



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS  
CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

**ANÁLISE DE REDES IEEE 802.11AC EM AMBIENTES DO TIPO  
RAYLEIGH, RICE E AWGN**

Área de Telecomunicações

por

Silas Silva Brasil

**Rogério Moreira Lima Silva, Dr.**  
Orientador

São Luís (MA), **dia** de Agosto de 2016

# **ANÁLISE DE REDES IEEE 802.11AC EM AMBIENTES DO TIPO RAYLEIGH, RICE E AWGN**

Área de Telecomunicações

por

Silas Silva Brasil

Relatório de monografia/dissertação apresentado  
à Banca Examinadora do Curso de Engenharia de  
Computação para análise e aprovação.  
Orientador: Rogério Moreita L. Silva, Dr.

São Luís (MA), dia de Agosto de 2016

## **SUMÁRIO**

**LISTA DE ACRÔNIMOS**

**LISTA DE FIGURAS**

**LISTA DE TABELAS**

**LISTA DE EQUAÇÕES**

**RESUMO**

***ABSTRACT***

**AGRADECIMENTOS**

**1. INTRODUÇÃO**

**2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

**3. PROJETO**

**4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS**

**SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

**REFERÊNCIAS**

**GLOSSÁRIO**

**APÊNDICE**

**ANEXO**

## LISTA DE ACRÔNIMOS

IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
AWGN	Additive White Guassian Noise
OFDM	Orthogonal Frenquey-divsion Multiplexing
MIMO	Multiples Input Multiples Output
AM	Amplitude Modulation
FM	Frequency Modulation
MSK	Minimum-Shift Keying
PSK	Phase-Shift Keying
FSK	Frequency-Shift Keying
EVM	Error Vector Magnitude
RSR	Relação Sinal-Ruído
OSI	Open System Interconection
ISO	Internatinal Organization of Standardization
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
BPSK	Binary Phase-shift Keying
QPSK	Quadrature Phase-shift Keying
FHSS	Frequency-hopping Spread Sprectrum
DSSS	Direct Sequence Spread Sprectrum
OFDMA	Orthogonal Frenquey-divsion Multiplexing Multiples Access
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
ITU	International Telecommunication Union
ISM	Instrumental, Médica e Científica
4G	Quarta Geração
LTE	Long Term Evolution
PDP	Perfil de Atraso de Potência
DSP	Digital Signal Process

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Legenda (caso não seja de autoria própria citar e referenciar [2]).....	11
Figura 2. Legenda (caso não seja de autoria própria citar e referenciar) .....	12
Figura 3. Legenda (caso não seja de autoria própria citar e referenciar) .....	12

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Nome da tabela (caso não seja de autoria própria citar e referenciar).....	11
Tabela 2. Nome da tabela (caso não seja de autoria própria citar e referenciar).....	11

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 .....	4
-----------------	---

## **RESUMO**

Esse trabalho tem como objetivo analisar o desempenho das redes IEEE 802.11ac no canais do tipo Rayleigh, Riciano e AWGN para as larguras de banda de 20MHz, 40MHz e 80MHz. A análise será feita baseado em simulação utilizando a ferramenta Simulink de Matlab. A técnica de transmissão utilizada no padrão 802.11ac é a OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) que traz um grande aumento na eficiência do uso do espectro, sua economia da largura de banda chega a 50%.

**Palavras-chave:** OFDM. 802.11ac. Rayleigh. Rice. AWGN.



## ABSTRACT

[illegible]

**Keywords:** OFDM. 802.11ac. Rayleigh. Rice. AWGN.

## **AGRADECIMENTOS**

Os agradecimentos principais são direcionados à Deus e Jesus Cristo que nos salvou da morte. Muitas pessoas foram importantes nesse trabalho, entre elas estão o Prof. Rogério Moreira Lima, Prof. Leonardo Gonsioroski, Thayanne Barros e claro em especial minha mãe Ana Lúcia, pai Antônio José e minha irmã Natália Brasil que me impulsionaram estudar desde criança.

Outros agradecimentos vão para CNPq por ter apoiado as pesquisas na área, e ao curso de Engenharia da Computação da Universidade Estadual do Maranhão.

## 1. INTRODUÇÃO

Na última década houve uma explosão da demanda por banda larga sem fio, devido ao barateamento de tecnologias como a microeletrônica, favorecendo o acesso de pessoas das classes C e D à internet, bem como aplicações do tipo backhaul. Essas mudanças profundas vêm ocorrendo de maneira acelerada nos últimos anos, culminando com a implantação de redes IEEE 802.11ac baseadas em beamforming que, por sua vez, trabalha com MIMO e gerencia a quantidade de energia utilizada na transmissão podendo, assim, alcançar até 6 Gbps.

Em todo sistema de comunicação as principais variáveis são: *potência, largura de banda e taxa de transferência*. Em [1] é colocado que um sistema de transmissão é formado basicamente por três componentes: *transmissor, o canal por onde será transmitida a informação e o receptor*. As suas funções são, em sua ideia mais original, bem simples, no entanto, há desafios muito interessantes para serem resolvidos no momento da implantação de um sistema de comunicação wireless. O transmissor tem o objetivo de fazer o sinal chegar ao receptor com uma satisfatória quantidade de informação e para isso ele conta com uma quantidade limitada de recursos como, por exemplo, energia e largura de banda. O canal é o meio pelo qual os sinais ou ondas irão passar para chegar até o receptor. Nos canais de comunicação wireless os sinais são afetados na maioria das vezes das seguintes formas: pela distorção no canal, natureza variável no tempo, interferência e ruído no receptor. Já na terceira componente do sistema de comunicação, o receptor, sua função é estimar qual sinal está sendo transmitido já que não se pode ter uma cópia exata do sinal que saiu do transmissor. Dessa forma, o receptor faz três tarefas, que são: sintonizar na frequência de transmissão, tentar corrigir os erros causados pelos canais e nos primeiros estágios da recepção e manter-se sincronizado.

Para um sistema de comunicação wireless, há algumas diferenças que devem ser ressaltadas. A primeira é como a informação é transmitida, pois o canal (o ar no geral) tem características bem diferentes dos cabos de cobre que são geralmente usados. Em sistemas cabeados a informação é transformada diretamente em alguma forma de onda quadrada Figura 1 ou em forma de ondas dos tipos  $\text{sinc}(\frac{t}{T_d})$  Figura 2, onde  $T_d$  é o tempo de bit, esse último tipo de onda é conhecido como transmissão para canal de Nyquist. As diferentes formas de ondas que são transmitidas em um meio são chamadas de modulação. A transmissão em sistemas que não se usa uma portadora para transmitir o sinal modulado é conhecida como transmissão em *banda base*.

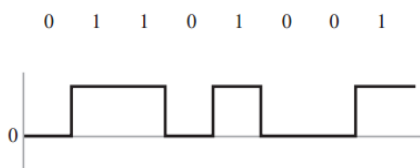


Figura 1 - Onda quadrada [2]

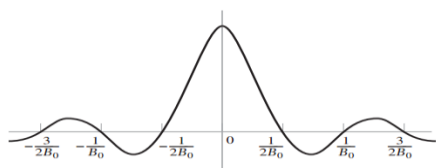


Figura 2 - Onda para o canal de Nyquist [2]

Em comunicação sem fio, que usa a transmissão em *banda passante*, a informação é colocada em uma onda, chamada de portadora (carrier), e depois que esta onda foi alterada (modulada) pela informação, ela então é enviada. As técnicas de modulação são bem abrangentes, as mais simples e conhecidas são AM e FM. Com o passar dos anos e o crescimento tecnológico e científico outras técnicas foram criadas e também empregadas nos sistemas wireless como, por exemplo, MSK, PSK, FSK e QAM. Técnicas de transmissão também foram desenvolvidas, elas variam na sua forma de transmitir os dados em vários aspectos. As mais populares são as técnicas de espalhamento espectral (Spread Spectrum) FHSS, DSSS e OFDM, das três citadas acima a com maior desempenho é a OFDM que, por sua vez, é utilizada nos mais atuais padrões de comunicação sem fio, uma de suas variantes é a OFDMA, utilizada em 4G - LTE.

Em praticamente todos os ambientes onde se utiliza redes sem fio o sinal que é transmitido sofre um espalhamento que é intrínseco de qualquer meio de transmissão, no entanto, os objetos presentes amplificam esse efeito, que é chamado de multipercurso. O multipercurso, nada mais é do que réplicas do sinal original que é formada por causa do fato da onda se propagar de forma espacial no ambiente. Desta forma, várias cópias do mesmo sinal chega na antena receptora causando, por sua vez, uma dificuldade no receptor na compreensão do sinal. Esse efeito de espalhamento é modelado matematicamente por principalmente duas funções de probabilidade a função de densidade *Rayleigh* e a de *Rice*. Assim, elas podem ser utilizadas em simulações, trazendo, portanto, uma imitação satisfatória do meio de propagação.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. OBJETIVO GERAL**

Desenvolver um ferramenta de simulação para o planejamento e análise de redes sem fio em ambientes INDOOR (fechados) em canais do tipo AWGN, Rayleigh e Rice, contribuindo para futuros planejamentos em qualquer ambiente, dessa forma, a ferramenta será adaptável a outro modelos de propagação com característica suburbanas e rurais.

### **1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Observar o comportamento do padrão IEEE 802.11ac nos canais Rayleigh e Rice, juntamente com AWGN.

- Utilizar os conceitos de propagação para simular as características dos ambientes INDOOR;
- Estudar a adição do ruído gaussiano no sinal;
- Desenvolver uma ferramenta de simulação para análise dos sinais imersos nesses ambientes.

## **1.2. METODOLOGIA**

No desenvolvimento deste trabalho será feita pesquisas bibliográfica com o intuito de fortalecer, solidificar e desenvolver mais os conceitos aprendidos até aqui. A análise sobre codificação de canal, modulação digital, espalhamento espectral, OFDM e modelos de canais de transmissão devem ser tratados com mais rigor matemático e as simulações tem como alvo descrever com maior exatidão possível a realidade.

Os padrões de comunicação IEEE 802.11 são um dos mais utilizados no mundo e também são referência para outros. Não obstante, analisar o mais novo modelo lançado, 802.11ac, é de suma importância para o projeto de redes sem fio da atualidade. Logo, depois das consolidações dos conceitos aprendidos a simulação será elaborada e a análise de taxa de transmissão, taxa de erro de bit, EVM, RSR, melhor modulação para as várias características dos canais. Com isso pode ser levanta conclusões e problema sobre o comportamento desse novo padrão.

Com os modelos de simulação prontos e examinados outras técnicas poderão ser analisadas e testadas com o intuito de obter melhoras no padrão 802.11ac. Existem várias técnicas utilizadas em outros sistemas que podem fornecer melhoras a taxa de transmissão e na disponibilidade. Por exemplos, os sistemas 4G LTE utiliza OFDMA com o objetivo de transmitir dados para vários usuários simultaneamente, assim, em locais em com alta densidade de usuários de WI-FI, como nos shoppings, pode-se ter um ganho na disponibilidade de informação.

### **1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO**

Este relatório está estruturado da forma como segue. No Capítulo 2 é apresentada a fundamentação teórica. O Capítulo 3 apresenta a desenvolvimento do trabalho. Finalmente no Capítulo 4 são apresentadas as conclusões e considerações finais.

[FIM DE SEÇÃO. Não remova esta quebra de seção]

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Diante da evolução das tecnologias e o crescimento da demanda de dados exponencial, as técnicas de transmissão cabeadas foram evoluindo e aumentando mais e mais as taxas de transmissão, não obstante, as redes sem fio tentam evoluir de forma a se comparar com as redes cabeadas, pois, além disso, as redes wireless dão uma gama de vantagens já que elas diminuem a utilização de cabos, fornecem uma maior mobilidade para os usuários.

A IEEE criou no final da década de 90 o grupo 802.11 que especifica os modelos de redes locais sem fio. Com sucesso dos modelos definidos pelo grupo, como nos padrões 802.11a, 802.11b e 802.11g a equipe continuou a pesquisar e desenvolver novas padronizações e culminou na criação do 802.11n e atualmente no 802.11ac. Esses padrões definem regras para as camadas Física e de Enlace do modelo OSI formado pela ISO Figura 3. A seguir são listados os padrões mais populares.

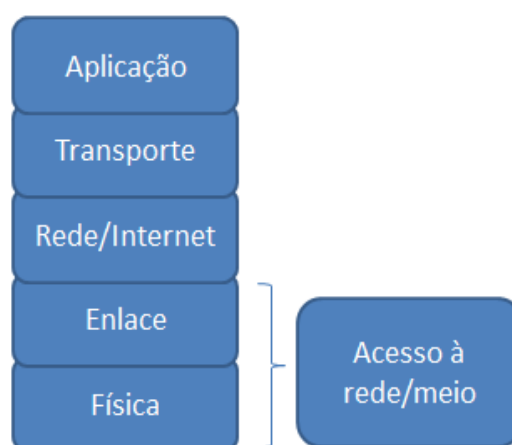


Figura 3 - Camadas do Modelo TCP/IP

- 802.11a: foi a primeira tentativa da IEEE a usar a banda de 5GHz, OFDM e modulação QAM, criado em 1999, alcançando taxa de até 54Mbps, mas incompatível com o 802.11b e 802.11g para clientes;
- 802.11b: também criado em 1999, taxa de transmissão de até 11Mbps operando da faixa de 2,4GHz utilizando as técnicas DSSS, FHSS e modulação DQPSK;
- 802.11g: estabelecida em 2003 com taxas de até 54MHz e compatível com o padrão b, citado acima, com técnica de transmissão OFDM, modulação QAM e operando na faixa de 2,4GHz;

- 802.11n: lançado em 2009, compatível com os padrões b e g, operando na faixa de 2,4 e 5GHz, utilizando MIMO (Múltipla Entrada e Múltipla Saídas), OFDM, atingindo taxa de até 300MHz e ainda opção para Beamforming.

## 2.1. IEEE 802.11AC

Com a evolução desses padrões, após o lançamento do 802.11n, foi criado mais um grupo com o objetivo de definir um novo modelo para que atingir taxas na faixa de Gbps, esse novo foi denominado 802.11ac. Muitas das tecnologias foram reaproveitadas como o MIMO e o Beamforming, mas agora operando apenas na faixa 5GHz, o fato de operar em uma faixa maior faz com que a largura de banda se torne maior e em consequência disso as bandas dos canais formam-se definidas para largura de 20, 40, 80 e 160MHz em contrapartida da faixa de 2,4GHz que dava suporte apenas largura de 20MHz. Dessa forma, a quantidade de subportadoras em uma banda é maior. Outra coisa, é que a quantidade de fluxo espacial, ou seja, a quantidade de antenas que transmitem simultaneamente os dados pode ser de até 8, e no mínimo 2 por Ponto de Acesso (Access Point), as múltiplas antenas dão suporte ao MIMO. A largura de banda e suas respectivas subportadoras são apresentadas na Tabela 1 e Figura 4.

Tabela 1 - Configurações de Subportadoras para 802.11ac [6]

Largura de Banda (MHz)	Número de Portadoras	Portadoras com Informação
20	64	-28 a -1 e 1 a 28
40	128	-58 a -2 e 2 a 58
80	256	-122 a -2 e 2 a 122
160	512	-250 a -130, -126 a -6, 6 a 126 e 130 a 250
80 + 80	256 para cada 80MHz	-122 a -2 e 2 a 122

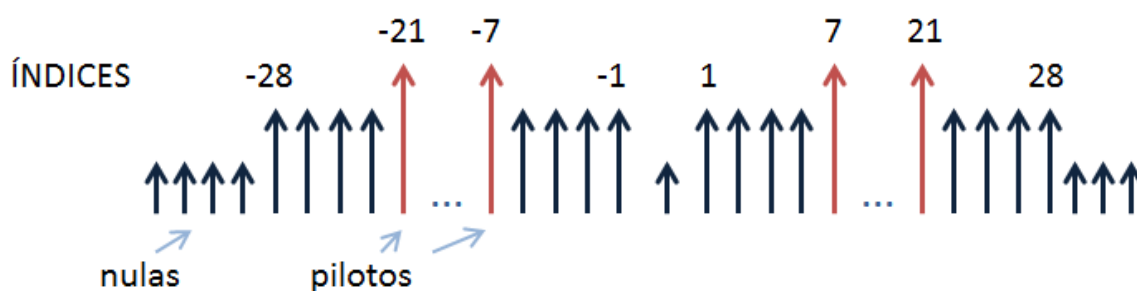


Figura 4 - Índices das subportadoras para 20MHz

A mudança na faixa de 2,4GHz para 5GHz utilizada foi inevitável, já que 2,4GHz é muito utilizada por várias outras tecnologias e em consequência disso há uma grande poluição nessa área do espectro. Outra vantagem é o fato de que agora é possível a utilização de larguras de bandas maiores. Segue um esquema na Figura 5 dos canais para 5GHz. Tecnologias como Bluetooth, consoles de vídeo games, telefones sem fio e os micro-ondas que irradiam em grande potência na faixa de 2,450GHz, ou seja, exatamente dentro da faixa utilizada na maioria dos equipamentos wireless. Essas faixas, 2,4 e 5GHz, são amplamente utilizadas pelo



fato de serem não licenciadas permitindo o uso dessas de forma deliberada, com apenas algumas restrições nos níveis de potência fornecida. As normas brasileiras são especificadas pela ANATEL, no mundo a instituição responsável é ITU. As faixas não licenciadas são conhecidas como ISM e estão situadas nas bandas de 900MHz (902MHz - 928MHz), 2,4GHz (2400MHz - 2483,5MHz) e 5GHz (5150MHz - 5350MHz e 5470MHz - 5850MHz).

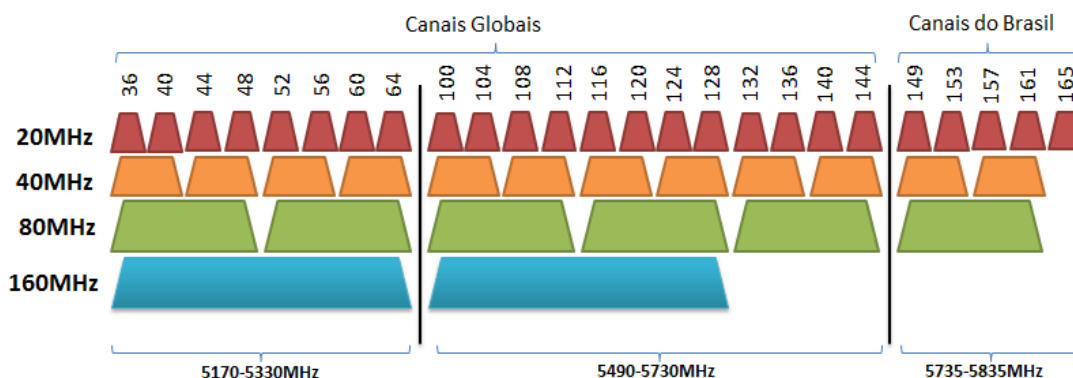


Figura 5 - Canalização para 5GHz [6]

## 2.2. MODULAÇÃO

Modulação é simplesmente a forma de colocar a informação em forma de energia para ser transmitida, pode ser diretamente no meio como em comunicação cabeadas, banda base, ou em ondas portadoras com em transmissão em banda passante. As técnicas mencionadas aqui são voltadas para transmissão digital wireless. Há basicamente dois processos de modulação, linear e não-linear. Para processo de modulação digital a fonte de informação é totalmente binária e esses bits são os responsáveis por alterar a onda portadora Figura 6.

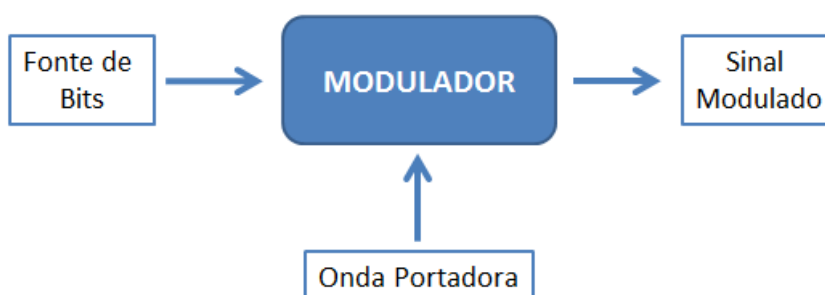


Figura 6 - Diagrama do processo de modulação

Os tipos de modulação digitais mais utilizadas nos padrões IEEE 802.11 são BPSK, QPSK e M-QAM, desta forma elas serão o foco principal neste trabalho. Sabe-se que as ondas têm três variáveis principais, amplitude, fase e frequência, essas características podem ser alteradas de forma que se possa criar um conjunto de ondas identicamente únicas, ou seja, é possível tem um grupo de ondas diferentes entre se e

identificar essas ondas como tipos diferentes de informação. Em comunicação digital os tipos de ondas são compostos da seguinte forma, chamada de forma canônica de um sinal em banda passante [1].

$$S(t) = s_I(t) \cos(2\pi f_c t) - s_Q(t) \sin(2\pi f_c t)$$

Equação 1: Onda Digital

Onde  $s_I$  é a componente que está em fase, e  $s_Q$  forma um ângulo de 90 graus com a componente em fase, assim, ela é chamada de componente em quadratura. Percebe-se que as componentes em fase e quadratura são ortogonais, semelhante a dois vetores ortogonais que forma uma base no  $R^2$ . Assim, alterando o  $s_I$  e  $s_Q$  pode-se formar vários tipos de ondas. Para modulação QPSK os valores da \autoref{tab-modulacao-qpsk} são aplicado para  $s_I$  e  $s_Q$ . A seguinte integral mostra a ortogonalidade das componentes em fase e quadratura,

$$\int_0^T s_I(t)s_Q(t)dt = 0$$

Equação 2: Ortogonalidade de ondas em fase e quadratura

em um espaço vetorial para que os vetores sejam ortogonais é necessário que o produto interno , ou produto escalar, deles seja igual a zero, semelhantemente o produto interno das funções deve ser iguais a zero.

Tabela 2 - Valores da modulação QPSK [1]

$s_I$	$s_Q$	Bits representados	Fase do Sinal Modulado
$+\sqrt{E}$	$-\sqrt{E}$	10	$7\pi/4$
$-\sqrt{E}$	$-\sqrt{E}$	11	$5\pi/4$
$-\sqrt{E}$	$+\sqrt{E}$	01	$3\pi/4$
$+\sqrt{E}$	$+\sqrt{E}$	00	$\pi/4$

A seguir é mostrado duas ondas moduladas, percebe-se que há variações na amplitude e na fase de uma onda em relação à outra.

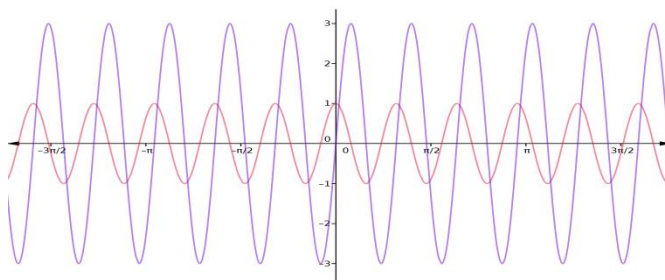


Figura 7 - Ondas modulas em Fase e Amplitude

Cada onda mostrada acima será uma subportadora da técnica de transmissão OFDM, a quantidade de subportadoras dependem do padrão que será utilizado, para o caso do padrão IEEE 802.11ac, o sinal terá, no mínimo, 64 subportadoras, todas elas serão somadas formando apenas uma onda resultante e cada onda estará em uma frequência diferente e múltipla uma da outra. O fato que uma onda está em uma frequência múltipla da outra faz com que não haja interferência de subcanal adjacente, pois ondas com frequências múltiplas uma das outras são ortogonais.

Uma das formas de representar uma onda modulada é utilizando coordenadas polares, chamada de constelação, que nada mais é do que representar uma onda utilizando a *fase* e *amplitude*. Cada ponto da constelação mostra a amplitude, que é distância da origem do eixo, e a fase que ângulo formado com o eixo horizontal. As sequências binárias são representadas por esses pontos. A amplitude dos sinais modulados em QPSK são definidos da seguinte forma,

$$A = \sqrt{\frac{2E}{T}}$$

Equação 3: Amplitude do sinal para QPSK

pois a energia é dada por  $E = \frac{A^2}{2}T$ , onde T é uma unidade de tempo das componentes  $s_I$  e  $s_Q$  da modulação QPSK podem ser formadas pelo arranjo dois a dois com repetição dos valores  $\pm\sqrt{E}$  da seguinte forma:  $(s_I = +\sqrt{E}, s_Q = +\sqrt{E})$ ,  $(s_I = -\sqrt{E}, s_Q = +\sqrt{E})$ ,  $(s_I = -\sqrt{E}, s_Q = -\sqrt{E})$  e  $(s_I = +\sqrt{E}, s_Q = -\sqrt{E})$ .

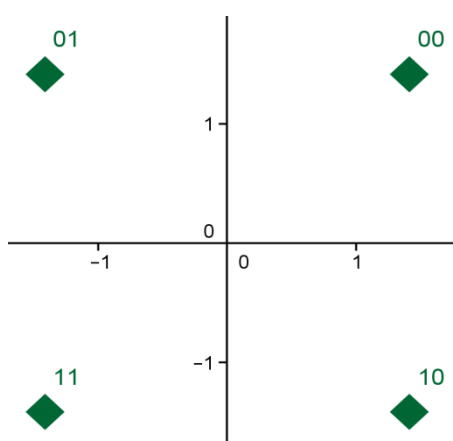


Figura 8 - Constelação QPSK

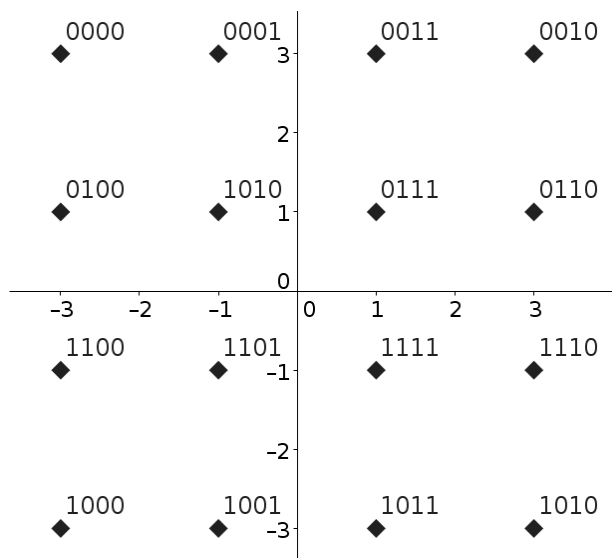


Figure 9 - Constelação 16 QAM

Na constelação 16-QAM (Modulação em Amplitude e Quadratura com 16 pontos) e os pontos são mais próximos, o que a torna mais sujeita a ruídos aditivos. Para outras modulações são necessários os cálculos das amplitudes de cada componente. Em [1] há mais detalhes sobre os cálculos das amplitudes e fases de cada método de modulação. Nesse trabalho iremos trabalhar com as modulações das constelações ilustradas na Figura 10.

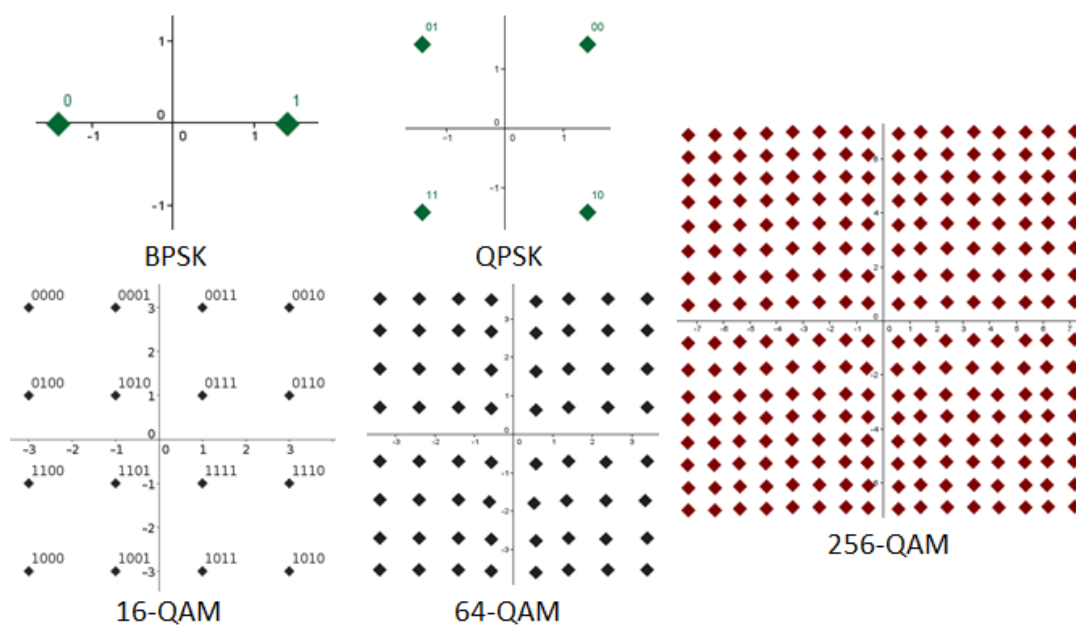


Figure 10 - Constelações utilizadas nesse trabalho

Na Figura 1, oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi  
oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi.

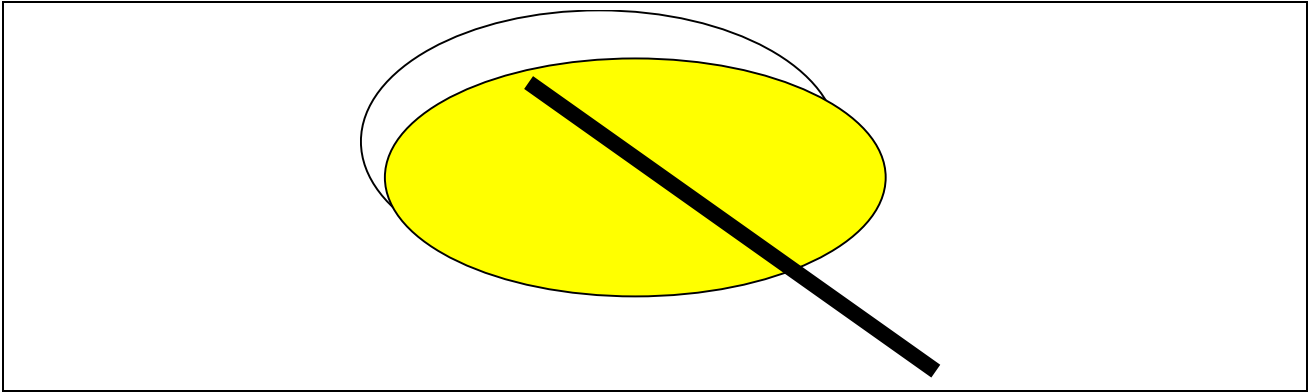


Figura 1. Legenda (caso não seja de autoria própria citar e referenciar [2])

Na Tabela 3, oi oioioio oioioio oioioi oioioioi oioioioio oioioioioio oioioioi oioioioioi oioioio oioio oioioi oioio oioioioi.

Tabela 3. Nome da tabela (caso não seja de autoria própria citar e referenciar)

Título da Coluna 1	Título da Coluna 2	Título da Coluna 3
Dado: Linha 1, Coluna 1	Dado: Linha 1, Coluna 2	Dado: Linha 1, Coluna 2
Dado: Linha 2, Coluna 1	Dado: Linha 2, Coluna 2	Dado: Linha 2, Coluna 2
Dado: Linha 3, Coluna 1	Dado: Linha 3, Coluna 2	Dado: Linha 3, Coluna 2

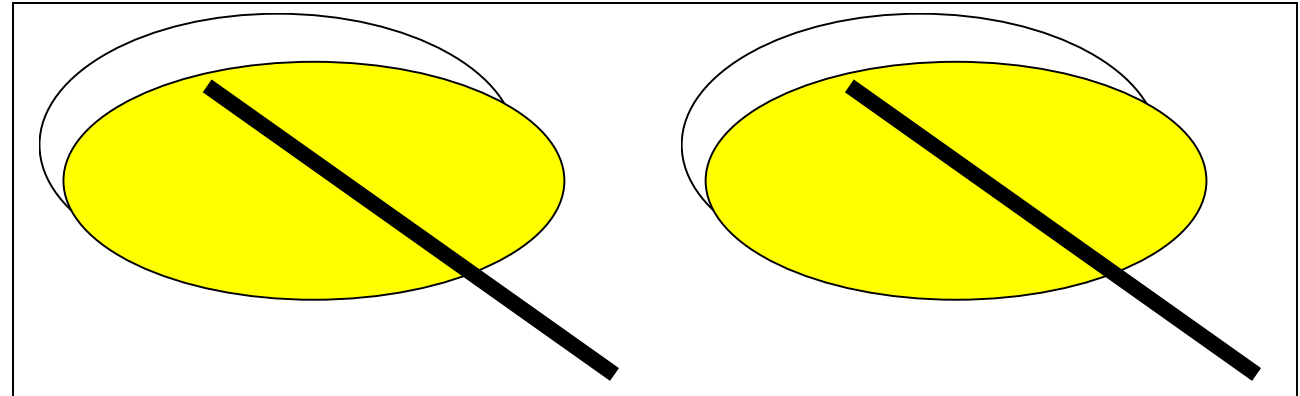
Na Tabela 4, oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi.

Tabela 4. Nome da tabela (caso não seja de autoria própria citar e referenciar)

Título da Coluna 1	Título da Coluna 2	Título da Coluna 3
Dado: Linha 1, Coluna 1	Dado: Linha 1, Coluna 2	Dado: Linha 1, Coluna 2
Dado: Linha 2, Coluna 1	Dado: Linha 2, Coluna 2	Dado: Linha 2, Coluna 2
Dado: Linha 3, Coluna 1	Dado: Linha 3, Coluna 2	Dado: Linha 3, Coluna 2

Na Figura 2, oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi.

Na Figura 3, oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oio.



(a)	(b)
-----	-----

Figura 2. Legenda (caso não seja de autoria própria citar e referenciar)

```
main:
lw $t0, 0($zero)
add $t1, $t0, $t0
sw $t1, 0($zero)
loop:
sub $s0, $t1, $t0
sub $s1, $t0, $t1
slt $t2, $s0, $s1
slt $t3, $s1, $s0
and $s2, $s0, $s1
or $s3, $s0, $s1
beq $t2, $zero, loop
```

Figura 3. Legenda (caso não seja de autoria própria citar e referenciar)

Equação 1

[FIM DE SEÇÃO. Não remova esta quebra de seção]





#### 4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi  
oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi.

Oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi  
oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi oioioi oioioioi.

[FIM DE SEÇÃO. Não remova esta quebra de seção]

- [FIM DE SEÇÃO. Não remova esta quebra de seção]

## REFERÊNCIAS

- [1] HAYKIN, S.; MOHER, M. Sistemas Modernos de Comunicação Wireless. [S.l.]: Bookman, 2008.
- [2] HAYKIN, S.; MOHER, M. Introduction to Analog and Digital Communication. 2. ed. [S.l.]: John Wiley & Sons, Inc., 2007.
- [3] NORONHA, T. B. Equalização Concorrente de Canal para Sistemas Monoportadora com Acesso Múltiplo por Divisão de Frequência. Dissertação (Mestrado), 2012.
- [4] HAYKIN, S. Sistemas de Comunicação: *Analógicos e Digitais*. 4. ed. [S.l.: s.n.], 2004.
- [5] PINTO, E. L.; ALBUQUERQUE, C. P. d. A técnica de transmissão OFDM. 2002.
- [6] ROHDE&SCHWARZ. 802.11ac Technology Introduction. [S.l.], 2012.

[FIM DE SEÇÃO. Não remova esta quebra de seção]



## APÊNDICE

Deverão ser incluídos, neste tópico, os elementos suplementares elaborados pelo(a) autor(a) da monografia, como organogramas, questionário de pesquisa, roteiro de entrevistas e outros que o acadêmico julgue importante para compreensão do estudo. O apêndice deve obrigatoriamente seguir as normas de formatação estabelecidas e suas abreviaturas, figuras e tabelas devem ser incluídas nas listas correspondentes. Os apêndices devem ser numerados em A, B, C, etc.

[FIM DE SEÇÃO. Não remova esta quebra de seção]

## ANEXO

Deverão ser incluídos, neste tópico, os elementos suplementares **não elaborados** pelo(a) autor(a) da monografia, como leis, normas, esclarecimentos técnicos ou documentação, que o acadêmico julgue importante para compreensão do estudo, devendo ser citados no decorrer do trabalho. No anexo **não é obrigado** a seguir as normas de formatação estabelecidas e suas abreviaturas, figuras e tabelas **não devem ser** incluídas nas listas correspondentes. Os anexos devem ser numerados em I, II, III, etc.