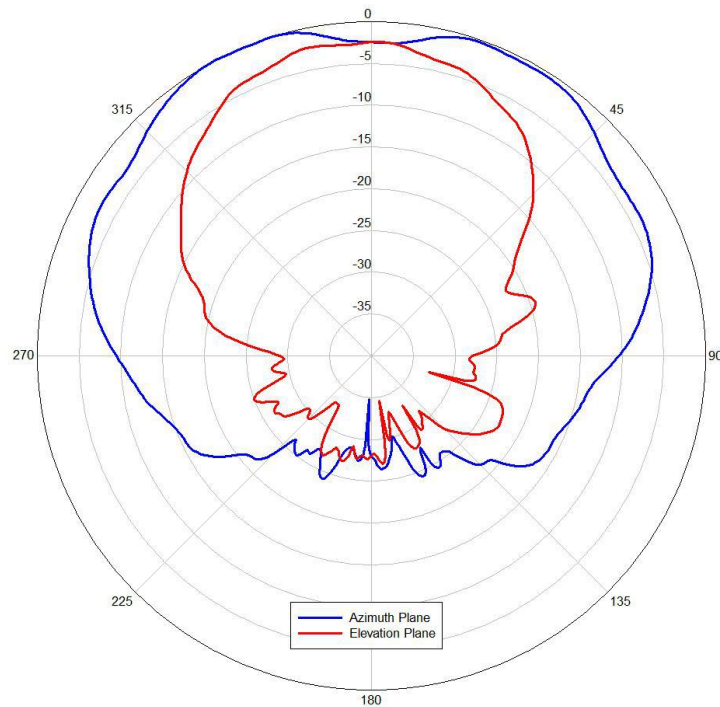


Fonte: Cisco

**Figura 27 - Antena Setorial AIR-ANT2566P4W-R**



**Fonte: Autoria própria**

**Figura 28 - Azimuth e Padrões de radiação de elevação - 2.4 GHz****Fonte: Cisco****Figura 29 - Azimuth e Padrões de radiação de elevação – 5 GHz****Fonte: Cisco**

Definido o mesmo valor de EIRP das antenas, fazendo com que as usadas no survey simulem a mesma potência de transmissão das antenas a serem instaladas.

### 3.4. INFRAESTRUTURA ATUALIZADA

#### 3.4.1. ETAPAS DA IMPLEMENTAÇÃO

A configuração, instalação e ativação dos equipamentos foram finalizadas em aproximadamente cinco semanas, duas empresas foram contratadas para realizar as implementações. Como não havia “janelas” disponíveis nos dias úteis, os serviços foram feitos no período da noite, entre 22:00 as 05:00 e aos finais de semana.

- Primeira etapa: configuração dos APs
- Segunda etapa: passagem de novos cabeamentos do local onde o ponto será fixado até o rack de borda mais próximo, este possui um switch que é interligado ao CORE da sala de TI via conexão de fibra ótica.
- Terceira etapa: fixação dos equipamentos (APs e antena). Feito nova verificação junto à empresa que fez o levantamento do ambiente, pois há posicionamento correto para fixação das antenas, ou seja, existe lado pré-definido da coluna, neste caso, foi levada em consideração a posição em que não haja risco das empilhadeiras danificarem a antena.
- Quarta etapa: conectado os APs nos respectivos switches, porém não ativado para propagação de sinal.
- Quinta etapa: ativado novos equipamentos e desativado os antigos, procedimento efetuado em um final de semana. Validado as aplicações que utilizam a rede sem fio, como por exemplo, coletores de código de barras, notebooks, smartphones, etc. Todos os testes validados com sucesso na primeira ativação.

### 3.5. TECNOLOGIA E SERVIÇOS IMPLEMENTADOS

#### 3.5.1. Tecnologia

- Disponibilizado no galpão conexões 802.11ac Wave2.
- Notebooks mais recentes, com SO e drivers atualizados conseguem obter conexão de até 1 Gbps na rede sem fio.

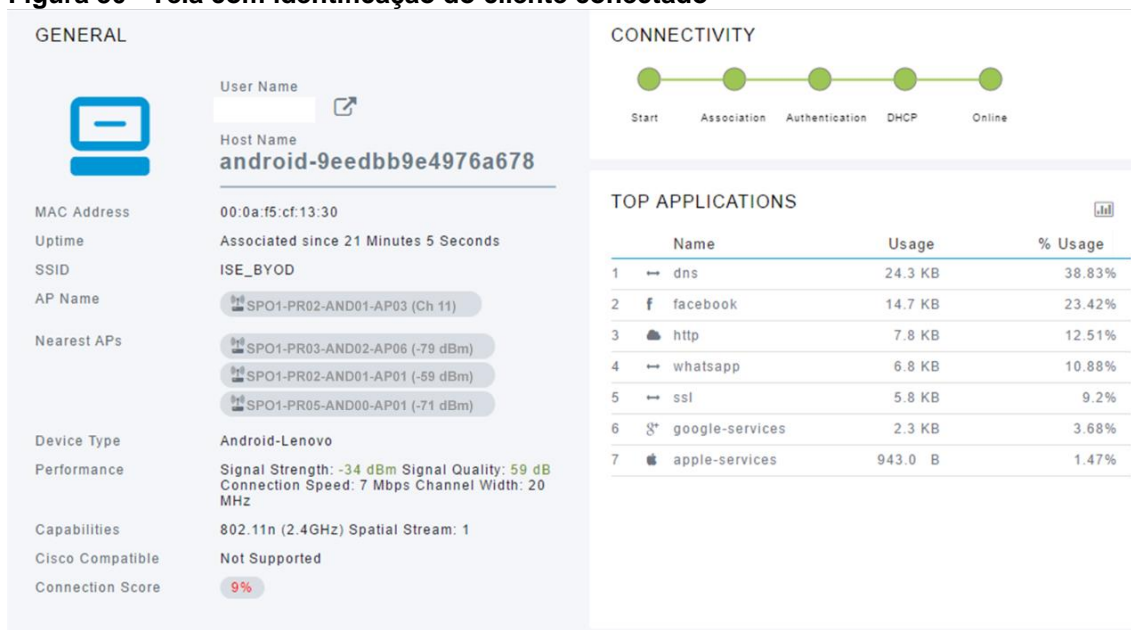
- Novas antenas contam com tecnologia MU-MIMO.
- Os APs possuem uma tecnologia chamada ClientLink. Isso aperfeiçoa a forma com que o AP alcança dispositivo, operando principalmente com 802.11 a/b/g/n, melhorando as taxas de transmissão para downlink e reduzindo inclusive o uso de bateria dos dispositivos clientes.

### 3.5.2. Serviços

Integração ao Identity Services Engine (CISCO ISE). Centraliza e unifica o gerenciamento de políticas de acesso à rede, oferecendo assim acesso confiável e seguro aos usuários finais, independentemente de estarem conectados via acesso com ou sem fio. Temos como exemplo ativo atualmente a rede BYOD e Visitantes, que tem seus portais de autenticação e identificação rodando no ISE.

Informações dos dispositivos móveis (Smartphones) conectado aos APs, onde é possível obter dados da conexão e o histórico de utilização das aplicações (figura 30).

**Figura 30 - Tela com identificação do cliente conectado**



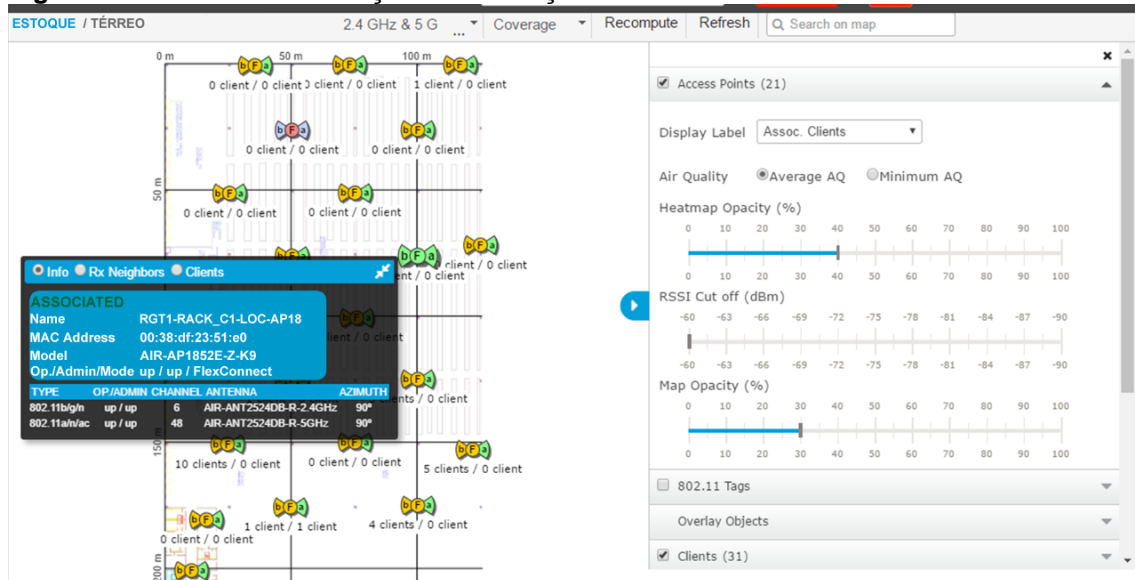
**Fonte: Autoria própria**

Implantado CMX – Cisco Mobile Experiences. Possibilita obter uma gestão mais profunda dos dispositivos conectados além de uma integração com diversas formas de atualização. Além disso, é possível obter informação detalhada do cliente conectado (nível de sinal, roaming, usuário autenticado, em qual SSID, etc.) e inclusive, conseguimos visualizar em um mapa da planta, onde é que está conectado o cliente.

Mapa do galpão com posicionamento onde é possível monitorar informações e status dos APs (figura 31 e figura 32).



**Figura 31 - Tela com localização e informações do APs**



Fonte: Autoria própria

**Figura 32 - Tela com informação do nível de sinal do AP**



Fonte: Autoria própria

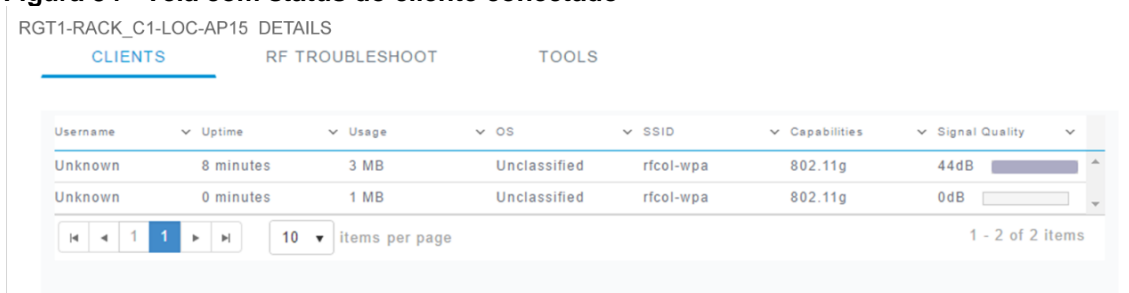
Informações de um determinado AP (REG1-RACK\_C1-LOC-AP15) onde são possíveis visualizar informações mais importantes do equipamento (figura 33 e figura 34).

**Figura 33 - Tela com informações do AP**



Fonte: Autoria própria

**Figura 34 - Tela com status do cliente conectado**

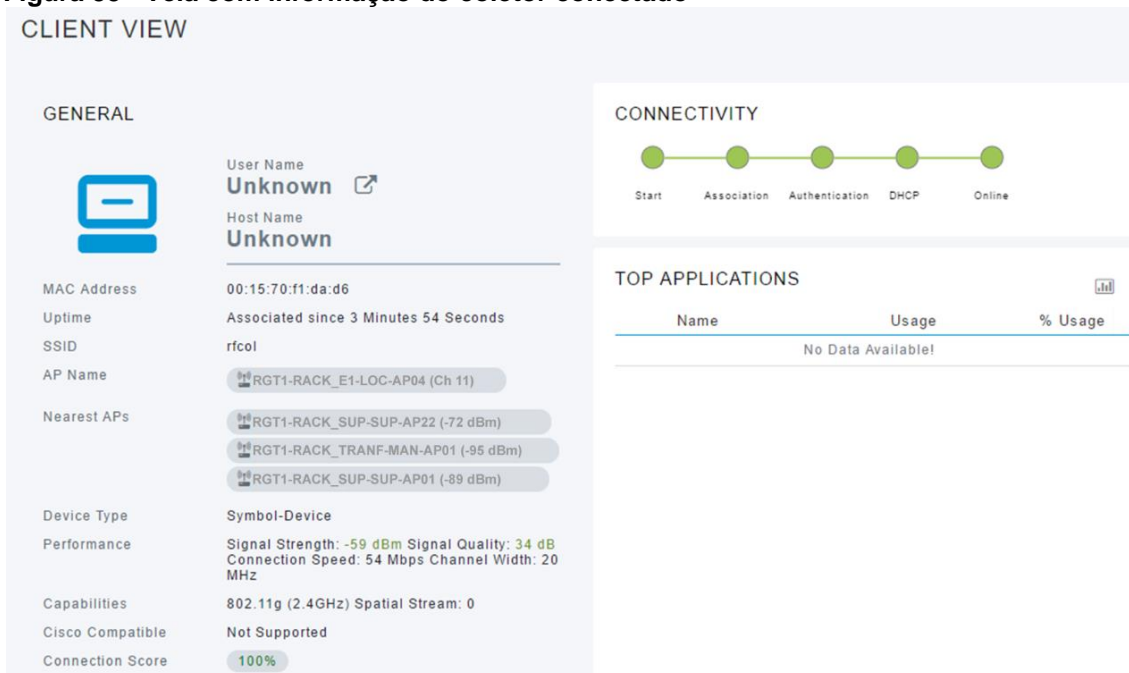


Fonte: Autoria própria

O Fast Roaming também melhora a mobilidade, garantindo melhor experiência para os clientes.

Informações do coletor conectado ao AP (REG1-RACK\_E1-LOC-AP04), contendo dados bastante relevantes, como força e qualidade do sinal, além de APs mais próximos ao equipamento (figura 35).

Figura 35 - Tela com informação do coletor conectado

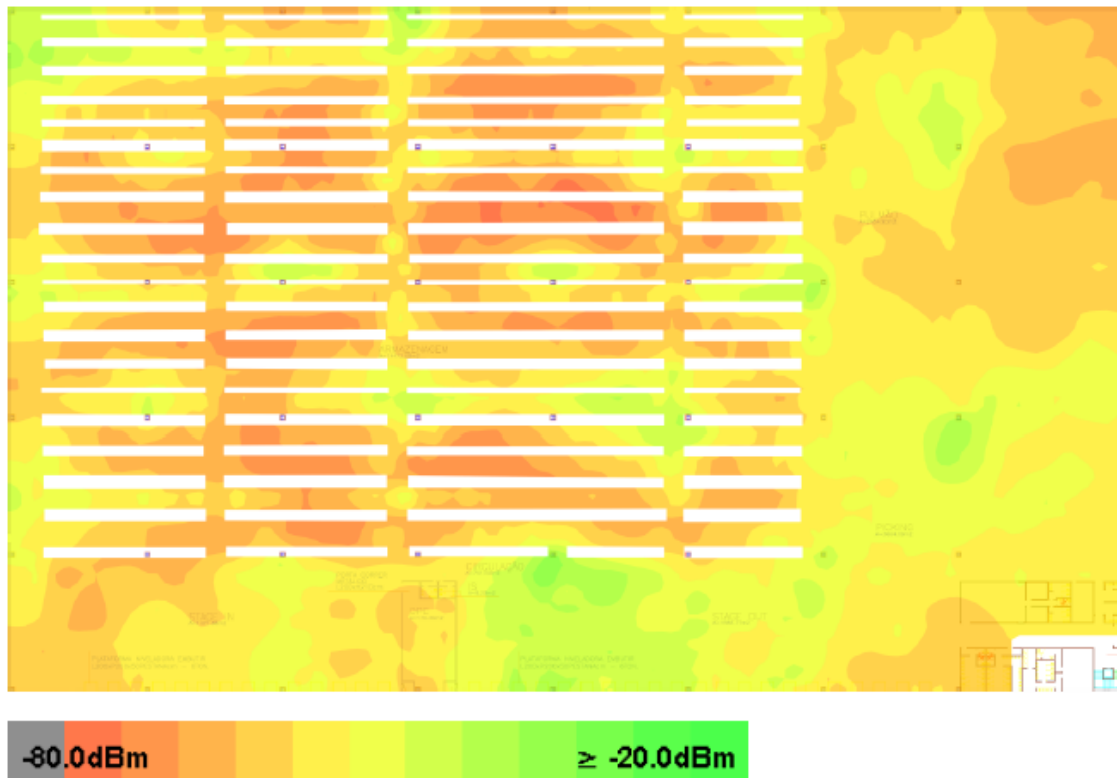


Fonte: Autoria própria

### 3.6. ANÁLISE DO AMBIENTE PÓS IMPLEMENTAÇÃO

#### 3.6.1. Cobertura total do sinal

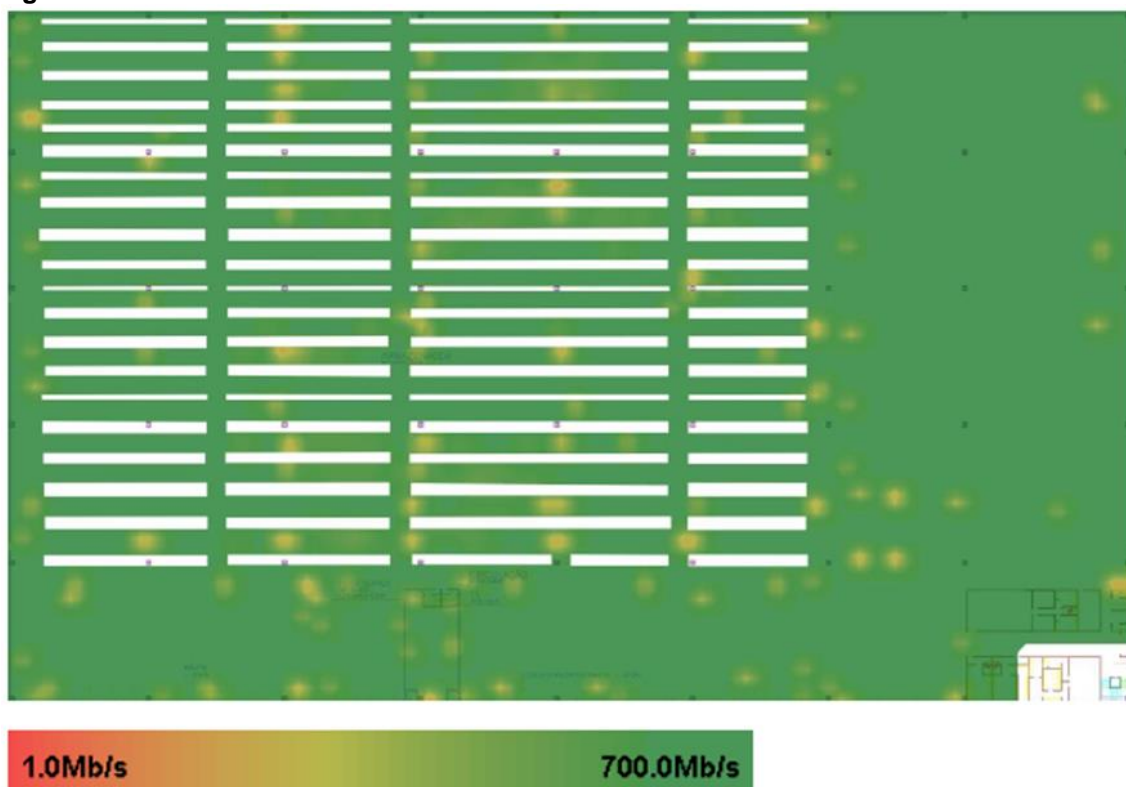
Figura 36 - Cobertura total do sinal (em dBm)



Fonte: Autoria própria

### 3.6.2. Taxa de conexão física estimada

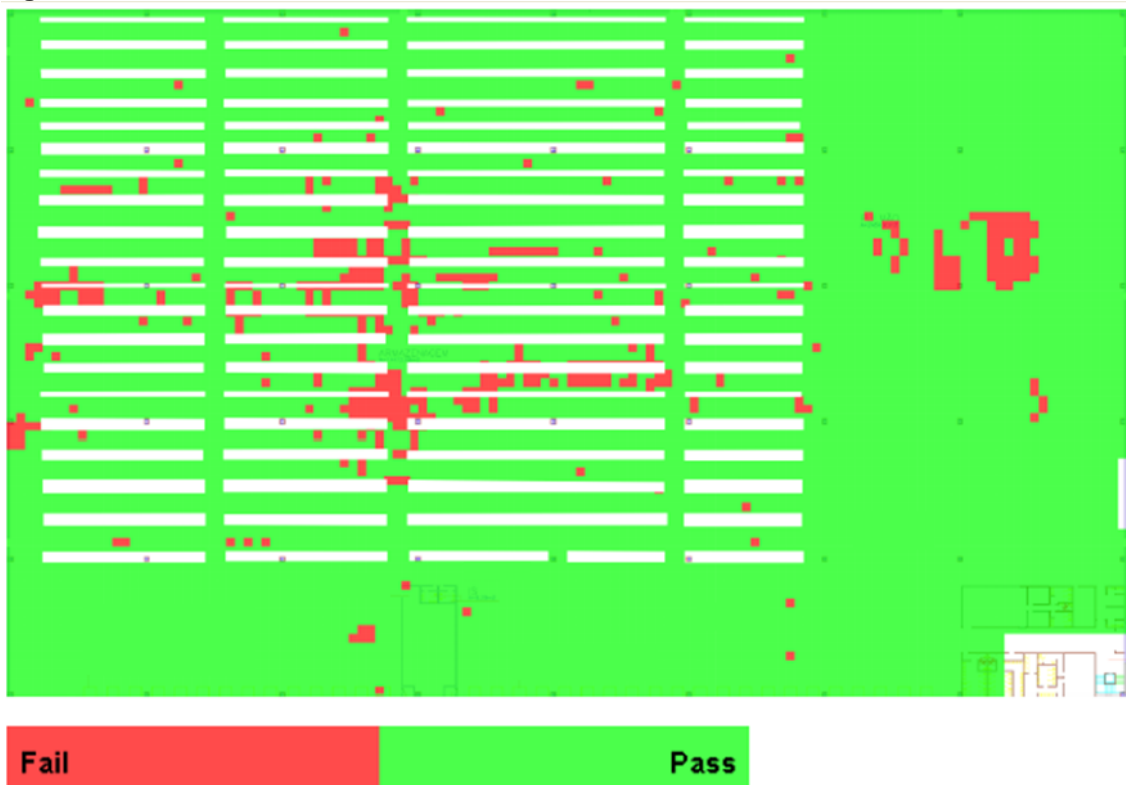
Figura 37 - Taxa de conexão física estimada



Fonte: Autoria própria

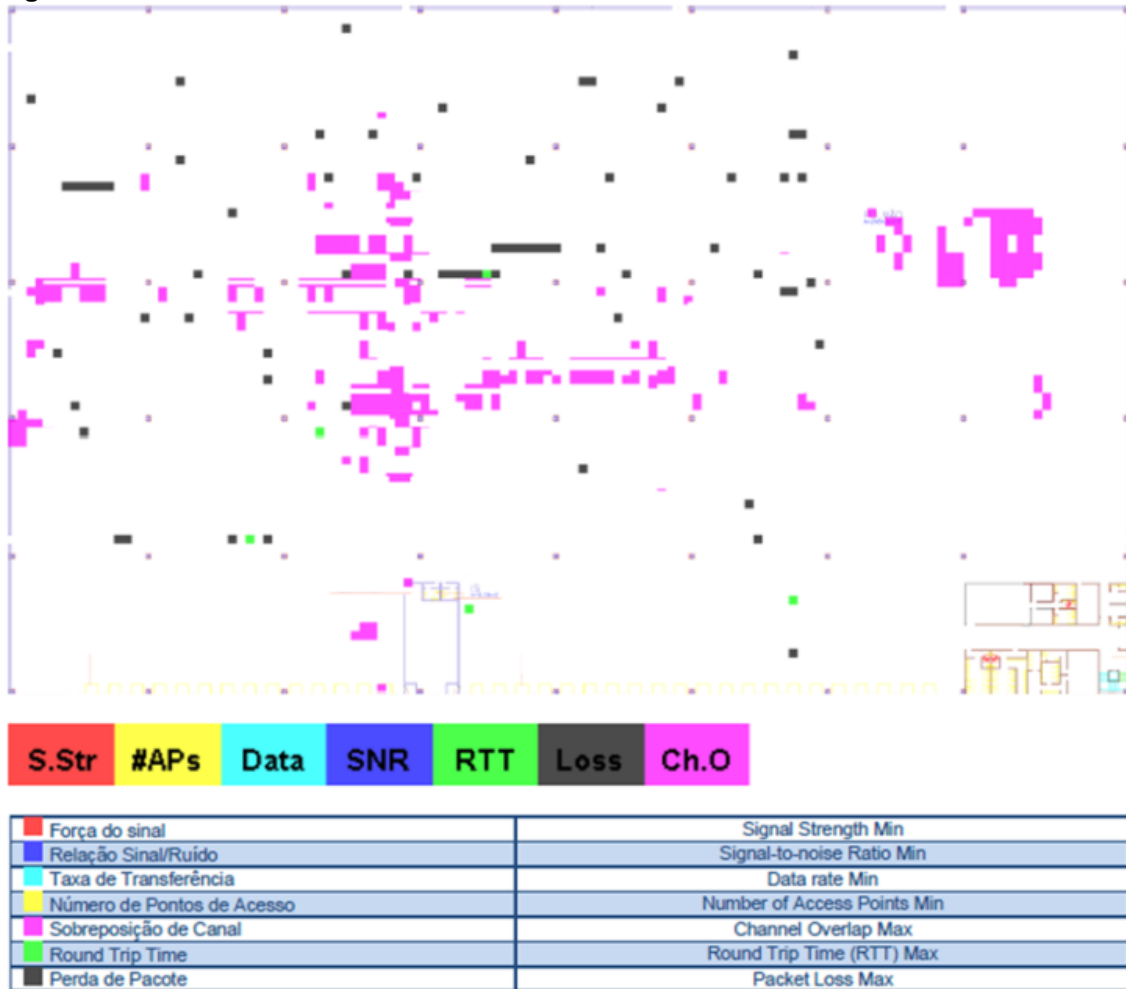
## 3.6.3. Saúde da rede

Figura 38 - Visão detalhado do resultado



Fonte: Autoria própria

Figura 39 - Motivo das falhas

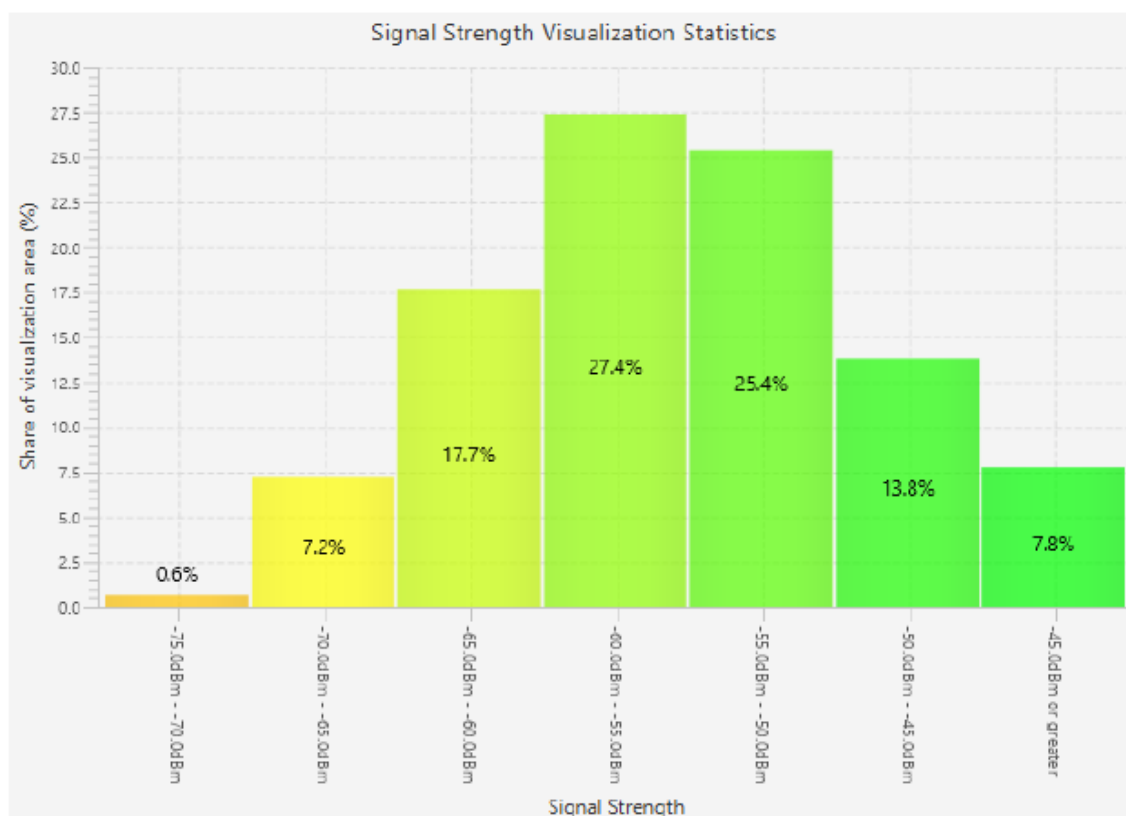


Fonte: Autoria própria

### 3.6.4. Qualidade de sinal

A instalação dos APs e antenas foram feitas conforme indicado no survey efetuado antes da implementação, deve ser considera que o ambiente atual se encontra com maior número de carga nas prateleiras, porém mesmo desta forma foi alcançado uma ótima qualidade de sinal, conforme informa a figura 40, os índices positivos são maiores.

**Figura 40 - Qualidade de sinal**



Fonte: Autoria própria



#### **4. TRABALHOS FUTUROS**

Diversos serviços foram implementados devido a tecnologia IEEE 802.11ac, facilitando entre outros o gerenciamento de todos os equipamentos, tanto os APs quanto os clientes conectados.

Há flexibilidade de utilizar LAG (Link Aggregation), onde é possível agregar duas conexões ao AP com a rede corporativa, aumentando a largura de banda, podendo proporcionar até 2 Mbps de uplink.

Os APs possuem chipset preparada para a tecnologia Multi-Gigabit, este recurso permite conexão de até 5 Gbps com a rede corporativa sem necessidade da mudança do cabeamento, como Cat5e. A infraestrutura atual já possui cabeamento Cat6.

O objetivo foi alcançado, porém o LAG e a tecnologia Multi-Gigabit no momento não foram ativados, pois atualmente não há demanda, ficando para futura implementação.

#### **5. CONCLUSÃO**

Após análise realizada através do survey e estudos teóricos e práticos, foi possível constatar real vantagem da tecnologia 802.11ac. Comprovadamente é possível notar grandes vantagens que está tecnologia proporciona para o ambiente corporativo, onde múltiplos dispositivos estão conectados simultaneamente, necessitando principalmente de disponibilidade e desempenho.

Os novos equipamentos possuem maior tecnologia que vem melhorar o desempenho das redes, oferecendo também melhores soluções a nível gerencial. Algumas tecnologias e serviços não foram ativados no momento, pois no atual ambiente não há demanda.

Na prática foi possível notar considerável melhora tanto na utilização dos APs pelos clientes quanto na gestão. Foi otimizado o tempo de resposta quando falhas são detectadas devido à maior gama de ferramentas que o time responsável dispõe.

Novas tecnologias estão surgindo a cada momento, não só para redes corporativas, mas também para domésticas. Redes sem fio com maior velocidade, múltiplos transmissores e receptores, novas tecnologias, etc. Tudo isso visando garantir melhor experiência sem fio para todos os clientes.

## 6. REFERENCIAS

TORRES, Gabriel. **Redes de Computadores – Versão Revisada e Atualizada – 2º Edição**. Editora Novaterra, 2014.

POZZEBOM, Rafaela. **O que é wireless e como funciona?** 13 mar. 2012. Disponível em <<https://www.oficinadanet.com.br/post/2961-o-que-e-wireless-e-como-funciona>>. Acessado em 05 set. 2017.

LOBO, Fernando. **O novo padrão 802.11ac e as redes corporativas**. 06 mai 2014. Disponível em <<http://cio.com.br/tecnologia/2014/05/06/o-novo-padroo-802-11ac-e-as-redes-corporativas/>>. Acessado em 14 set. 2017.

MACEDO, Diego. **Entendendo o Modelo OSI**. 27 fev. 2012. Disponível em <<http://www.diegomacedo.com.br/entendendo-o-modelo-osi/>>. Acessado em 17 out. 2017.

**HiPath Wireless Access Points**. Disponível em <<http://www.cmtelecom.co.uk/includes/pdfs/cmtelecom%20HiPath%20wireless%20Dload%202.pdf>>. Acessado em 05 de jun. 2017.

**Cisco Aironet 1850 Series Access Points**. Disponível em <<https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-1850-series-access-points/datasheet-c78-734256.pdf>>. Acessado em 05 jun. 2017

FERREIRA, João Luiz Reis. **MIMO “Multiple Input Multiple Output**. 20 out. 2008. Disponível em <[https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos\\_vf\\_2008\\_2/joao\\_luiz/caracterizacao.html](https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2008_2/joao_luiz/caracterizacao.html)>. Acessado em 06 out. 2017

FERREIRA, João Luiz Reis. **MIMO “Multiple Input Multiple Output**. 20 out. 2008. Disponível em

<[https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos\\_vf\\_2008\\_2/joao\\_luiz/tipos.html](https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2008_2/joao_luiz/tipos.html)>. Acessado em 06 out. 2017

SUPORTE. **SaibamaissobreMultiple-Input Multiple-Output**. 06 set. 2017. Disponível em <<https://www.intel.com.br/content/www/br/pt/support/articles/000005714/network-and-i-o/wireless-networking.html>>. Acessado em 01 nov. 2017.

GEIER, Eric. **How MU-MIMO Wi-Fi works to improve the speed and capacity of home networks**. 01 jun. 2015. Disponível em <<https://www.pcworld.com/article/2928725/how-mu-mimo-wi-fi-works.html>>. Acessado em 01 nov. 2017.

GEIER, Eric. **Conheça “beamforming”, a tecnologia que promete acelerar o Wi-Fi**. 21 nov. 2013. Disponível em <<http://pcworld.com.br/noticias/2013/11/21/conheca-201cbeamforming201d-a-tecnologia-que-promete-acelerar-o-wi-fi/>>. Acessado em 15 out. 2017.

RUSEN, Ciprian Adrian. **What is MU-MIMO WiFi? Do you need it on your router?**. 18 mai. 2017. Disponível em <<https://www.digitalcitizen.life/mu-mimo-wifi-router>>. Acessado em 11 nov. 2017.

CISCO. **802.11ac Wabe2 FAQ**. Disponível em <<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/enterprise-networks/802-11ac-solution/q-and-a-c67-734152.html>>. Acessado em 15 out. 2017.

ALECRIM, Emerson. **O que é Wi-Fi (IEEE 802.11)?** 19 mar. 2008 – atualizado 24 jun. 2013. Disponível em <<https://www.infowester.com/wifi.php>>. Acessado em 20 nov. 2017.

POZZEBOM, Rafaela. **Qual a diferença entre redes Wifi A B G N?** 17 jul. 2012 – atualizado 26 jun. 2016. Disponível em <<https://www.oficinadanet.com.br/post/8619-qual-a-diferenca-entre-redes-wifi-a-b-g-n>>. Acessado em 04 set. 2017.

PUC-RIO, Certificação Digital. **Padrão IEEE 802.11**. Disponível em <[https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/7589/7589\\_3.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/7589/7589_3.PDF)>. Acessado em 17 nov. 2017.

BARION, Rogério. **MU-MIMO – A nova geração do Wi-Fi**. 07 fev. 2017. Disponível em <<http://www.entelco.com.br/blog/mu-mimo-nova-geracao-do-wi-fi/>> Acessado em 03 nov. 2017.

NetSpot. **O que é o RSSI e qual a sua relação com uma rede Wi-Fi**. Disponível em <<https://www.netspotapp.com/pt/what-is-rssi-level.html>>. Acessado em 15 nov. 2017.

BARION, Rogério. **SNR – O que é? Como funciona?** 25 nov. 2015. Disponível em <<http://www.entelco.com.br/blog/snr-o-que-e-como-funciona/>>. Acessado em 15 nov. 2017.

Cisco. **Cisco Aironet Dual-Band MIMO Wall-Mounted Omnidirectional Antenna (AIR-ANT2544V4M-R)**. Disponível em <<https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/wireless/antenna/installation/guide/ant2544v4m-r.pdf>>. Acessado em 25 ago. 2017.

Cisco. **Cisco Aironet 2.4-GHz/5-GHz MIMO 4-Element Patch Antenna (AIR-ANT2566P4W-R)**. Disponível em <<https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/wireless/antenna/installation/guide/ant2566p4w.pdf>>. Acessado em 25 ago. 2017.