



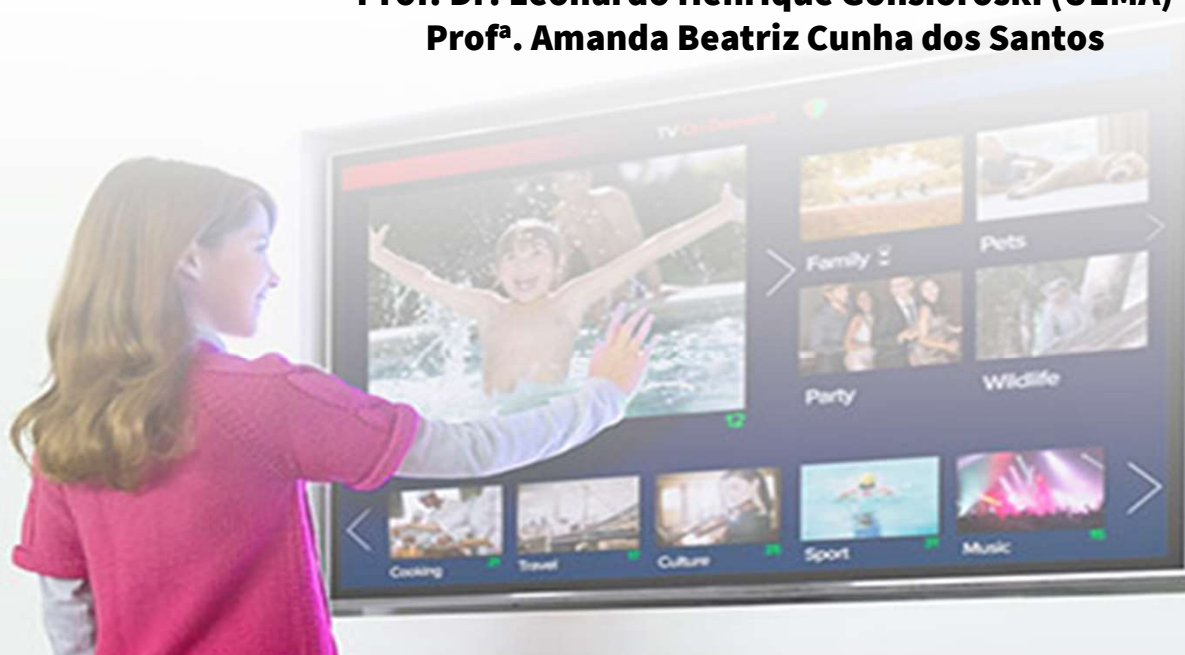
XLIII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e
Processamento de Sinais



MINICURSO

TV Digital 3.0: desvendando o futuro da radiodifusão digital no Brasil

Prof. Dr. Leonardo Henrique Gonsioroski (UEMA)
Prof^a. Amanda Beatriz Cunha dos Santos





UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO



Sobre os Autores:



Leonardo Henrique Gonsioroski
Doutor em Engenharia Elétrica
Professor Adjunto III da UEMA



Amanda Beatriz Cunha dos Santos
Mestre em Engenharia da Computação e Sistemas
Doutoranda em Engenharia Elétrica – PUC-Rio



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO



CREA-MA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Maranhão

Parcerias

Universidades Envolvidas





UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO



CREA-MA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Maranhão

Parcerias

Empresas Envolvidas

DiBEG
Digital Broadcasting Experts Group

ETRI
Electronics and Telecommunications
Research Institute

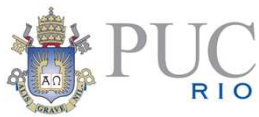


NEC

ATSC



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO



CREA-MA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Maranhão

Parcerias

Apoio



CREA-MA

Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Maranhão

Tópicos do Minicurso

1. Introdução a TV Digital
2. Evolução da TV no Brasil e no Mundo
3. Fundamentos de Camada Física do Sistema ISDB-T Avançado e do ATSC 3.0
4. Avaliação de Desempenho de Camada Física
5. Estudos de Caso
6. Considerações Finais e Perspectivas Futuras



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO



CREA-MA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Maranhão

Introdução

1. Introdução a TV Digital

Importância da TV Aberta



212 milhões de pessoas



70 milhões de domicílios
5570 municípios



98% domicílios com TV



85% urbana
42% está no Sudeste



8,5 milhões km² (mais de 8 espanhas+franças)
120 mercados (nacional, + regional + local)

Impacto Cultural e Social

São João de Campina Grade

Parintins



Carnaval Rio



Frevo Pernambucano



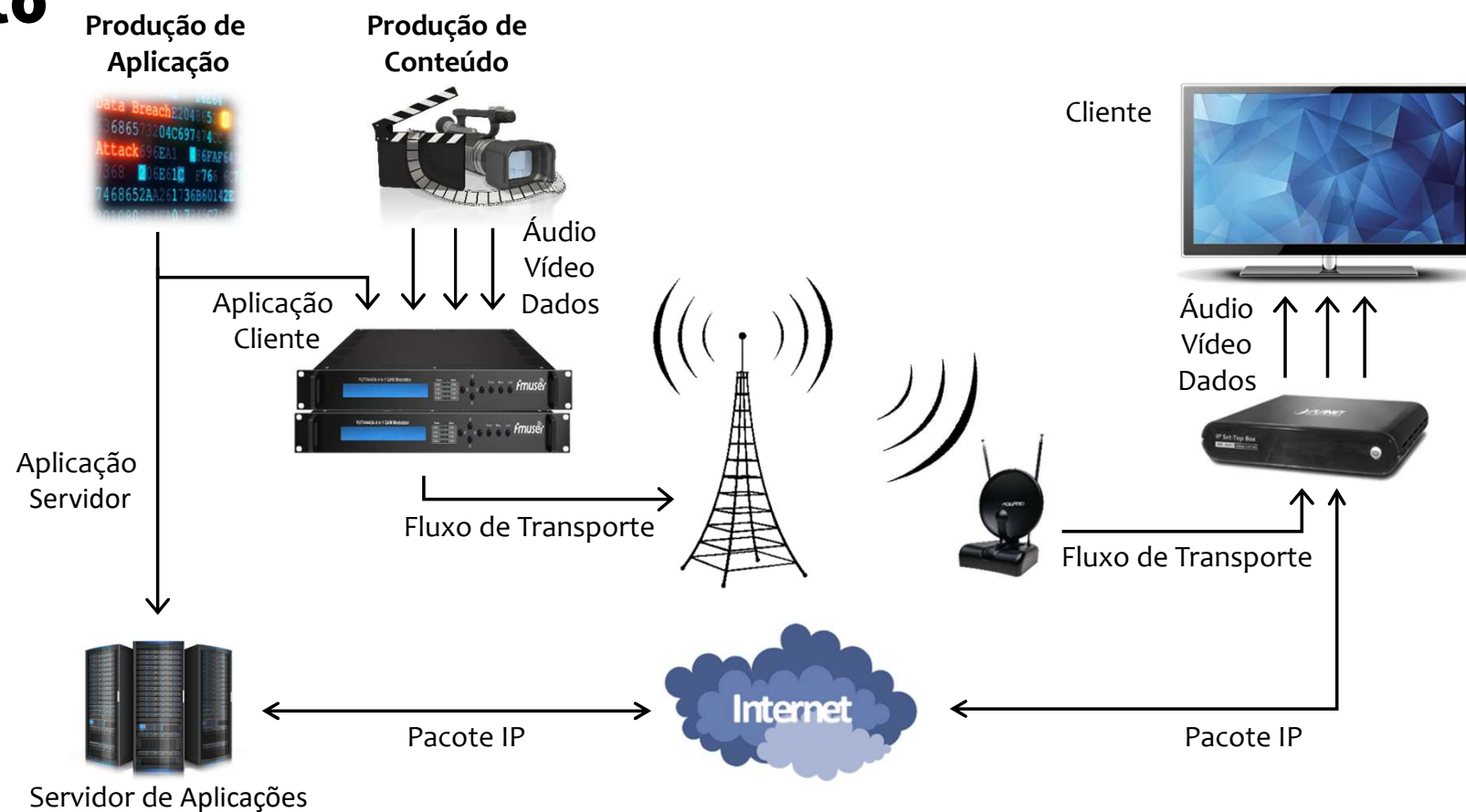
Festa Farroupilha



MÍDIAS SOCIAIS 04/02/2021, 18:24

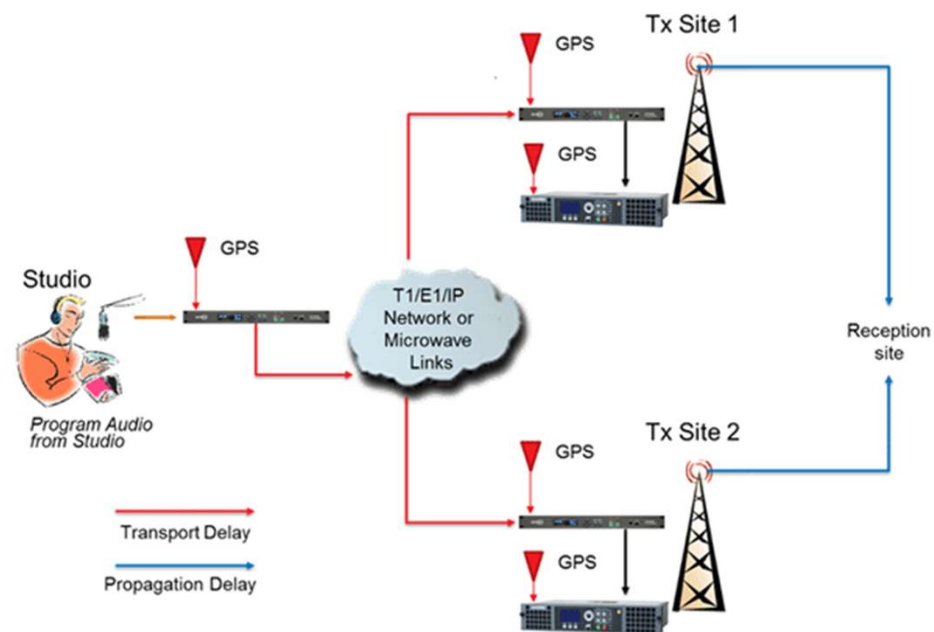
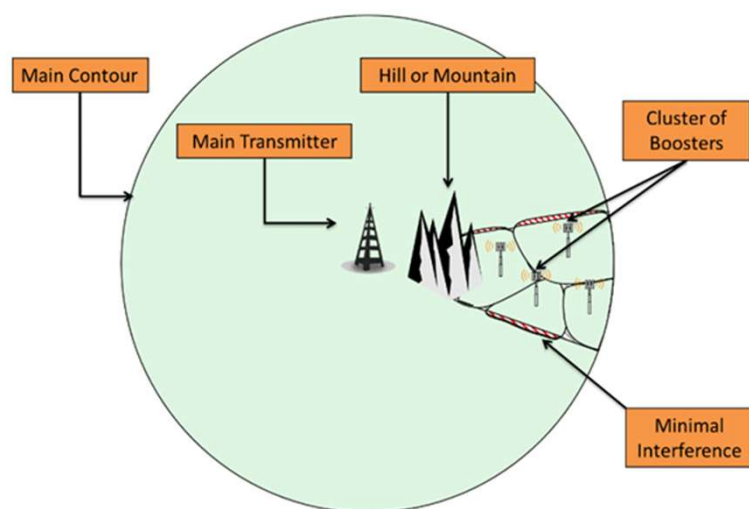
TV aberta foi responsável por 90% dos tweets sobre conteúdos de vídeo em 2020, segundo a Kantar Ibope

Funcionamento da TV Digital no Brasil

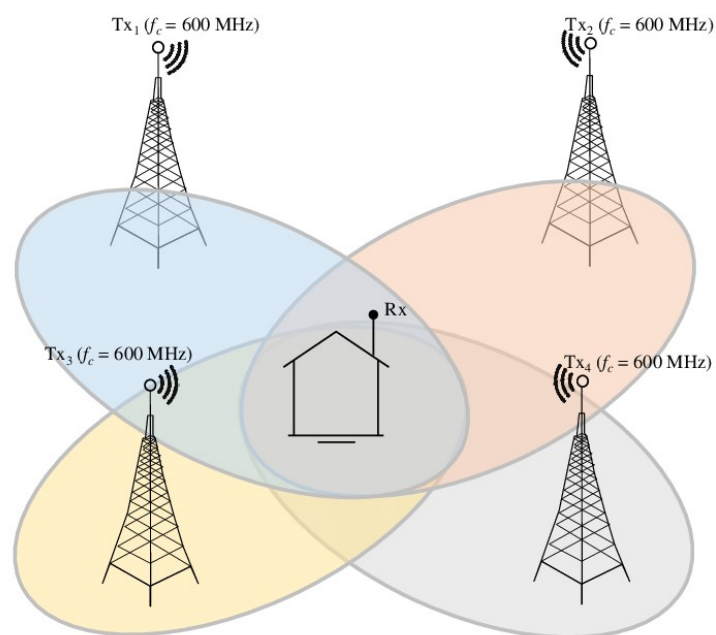


Redes de Frequência Única

As emissoras de rádio e TV há muito adotam as redes de frequência única, ou SFNs, como a forma mais eficiente de cobrir um mercado ou região usando o mesmo canal. SFNs oferecem eficiência e desempenho excepcionais para uso de espectro, pois podem suportar muitos programas na mesma frequência em vez de usar várias frequências para entregar conteúdo.



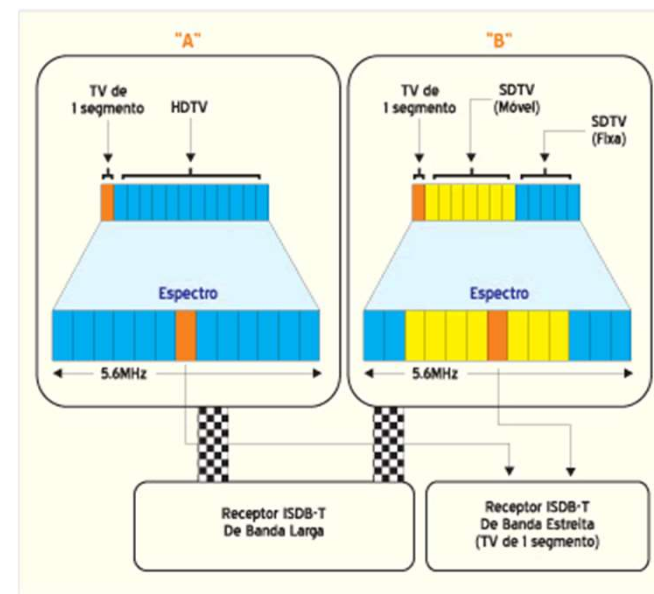
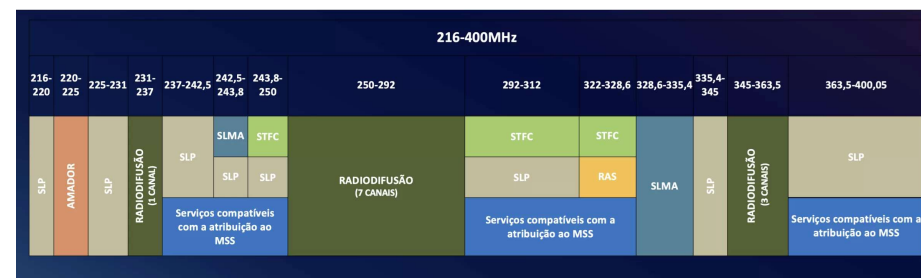
Redes de Frequência Única



Canalização da TV Digital no Brasil

Channel ID	Band	Center Frequency [MHz]	BW [MHz]	Region ID	Region broadcaster ID	TV SID (HEX)	NID (HEX)	remote_control_key_id
0		Configured by SW, default 173.143MHz	6					
1	VHF	93.143	6	1	0	400	7FE0	1
2	VHF	99.143	6	2	0	800	7FD0	1
3	VHF	105.143	6	3	0	C00	7FC0	1
4	VHF	159.1428571	6	4	0	1000	7FB0	1
5	VHF	165.1428571	6	5	0	1400	7FA0	1
6	VHF	171.1428571	6	6	0	1800	7F90	1
7	VHF	177.1428571	6	1	1	408	7FE1	2
8	VHF	183.1428571	6	2	1	808	7FD1	2
9	VHF	189.1428571	6	3	1	C08	7FC1	2
10	VHF	195.1428571	6	4	1	1008	7FB1	2
11	VHF	201.1428571	6	5	1	1408	7FA1	2
12	VHF	207.1428571	6	6	1	1808	7F91	2
13	UHF IV	213.1428571	6	1	2	410	7FE2	3
14	UHF IV	473.1428571	6	1	2	410	7FE2	3
15	UHF IV	479.1428571	6	2	2	810	7FD2	3
16	UHF IV	485.1428571	6	3	2	C10	7FC2	3
17	UHF IV	491.1428571	6	4	2	1010	7FB2	3
18	UHF IV	497.1428571	6	5	2	1410	7FA2	3
19	UHF IV	503.1428571	6	6	2	1810	7F92	3
20	UHF IV	509.1428571	6	1	3	418	7FE3	4
21	UHF IV	515.1428571	6	2	3	818	7FD3	4
22	UHF IV	521.1428571	6	3	3	C18	7FC3	4
23	UHF IV	527.1428571	6	4	3	1018	7FB3	4
24	UHF IV	533.1428571	6	5	3	1418	7FA3	4
25	UHF IV	539.1428571	6	6	3	1818	7F93	4
26	UHF IV	545.1428571	6	1	4	420	7FE4	5
27	UHF IV	551.1428571	6	2	4	820	7FD4	5
28	UHF IV	557.1428571	6	3	4	C20	7FC4	5

29	UHF IV	563.1428571	6	4	4	1020	7FB4	5
30	UHF IV	569.1428571	6	5	4	1420	7FA4	5
31	UHF IV	575.1428571	6	6	4	1820	7F94	5
32	UHF IV	581.1428571	6	1	5	428	7FE5	6
33	UHF IV	587.1428571	6	2	5	828	7FD5	6
34	UHF IV	593.1428571	6	3	5	C28	7FC5	6
35	UHF IV	599.1428571	6	4	5	1028	7FB5	6
36	UHF V	605.1428571	6	5	5	1428	7FA5	6
37	UHF V	611.1428571	6	6	5	1828	7F95	6
38	UHF V	617.1428571	6	1	6	430	7FE6	7
39	UHF V	623.1428571	6	2	6	830	7FD6	7
40	UHF V	629.1428571	6	3	6	C30	7FC6	7
41	UHF V	635.1428571	6	4	6	1030	7FB6	7
42	UHF V	641.1428571	6	5	6	1430	7FA6	7
43	UHF V	647.1428571	6	6	6	1830	7F96	7
44	UHF V	653.1428571	6	1	7	438	7FE7	8
45	UHF V	659.1428571	6	2	7	838	7FD7	8
46	UHF V	665.1428571	6	3	7	C38	7FC7	8
47	UHF V	671.1428571	6	4	7	1038	7FB7	8
48	UHF V	677.1428571	6	5	7	1438	7FA7	8
49	UHF V	683.1428571	6	6	7	1838	7F97	8
50	UHF V	689.1428571	6	1	8	440	7FE8	9
51	UHF V	695.1428571	6	2	8	840	7FD8	9
52	UHF V	701.1428571	6	3	8	C40	7FC8	9
53	UHF V	707.1428571	6	4	8	1040	7FB8	9
54	UHF V	713.1428571	6	5	8	1440	7FA8	9
55	UHF V	719.1428571	6	6	8	1840	7F98	9
56	UHF V	725.1428571	6	1	9	448	7FE9	10
57	UHF V	731.1428571	6	2	9	848	7FD9	10
58	UHF V	737.1428571	6	3	9	C48	7FC9	10
59	UHF V	743.1428571	6	4	9	1048	7FB9	10
60	UHF V	749.1428571	6	5	9	1448	7FA9	10
61	UHF V	755.1428571	6	6	9	1848	7F99	10
62	UHF V	761.1428571	6	1	10	450	7FEA	11
63	UHF V	767.1428571	6	2	10	850	7FDA	11
64	UHF V	773.1428571	6	3	10	C50	7FCA	11
65	UHF V	779.1428571	6	4	10	1050	7FBA	11



Canalização da TV Digital no Brasil

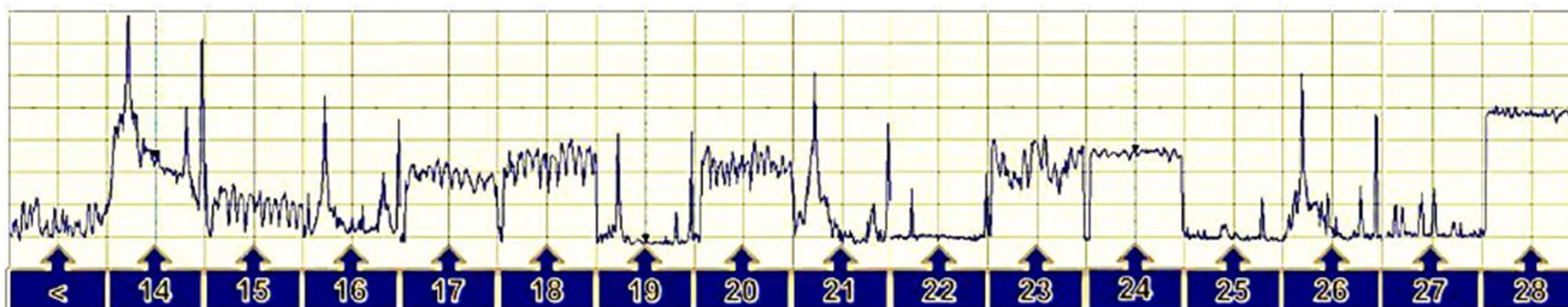


Fig. 3.1 – Espectro de UHF (canais 14 a 28), Sinais Analógicos e Digitais (São Paulo - 2008)



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO



CREA-MA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Maranhão

Evolução

2. Evolução da TV no Brasil e No Mundo

Evolução da TV no Brasil



1950
TV 1.0

SINAL ANALÓGICO

Imagens em
Preto e Branco



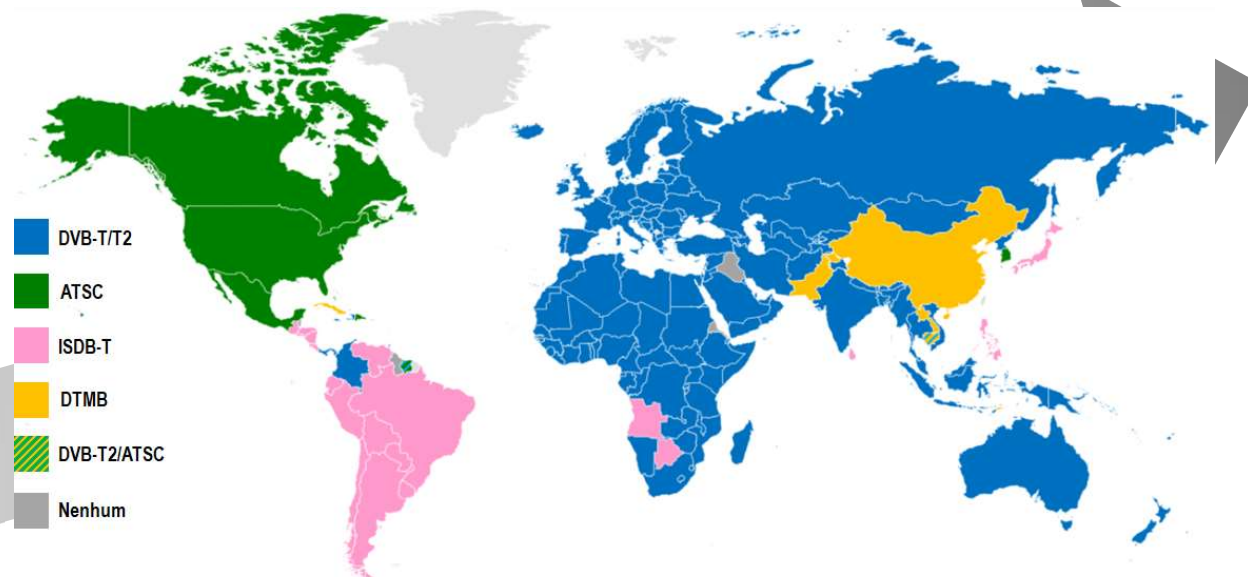
1972
TV 1.5

SINAL ANALÓGICO
Imagem Colorida

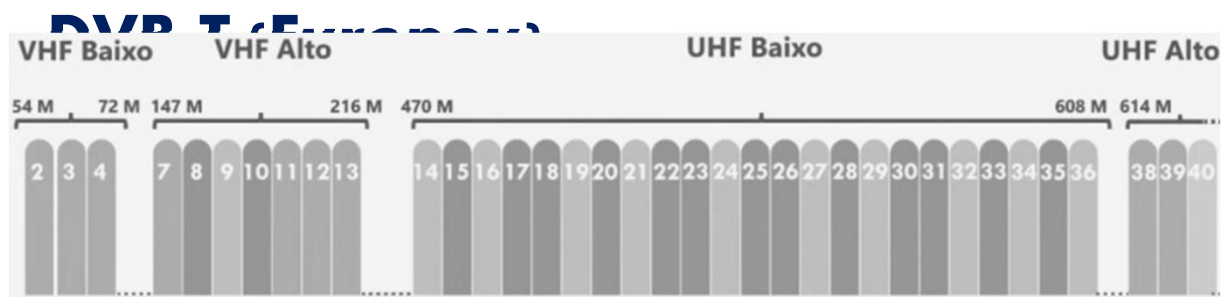


2007
TV 2.0

SINAL DIGITAL - Ginga
Mobilidade
Interatividade



ATSC (Americano)



TV Digital 2.0 – Alta Definição (Som e Imagem de Alta Qualidade)



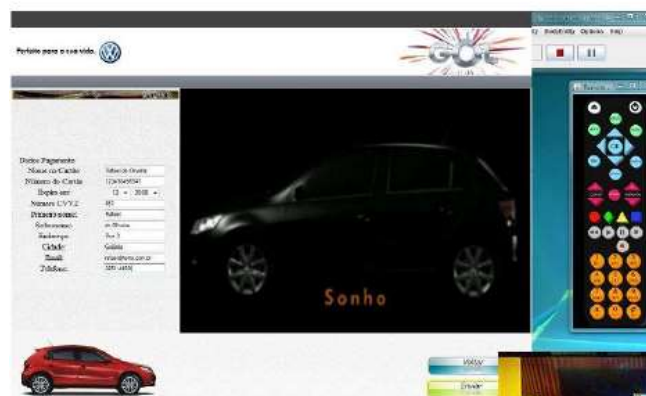
- **LDTV** (Low Definition Television) : opção que utiliza uma baixa resolução (menor que nos padrões analógicos) e será utilizado na transmissão para receptores móveis (celulares etc.).
 - 240 linhas e 320 pixels/linha
 - 4:3
- **SDTV** (Standard Definition Television) : possui uma definição praticamente igual (um pouco melhor) à obtida nos padrões analógicos, porém, com técnicas de compressão digital ocupa uma parcela do espectro muito menor.
 - 480 linhas e 640 pixels/linha
 - 4:3
- **EDTV** (Enhanced Definition Television) : opção intermediária entre o SDTV e o HDTV. Com isso, possui uma boa definição de imagem, porém sem ocupar toda a banda disponível. Esta resolução não é utilizada pelo padrão japonês (ISDB-T).
 - 720 linhas e 1280 pixels/linha
 - 16:9
- **HDTV** (High Definition Television) : opção que utiliza uma resolução de imagem altíssima, porém, desta forma ocupa quase toda a banda disponível do canal de 6 MHz.
 - 1080 linhas e 1920 pixels/linha
 - 16:9

TV Digital 2.0 – Características

A Arquitetura de um sistema de TV Digital é composta por:

- **Conteúdo e Aplicação:** Camada de captura e formatação de dados. Desenvolvimento de aplicativos Interativos;

Governo Eletrônico
Comércio Eletrônico
Educação
Saúde
Entretenimentos
interativos (jogos, ...)



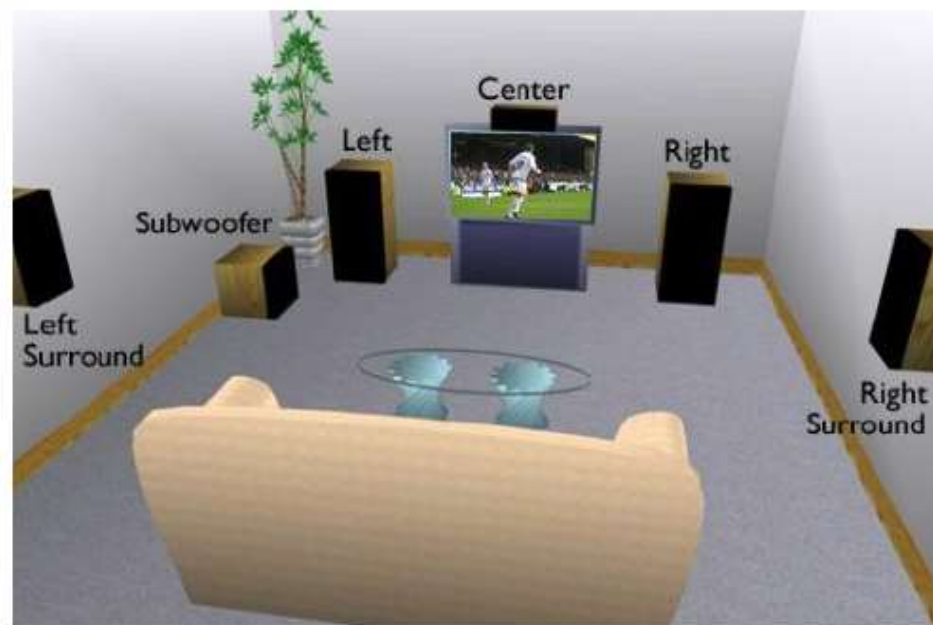
TV Digital 2.0 – Características

A Arquitetura de um sistema de TV Digital é composta por:

- Conteúdo e Aplicação: Camada de captura e formatação de dados. Desenvolvimento de aplicativos Interativos;
- **Camada de Compressão**: Remove redundâncias de forma a diminuir a taxa de transmissão;

TV Digital 2.0 – Características

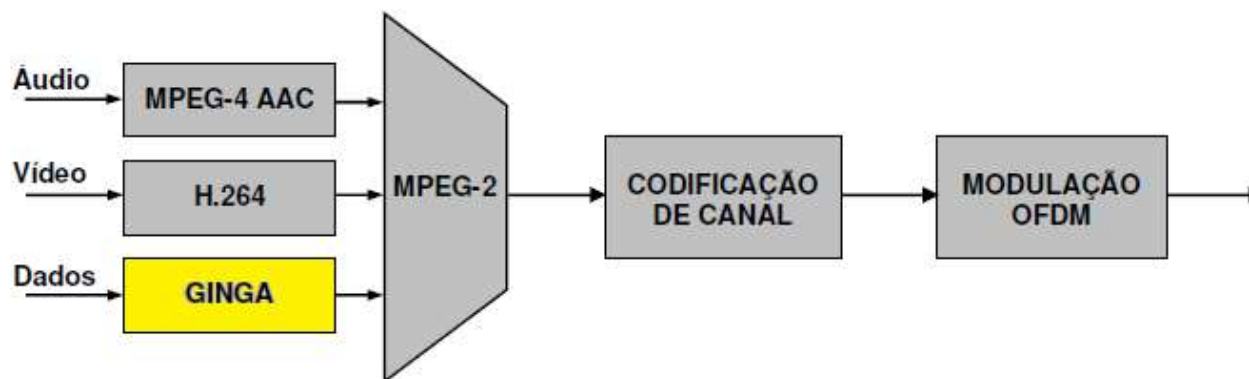
- Um sinal no padrão HDTV (High Definition TV) pode atingir taxas de mais de 1 Gbps. Esta taxa é impraticável em um canal de 6 MHz.
- Para reduzir a taxa de transmissão, usa-se o padrão de compressão de vídeo **H.264**, baseado no **MPEG-4 AVC** que reduz a taxa para 10 ou 20 Mbps, dependendo da qualidade de vídeo desejada. Com isto, tornou-se possível a transmissão de canais de alta qualidade na banda de 6 MHz.
- O áudio também ganhou muito em qualidade com a digitalização, tornando possível a transmissão do áudio multicanal (mais de 2 canais).
- Da mesma forma que o vídeo, o áudio também precisou ser comprimido utilizando o **MPEG-4 AAC**, sem comprometer a qualidade.



TV Digital 2.0 – Características

A Arquitetura de um sistema de TV Digital é composta por:

- Conteúdo e Aplicação: Camada de captura e formatação de dados. Desenvolvimento de aplicativos Interativos;
- Camada de Compressão: Remove redundâncias de forma a diminuir a taxa de transmissão;
- **Middleware**: Software de integração de subcamadas.



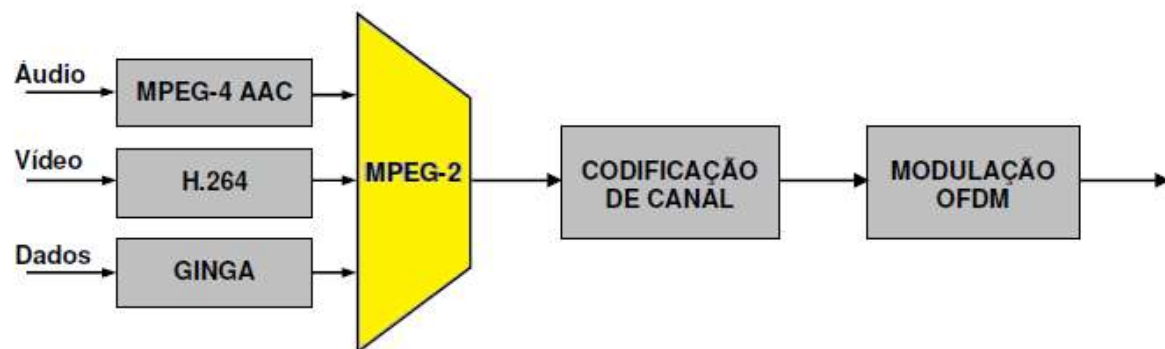
GINGA

- Ginga é a camada de software intermediário (**middleware**) que permite o desenvolvimento de aplicações interativas para a TV Digital de forma independente da plataforma de hardware dos fabricantes de terminais de acesso (set-top boxes).
- Esta plataforma reúne um conjunto de tecnologias e inovações brasileiras que o tornam a especificação de middleware mais avançada e, ao mesmo tempo, mais adequada à realidade do país.
- O Middleware Ginga pode ser dividido em dois subsistemas principais, que permitem o desenvolvimento de aplicações seguindo dois paradigmas de programação diferentes.
 - **Ginga-J**: foi desenvolvido para prover uma infra-estrutura de execução de aplicações baseadas em linguagem Java, com facilidades especificamente voltadas para o ambiente de TV digital.
 - **Ginga-NCL**: foi desenvolvido para prover uma infra-estrutura de apresentação de aplicações baseadas em documentos hipermídia escritos em linguagem NCL, com facilidades para a especificação de aspectos de interatividade, sincronismo espaço-temporal de objetos de mídia, adaptabilidade e suporte a múltiplos dispositivos.

TV Digital 2.0 – Características

A Arquitetura de um sistema de TV Digital é composta por:

- Conteúdo e Aplicação: Camada de captura e formatação de dados. Desenvolvimento de aplicativos Interativos;
- Camada de Compressão: Remove redundâncias de forma a diminuir a taxa de transmissão;
- Middleware: Software de integração de subcamadas.
- **Multiplexação**: Camada que gera único feixe de dados (vídeo, audio e aplicações);

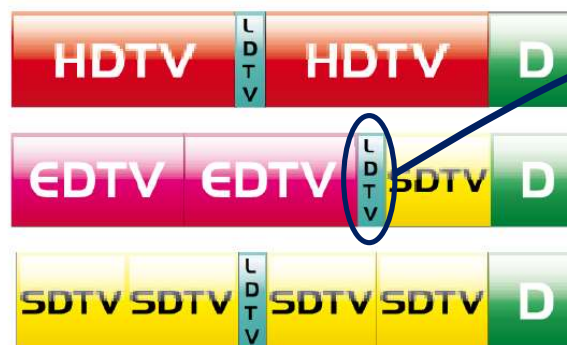


Além do áudio e do vídeo de alta definição, também foi possível introduzir um canal de serviços na banda de 6 MHz. Estes 3 sinais (áudio+vídeo+serviços) são multiplexados, utilizando a **Tecnologia MPEG-2**, formando o FEIXE DIGITAL, de aproximadamente 20 Mbps. Este feixe digital será aplicado ao modulador.

Na TV Digital trafegam em apenas um canal de 6 MHz: serviços, áudio e vídeo de alta definição.

Multiplexação

- Multi-programação: Múltiplos programas dentro de um mesmo canal;



Otimização do Espectro Radioelétrico

- Recepção móvel e portátil.



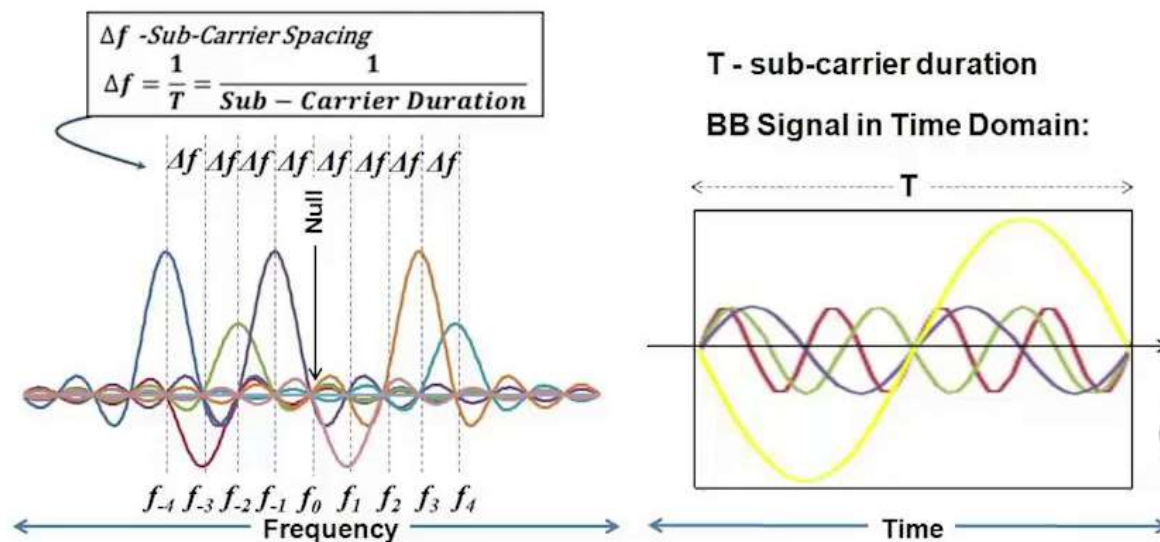
TV Digital 2.0 – Características

A Arquitetura de um sistema de TV Digital é composta por:

- **Conteúdo e Aplicação**: Camada de captura e formatação de dados. Desenvolvimento de aplicativos Interativos;
- **Camada de Compressão**: Remove redundâncias de forma a diminuir a taxa de transmissão;
- **Middleware**: Software de integração de subcamadas.
- **Multiplexação**: Camada que gera único feixe de dados (vídeo, audio e aplicações);
- **Camada Física**: Meio de transmissão;

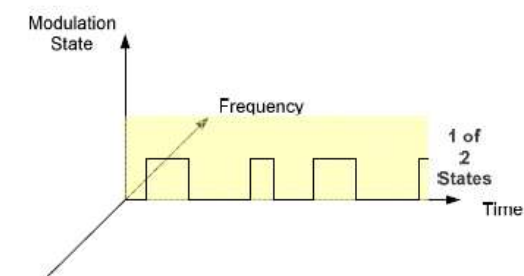
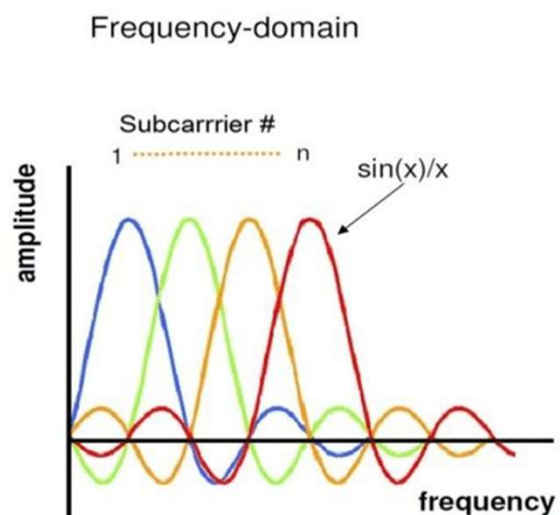
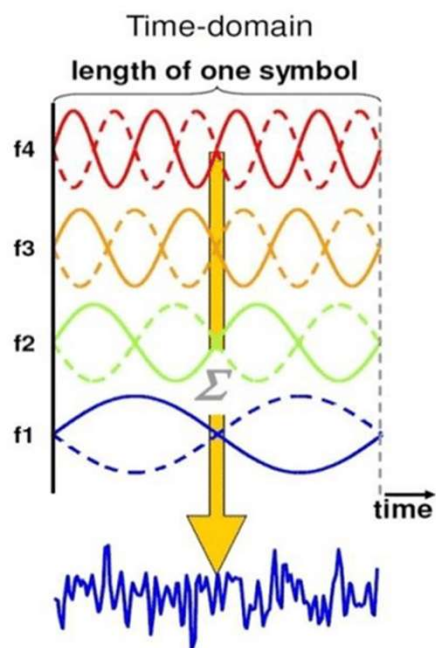
OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex)

- OFDM é um método de transmissão de informações por um canal físico, onde um grande número de símbolos são transmitidos ao mesmo tempo.
- O uso de OFDM tem muitas vantagens, incluindo alta eficiência de espectro, resistência contra interferência de multipercurso (particularmente em comunicações sem fio).
- As sub-portadoras são espaçadas no entorno da frequência central sem interferência entre elas. Isso porque, uma vez que as sub-portadoras são ortogonais entre si, o pico de cada sub-portadora coincide com os nulos das demais sub-portadoras.



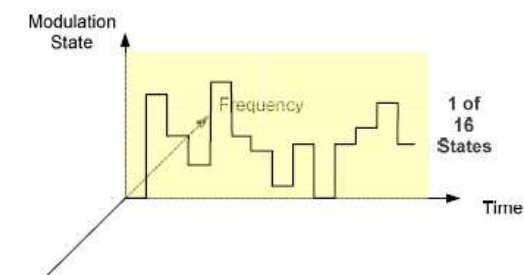
OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex)

- Aumento da Taxa de Transmissão



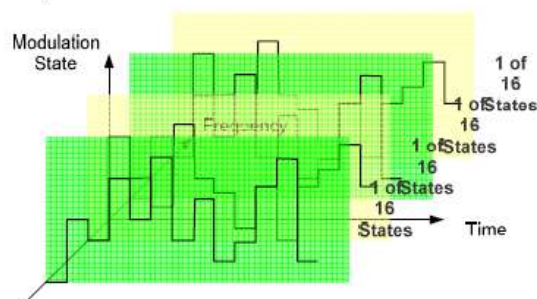
Single carrier
simple modulation
(e.g. ASK)

1 bit at a time



Single Carrier
Complex Modulation
(e.g. 16QAM)

4 bits at a time

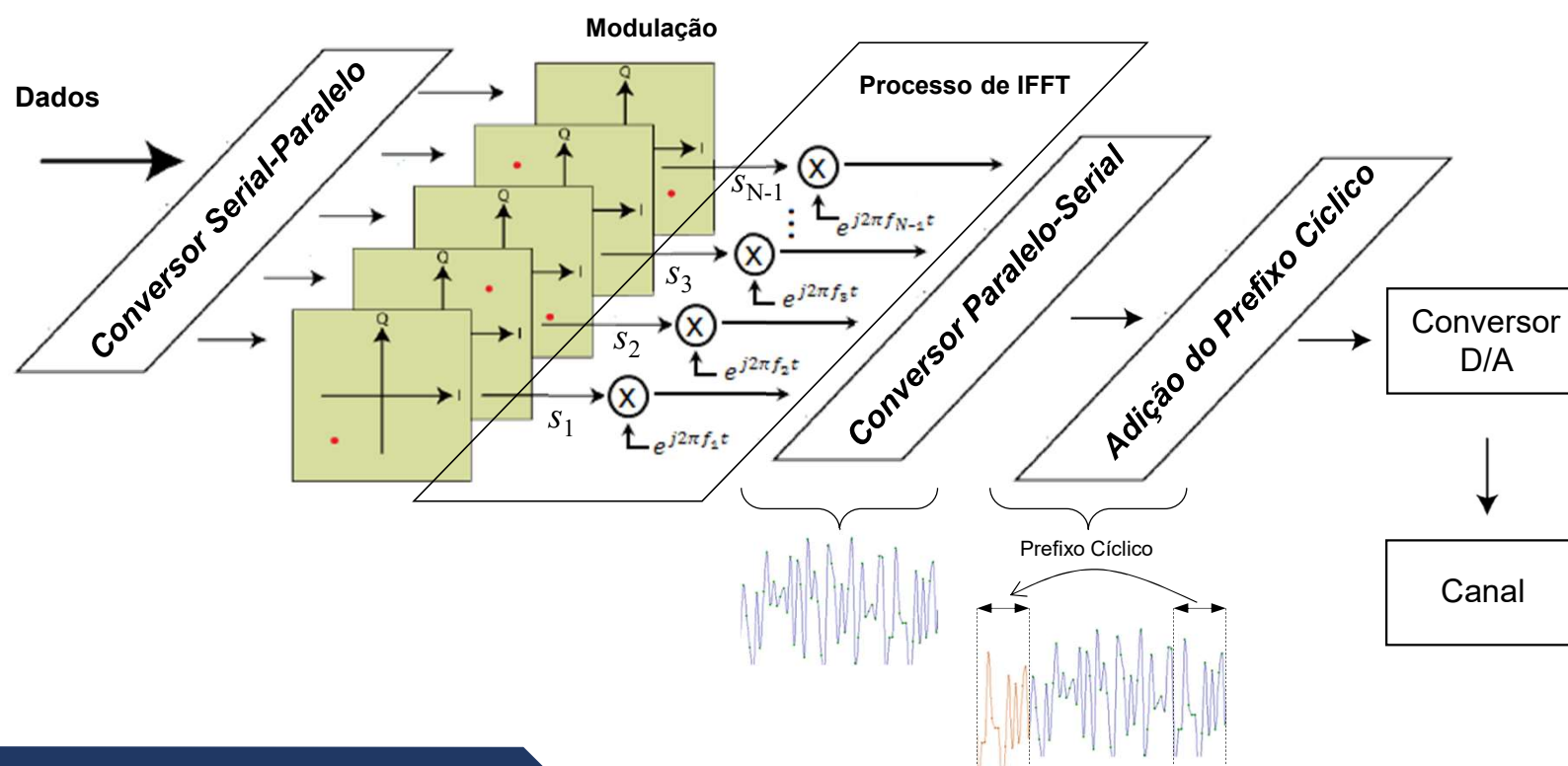


Multicarrier
complex modulation
(e.g. four carrier 16QAM)

16 bits at a time

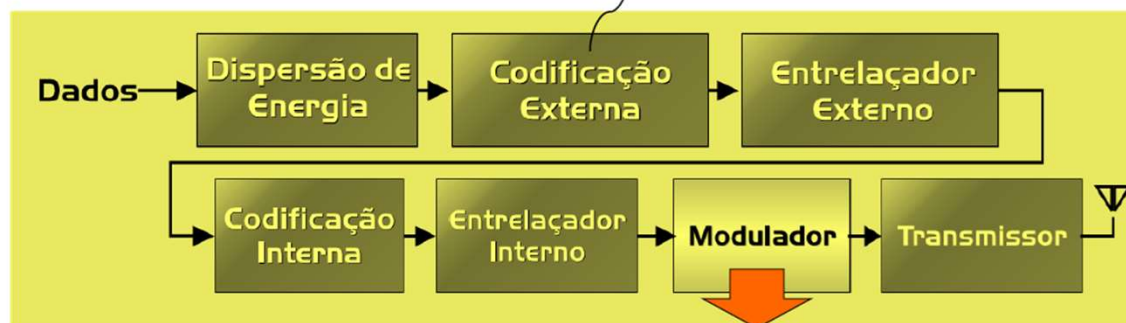
OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex)

- Construção do Sinal OFDM

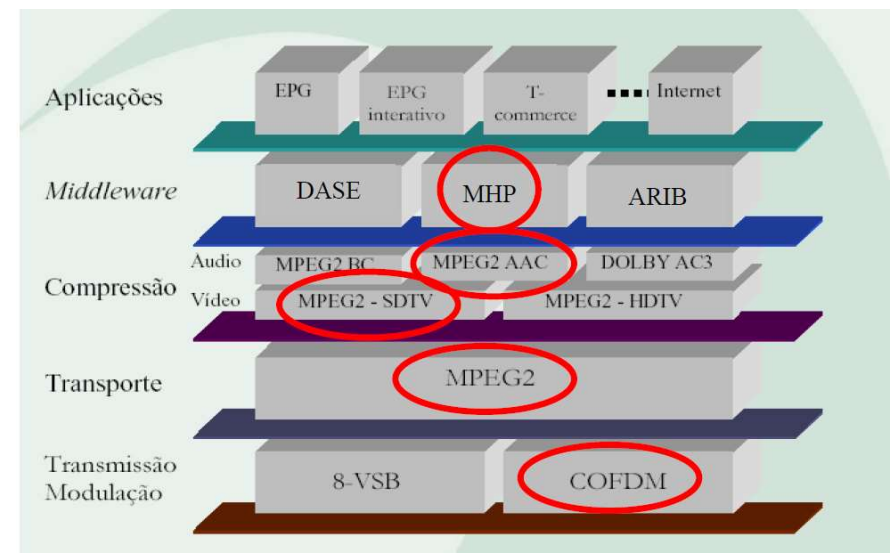


Padrões de TV 2.0

- ATSC (Advanced Television Systems Committee)
 - DVB-T (Digital Video Broadcasting)
 - ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial)
- Reed-Solomon**



ATSC → 8VSB (Vestigial Side Band)
DBV-T e ISDB-T → COFDM e M-QAM



Sistema Brasileiro de TV Digital (SBTVD)

- Com base no padrão japonês;
- Padrão definido no Decreto n. 5.820 de 29 de junho de 2006
- Modificação na compressão com uso do H.264;
- O middleware utilizado é o Ginga, desenvolvido pela PUC-RJ;
- Codificação de Canal
 - Código Externo: Reed Solomon de 16 bytes para cada grupo de 188 bytes de informação RS (204,188);
 - Código Interno: Convolutacional com taxa de $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{5}{6}$ ou $\frac{7}{8}$
- Entrelaçamento em tempo e em frequência;

- Segmentação de Banda:

- Subportadoras divididas em 13 segmentos;
- Agrupação de segmentos para transmitir até 3 programas distintos;



Sistema Brasileiro de TV Digital (SBTVD)

○ Vazão:

Esquema de Modulação	Taxa de Código Convolutio-nal	Taxa de transmissão (kbps)			
		Guarda: 1/4	Guarda: 1/8	Guarda: 1/16	Guarda: 1/32
QPSK ou DQPSK	1/2	280,85	312,06	330,42	340,43
	2/3	374,47	416,08	440,56	453,91
	3/4	421,28	468,09	495,63	510,65
	5/6	468,09	520,10	550,70	567,39
	7/8	491,50	546,11	578,23	595,76
16-QAM	1/2	561,71	624,13	660,84	680,87
	2/3	748,95	832,17	881,12	907,82
	3/4	842,57	936,19	991,26	1021,30
	5/6	936,19	1040,21	1101,40	1134,78
	7/8	983,00	1092,22	1156,47	1191,52
64-QAM	1/2	842,57	936,19	991,26	1021,30
	2/3	1123,43	1248,26	1321,68	1361,74
	3/4	1263,86	1404,29	1486,90	1531,95
	5/6	1404,29	1560,32	1652,11	1702,17
	7/8	1474,50	1638,34	1734,71	1787,28

Sistema Brasileiro de TV Digital (SBTVD)

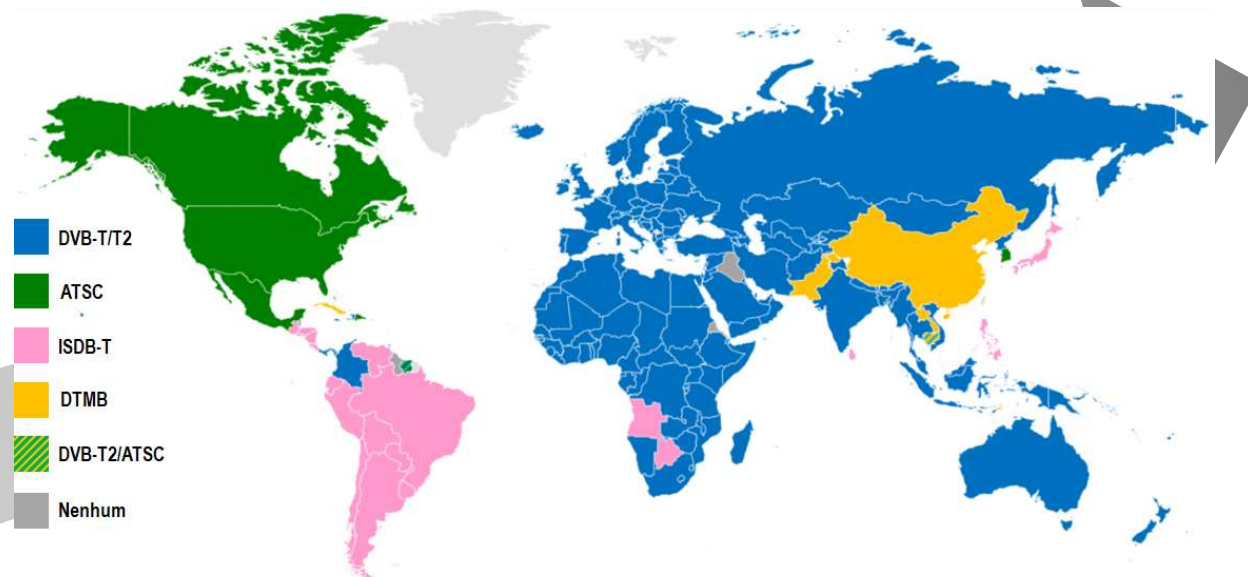
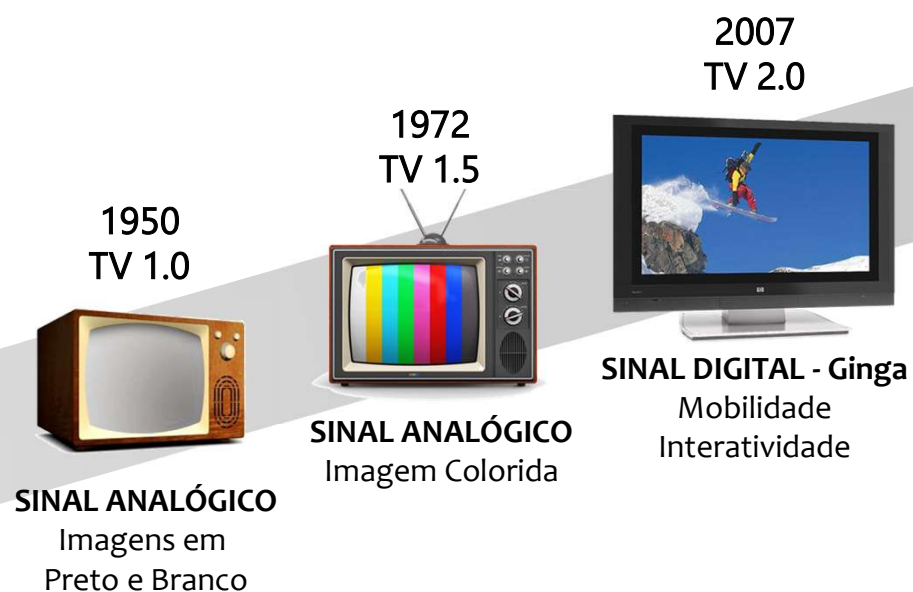
Camada de software intermediário que:

- permite o desenvolvimento de aplicações interativas para a TV Digital de forma independente da plataforma de hardware dos fabricantes de receptores digitais (set-top boxes).
- capaz de executar aplicações interativas nativas (embarcadas pelo fabricante diretamente na memória do set-top box) ou transmitidas via sinal digital pelas redes de TV.

Ginga

- padrão de Middleware definido e especificado pelo Fórum SBTVD.
- Ele está preparado para rodar aplicações desenvolvidas nos paradigmas declarativo NCL e imperativo Java.
- Componentes:
 - Giga Common Core: Exibição de objetos em vários formatos (JPEG, MPEG-4, MP3, GIF, etc)
 - Controla o acesso do canal de retorno

Evolução da TV no Brasil



HDR
Audio Immersion
Broadcasting/Broadband

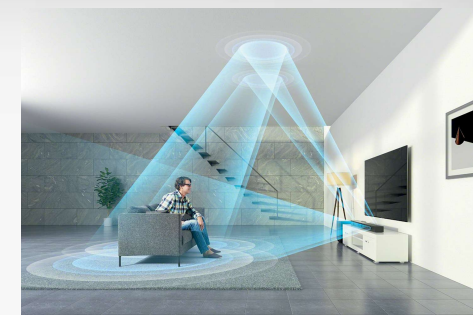
ATSC (Americano)
DVB-T (Europeu)
DTMB (Chinês)
ISDB-T (Japonês)

TV 2.5

Broadcasting/Broadband



Conteúdo sob Demanda



Áudio imersivo
Tecnologia de Cinema na sua Casa

High Dynamic Range



Sony



LG



JVC



LG



Samsung

Recursos usado em fotografias e na tela de TVs para reproduzir
imagens com cores e brilho mais realistas

technicolor
PHILIPS
SL-HDR1



HDR



WHAT THE VIEWER SEES

SDR



WHAT THE VIEWER SEES

MUNDO CONECTADO | ANÁLISES | NOTÍCIAS | ARTIGOS | VÍDEOS | PRODUTOS | ECONOMIZE

ThinQ® sua casa conectada e a sua vida mais prática. [saiba mais](#)

Governo determina que TVs brasileiras tenham DTV Play a partir de 2021

Fabricantes devem adotar o recurso de interatividade do padrão de TV digital aberta brasileira

Por **Mariela Cancelier** | 30/07/2020 às 16:30:29 | 8 | [Reportar erro](#)

set.org.br/set-news/publicada-portaria-do-dtv-play/

Área do associado Log In

SET ASSOCIADO EVENTOS GRUPOS DE TRABALHO PUBLICAÇÕES

SET NEWS / 29/07/2020 / by Isaac Toledo / 0 /

Televisão do futuro: publicada portaria do DTV-Play

Conteúdo **ABERT**

Foi publicada nesta terça-feira (28) a Portaria Interministerial nº 40, assinada em conjunto pelos ministérios da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) e da Economia (ME), que altera o Processo Produtivo Básico para os televisores com tela de cristal líquido, industrializados na Zona Franca de Manaus.

Aguardada com grande expectativa pelo setor de radiodifusão, a portaria atende a um pedido da ABERT ao incluir o DTV Play (perfil D do middleware Ginga) nos televisores, abrindo caminho para a próxima geração da televisão (TV 3.0).

O DTV-Play possibilita maior integração entre broadcast (TV aberta) e broadband (banda larga), proporcionando uma experiência personalizada de reprodução de conteúdo.

A portaria divulgada pelo Ministério, portaria Interministerial nº 40, determina que, a partir de 2021, os televisores tenham o DTV Play (Perfil D do Ginga), recurso de interatividade do padrão de TV digital aberta brasileira.

FÓRUM SBTVD

Associação Brasileira de Rádio e Televisão

Buscar

ABRATTEL | Sobre Nós | Imprensa | Atuação | Contato | [Seja um associado](#)

29/07/2020

Governo determina que TVs tenham DTV Play

Data: 29/07/2020
Veículo: Minha Operadora

Evolução da TV no Brasil

1950
TV 1.0



SINAL ANALÓGICO
Imagens em
Preto e Branco

1972
TV 1.5



SINAL ANALÓGICO
Imagem Colorida

2007
TV 2.0



SINAL DIGITAL - Ginga
Mobilidade
Interatividade

2021
TV 2.5



DTV PLAY – Ginga Perfil D
HDR
Áudio Imersivo
Broadcasting/Broadband

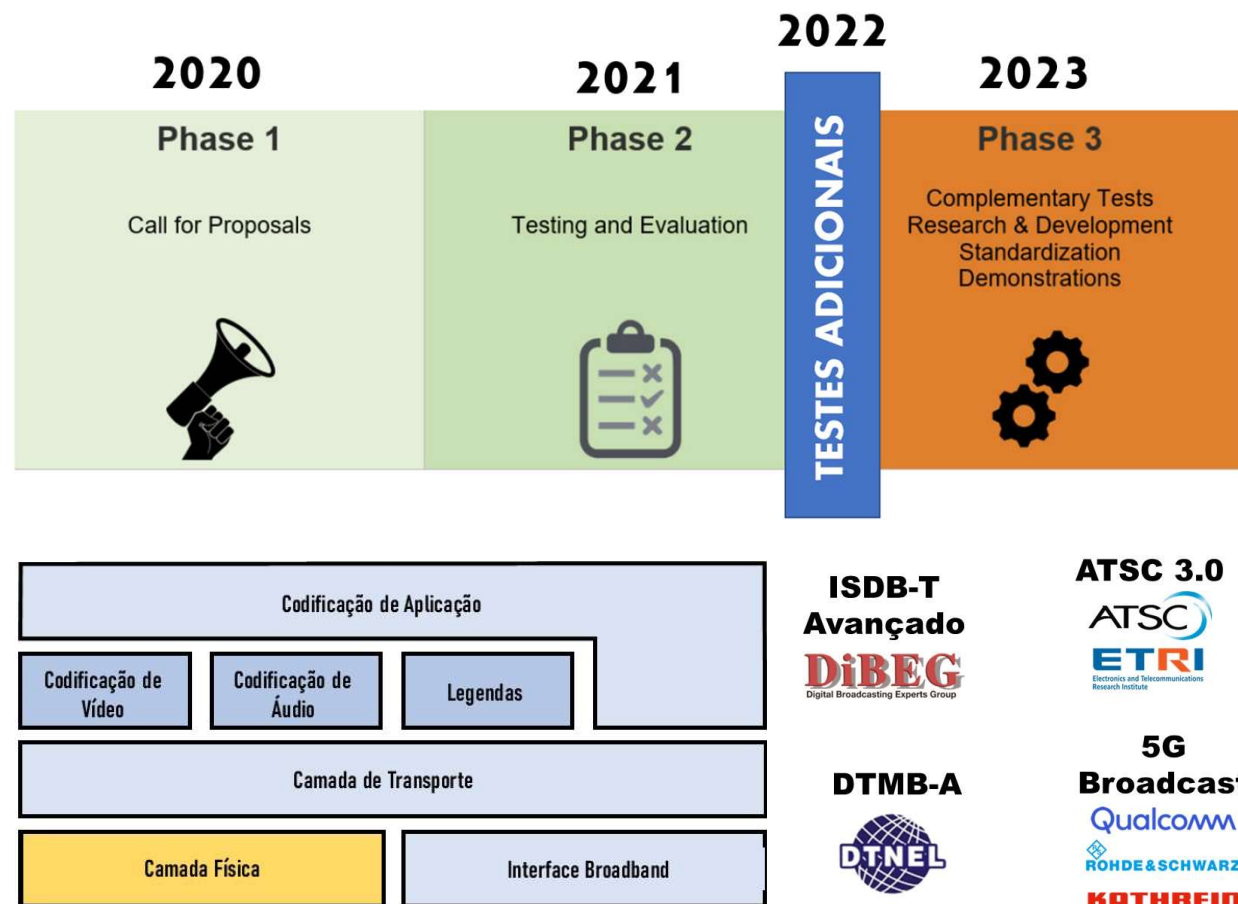
2025
TV 3.0



Comunicação baseado em IP
Broadcasting/Broadband
Experiência baseada em Aplicações
Vídeo UHD/HDR
Áudio Imersivo
Conteúdo Personalizado
Acessibilidade
Reuso-1

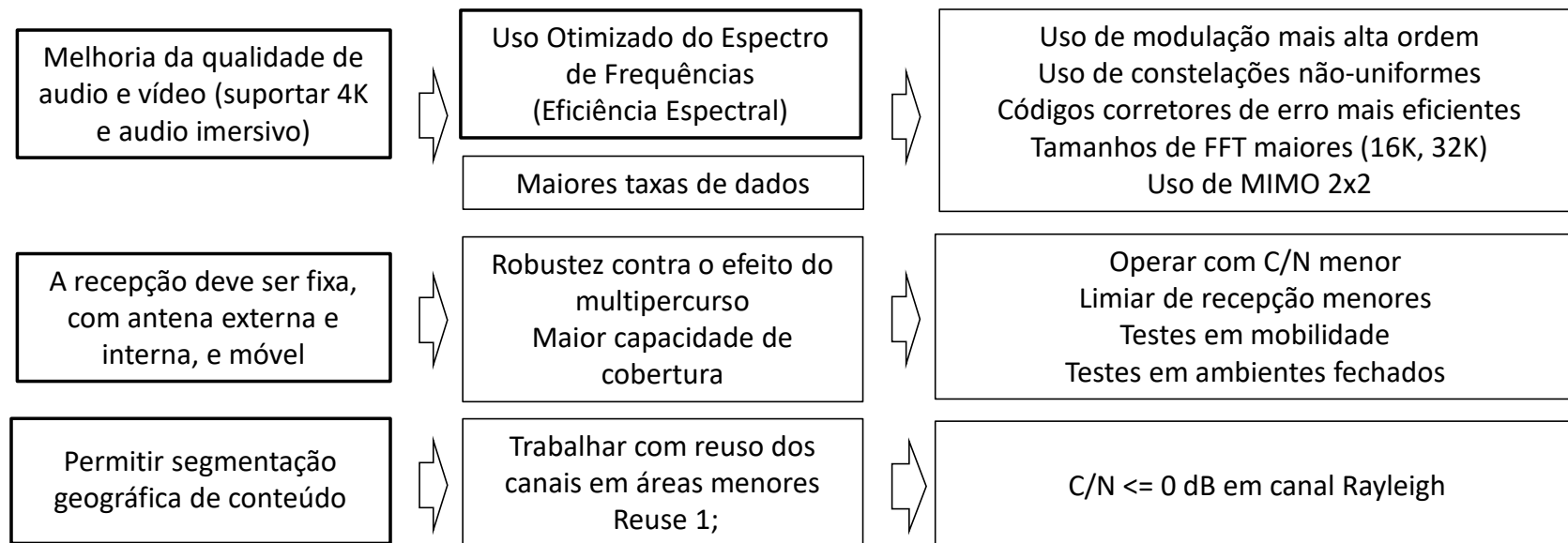
Projeto TV Digital 3.0

- Em 2020, o Governo Federal, lançou uma chamada internacional onde estava estabelecido os principais requisitos da próxima tecnologia de TV digital terrestre brasileiro.
- Os requisitos da TV 3.0 brasileira foi definida pelo **Fórum SBTVD** que ouviu todos os setores envolvidos, tais como, a indústria de radiodifusão, a indústria de software, a indústria de recepção e de transmissão, a academia e representantes do governo.



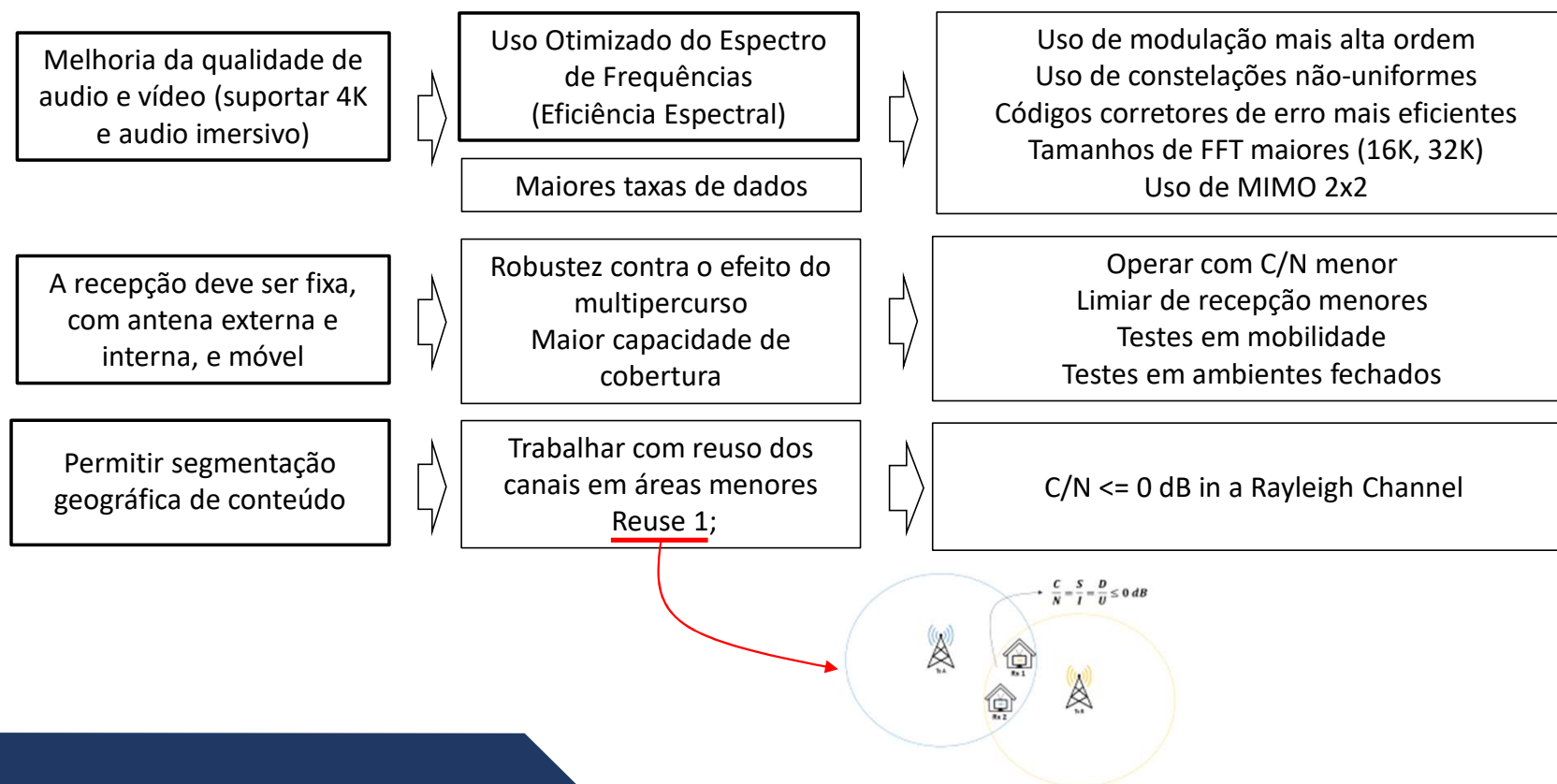
Requisitos do Novo Padrão (Decreto nº 11.484/2023)

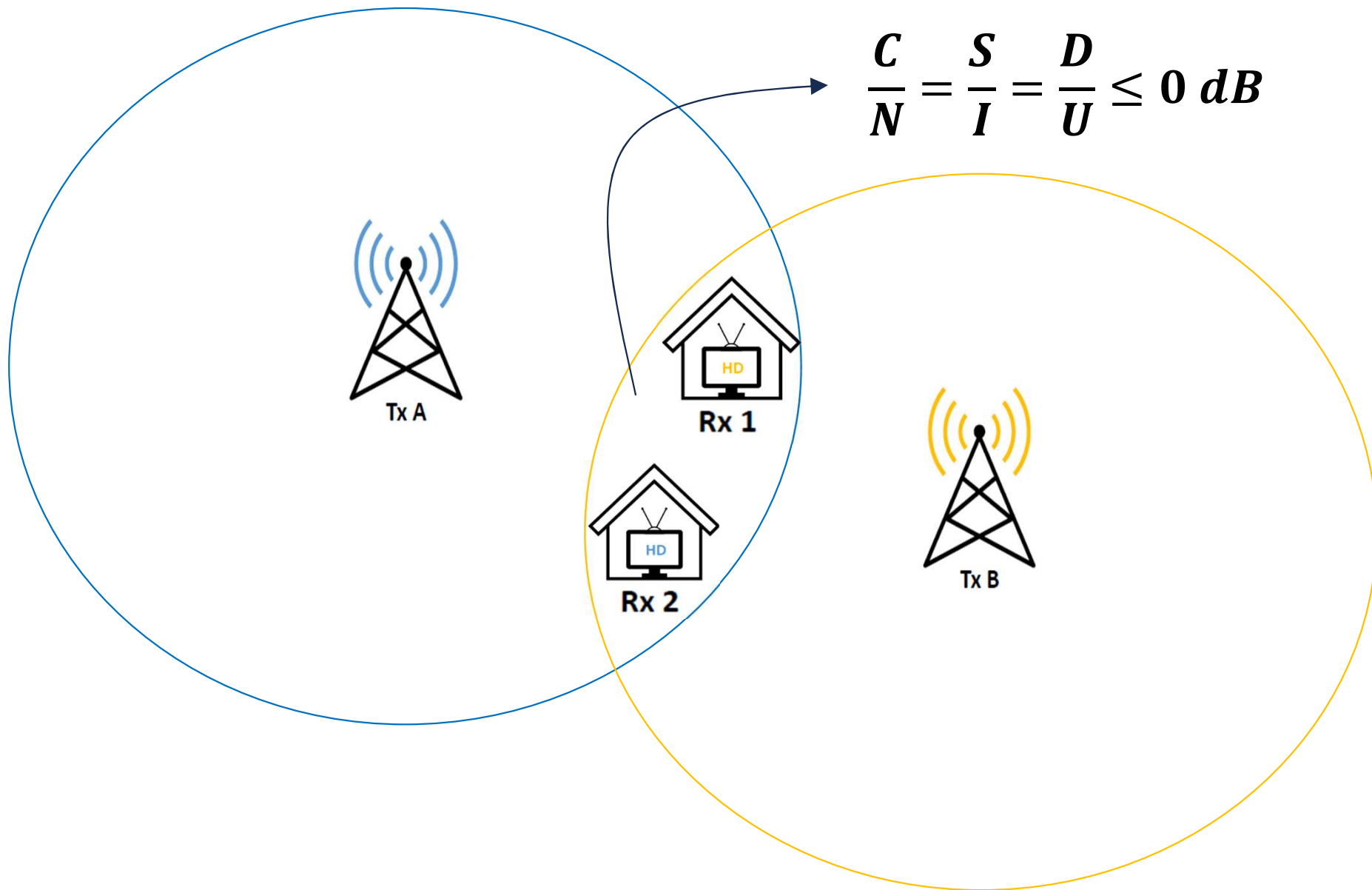
- O decreto presidencial 11.484/2023, dispõe sobre as diretrizes para a evolução do Sistema Brasileiro de Televisão Digital Terrestre e para garantir a disponibilidade de espectro de radiofrequências para a sua implantação.



Requisitos do Novo Padrão (Decreto nº 11.484/2023)

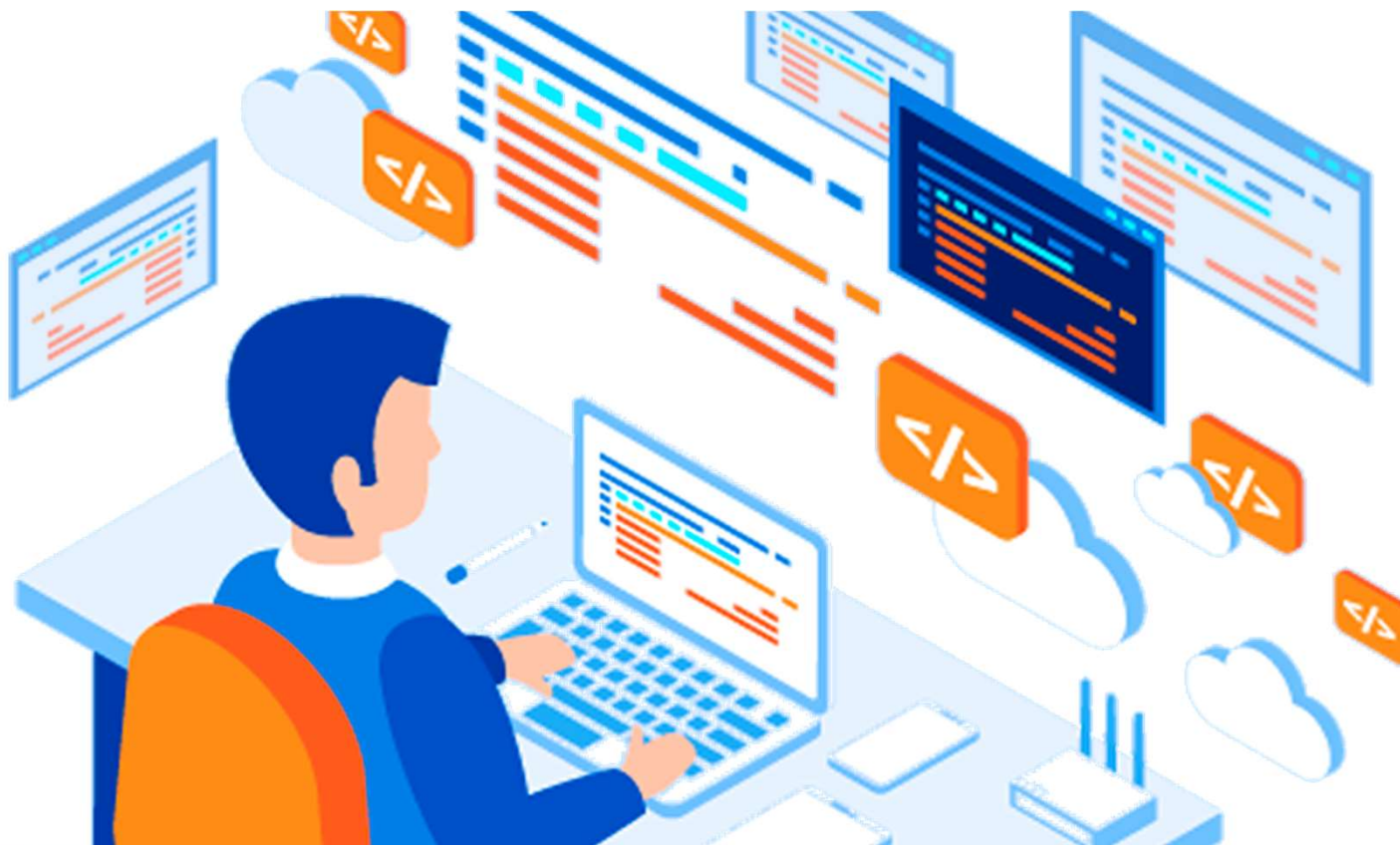
- O decreto presidencial 11.484/2023, dispõe sobre as diretrizes para a evolução do Sistema Brasileiro de Televisão Digital Terrestre e para garantir a disponibilidade de espectro de radiofrequências para a sua implantação.



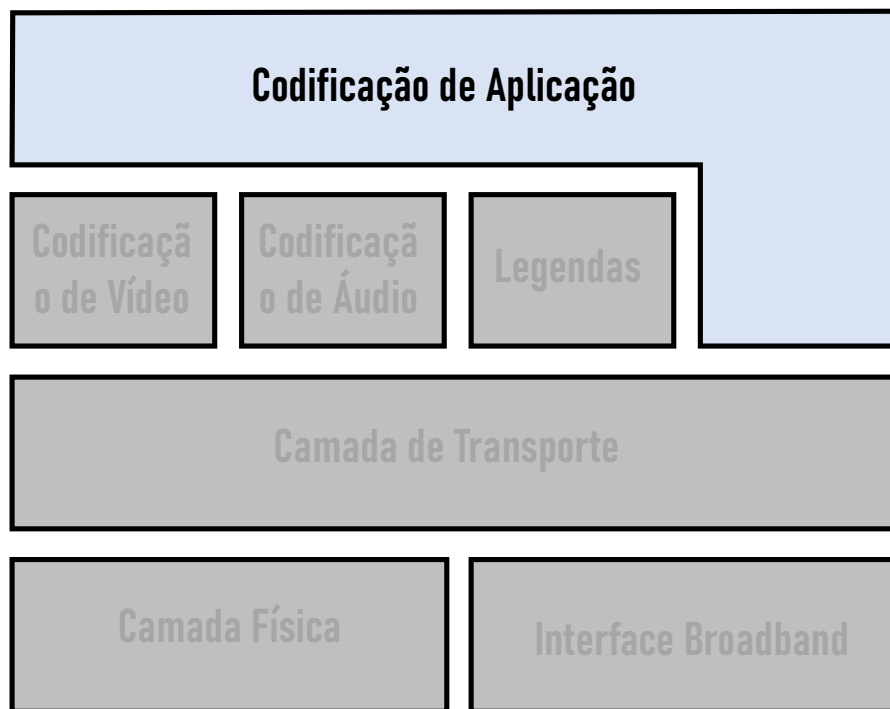


$$\frac{C}{N} = \frac{S}{I} = \frac{D}{U} \leq 0 \text{ dB}$$

Premissas do Projeto TV 3.0



Premissas do Projeto TV 3.0



Premissas da Codificação de Aplicação



Premissas da Codificação de Aplicação

Controla os componentes
interativos do áudio

Streaming dos recursos de
acessibilidade para
dispositivos de segunda tela

Acessa informações da camada física (ex:
canal, potência, C/N), da camada de
transporte (ex: identificação da estação
transmissora) e do sistema operacional (ex:
outras fontes de geolocalização)

Privacidade por API
(semelhante aos
smartphones)

Interface padronizada para
medição de audiência

Escalabilidade

Extensibilidade



Premissas do Projeto TV 3.0

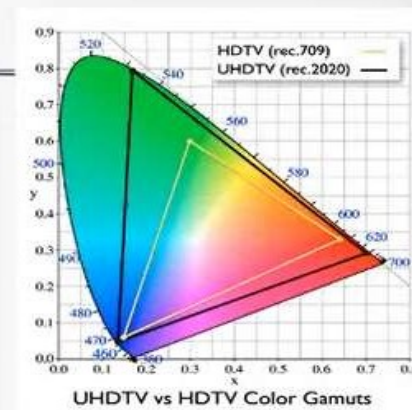


Premissas da Codificação de Vídeo



Resoluções de 720p (HD) a 4320p (8K)

Wide Color Gamut



HDR (10 bits)



WHAT THE VIEWER SEES



WHAT THE VIEWER SEES

33

Premissas da Codificação de Vídeo

Comutação transparente
(broadcast/broadband)

Interoperabilidade com
outras plataformas

Vídeo Escalável

Extensibilidade

Linguagem de Sinais

Vertical (9:16)
Alpha-Blending
25% da tela

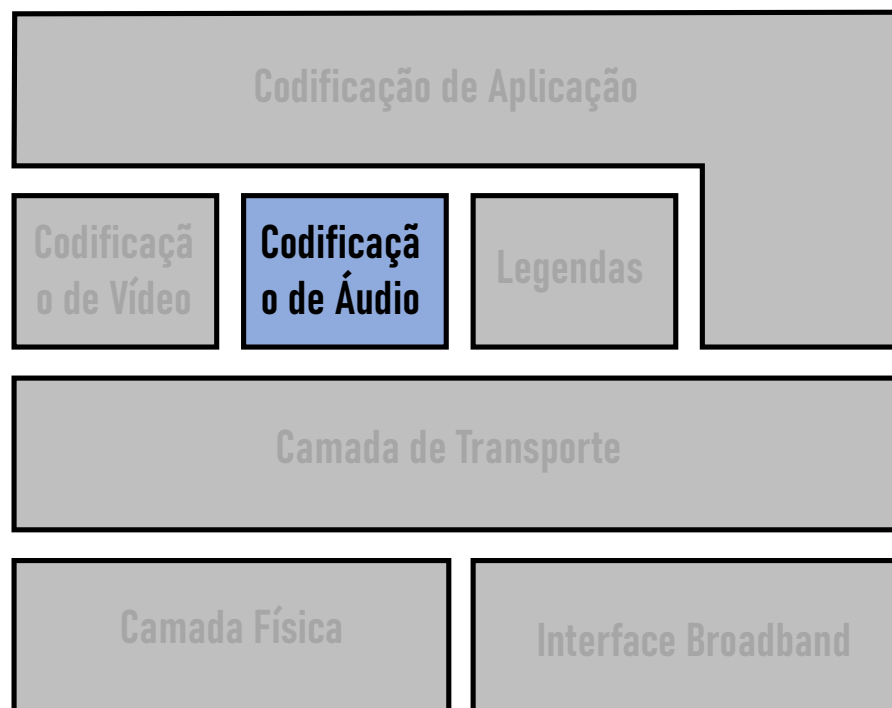


49

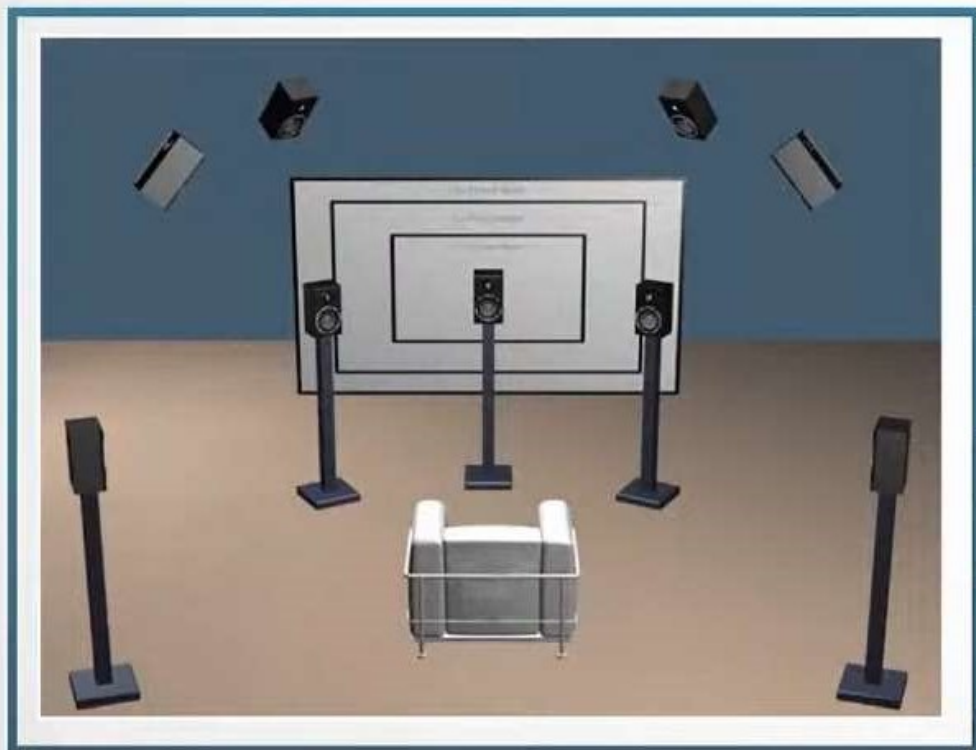


Frame rates de
23.976 fps a 120 fps

Premissas do Projeto TV 3.0



Premissas da Codificação de Áudio



Channel-based: 2.0, 5.1, 5.1+4H

Scene-based (HOA) desejável

Premissas da Codificação de Áudio

Comutação de objetos/componentes

Ajuste de Posição

Ajuste de Volume

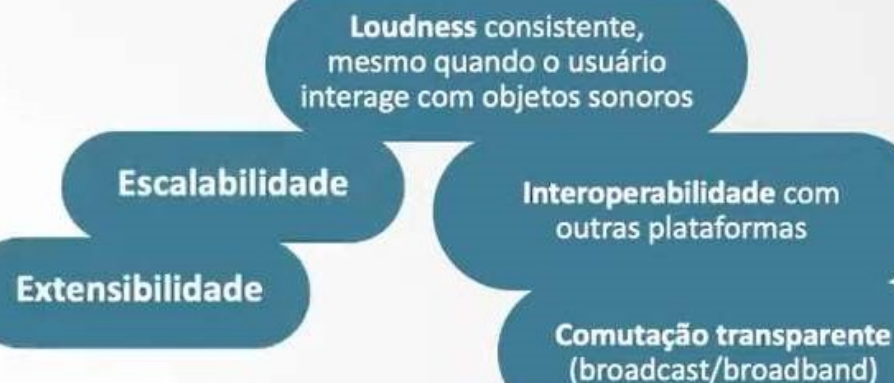
Interatividade habilitada também em dispositivos
externos de reprodução sonora



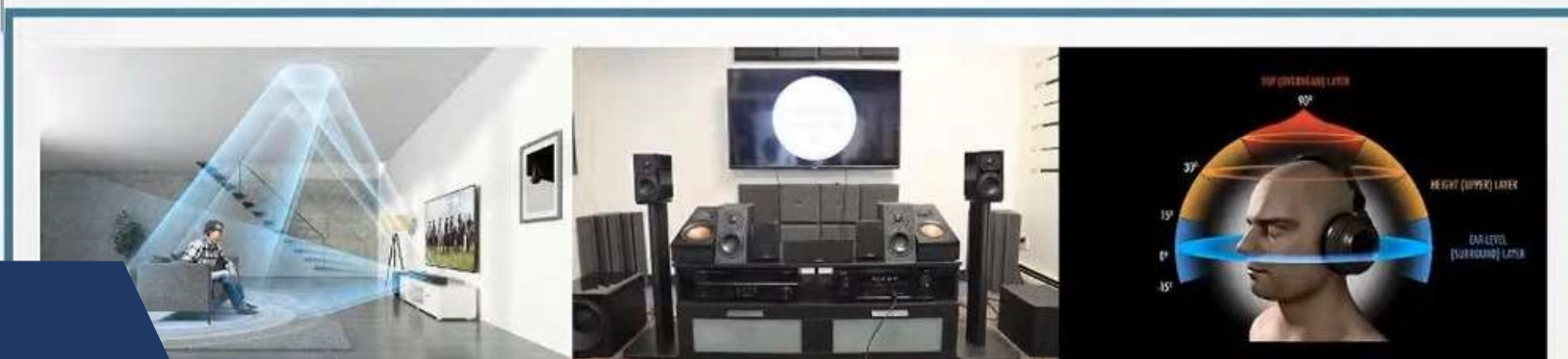
Premissas da Codificação de Áudio

AD)))

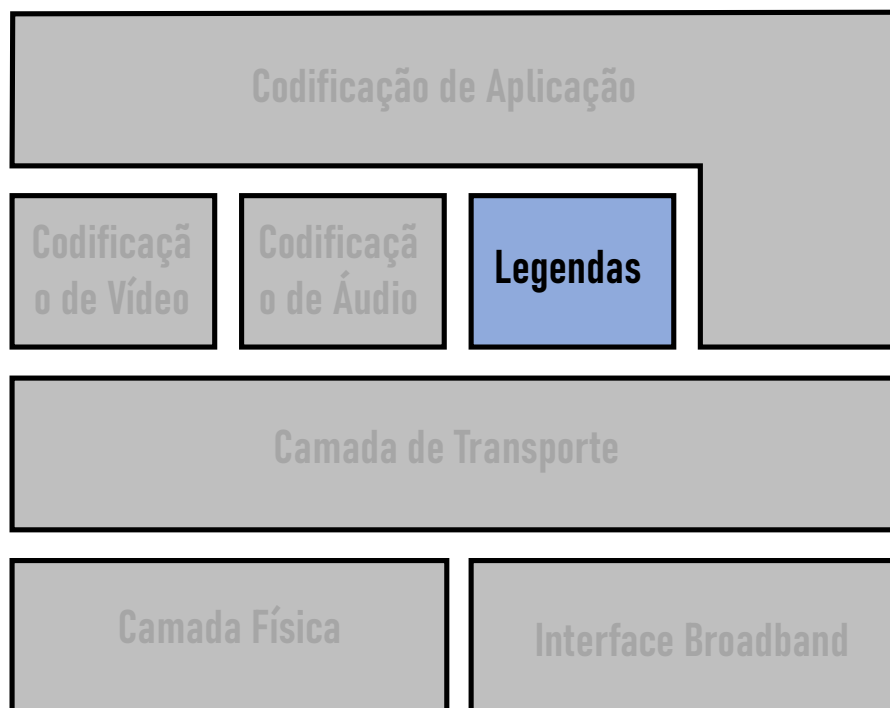
Audiodescrição:
objeto sonoro ou full-mix



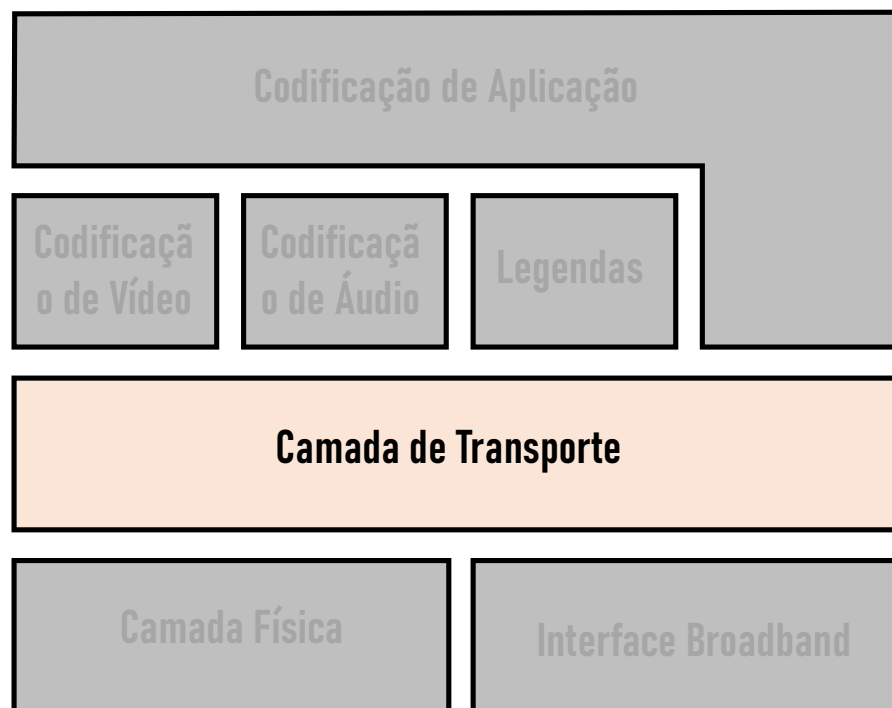
Formato único de entrega para múltiplas configurações de reprodução:
TV, soundbar, home theater, binaural



Premissas do Projeto TV 3.0



Premissas do Projeto TV 3.0



Premissas da Camada de Transporte

TRANSPORTE BASEADO EM IP

Facilita a **redistribuição** do conteúdo em outras plataformas, lineares (cabo, satélite, IPTV) ou não lineares (banda larga fixa ou móvel 4G/5G), além da redistribuição para dispositivos móveis na rede doméstica (*home gateway*)

Permite a **substituição dinâmica de conteúdo** (ex: *targeted advertising*) entre o conteúdo linear e um conteúdo não linear (via banda larga fixa ou móvel 4G/5G) e o uso de **camada de enriquecimento via internet**, sincronizados com precisão de *frame*

Suporta **download/push** de conteúdo

Permite que o conteúdo transmitido via **internet** seja **criptografado**



5G

WiFi



Premissas da Camada de Transporte

TRANSPORTE BASEADO EM IP

Permite a identificação da rede de televisão
(responsável pela programação básica), da
geradora e da estação transmissora

Identifica as áreas de
alertas de emergência

Permite futuras extensões

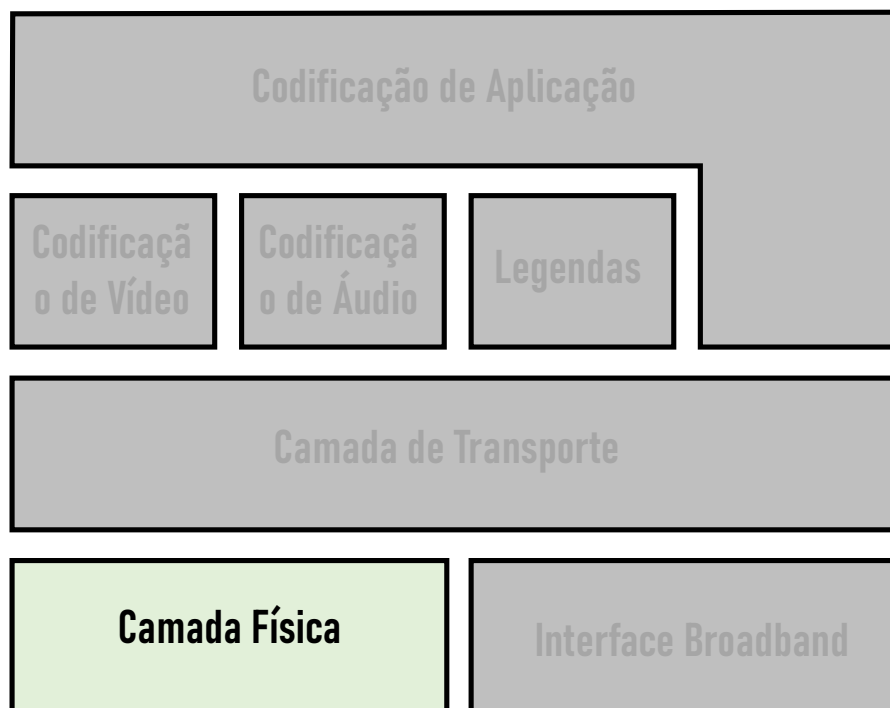


5G

WiFi



Premissas do Projeto TV 3.0



Premissas da Camada Física

Reuso-1

$C/N \leq 0$ dB em canal Rayleigh

Alerta de emergência (wake-up)

Extensibilidade

Premissas da Camada Física

Reuso-1

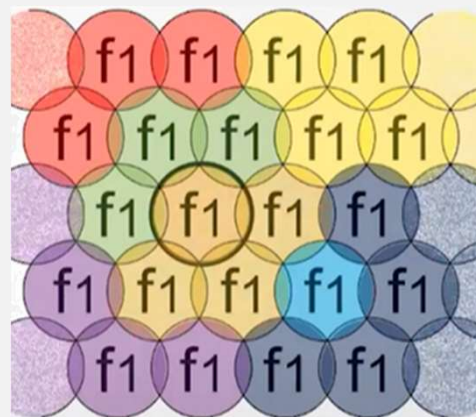
$C/N \leq 0$ dB em canal Rayleigh

Alerta de emergência (wake-up)

Extensibilidade

Premissas de Camada Física

- O mesmo canal pode ser reutilizado por estações vizinhas, que podem ser independentes, podendo ou não transmitir o mesmo conteúdo e podendo ou não estar sincronizadas.
- Facilitará a segmentação e expansão da cobertura e consequentemente do conteúdo transmitido.
- Reduzirá a demanda de espectro adicional para *simulcast*
- Permitirá que todos os 37 canais de TV de UHF e todos os 7 canais de VHF alto, poderiam ser usados de forma simultânea e independentes em todas as localidades.



REUSO-1



Premissas da Camada Física

Reuso-1

$C/N \leq 0$ dB em canal Rayleigh

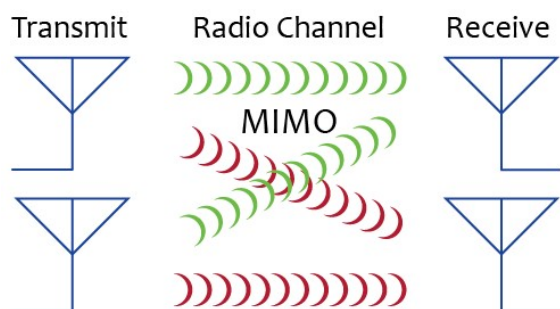
Alerta de emergência (wake-up)

Extensibilidade

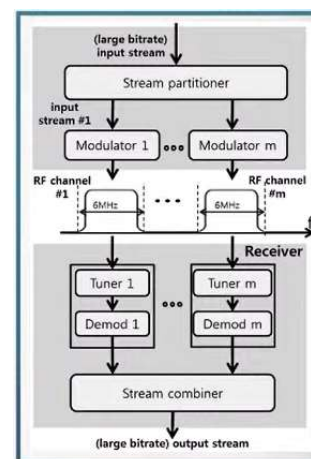


**Modulação Digital
e
Codificação de Canal**

MIMO 2x2



Agregação de canais



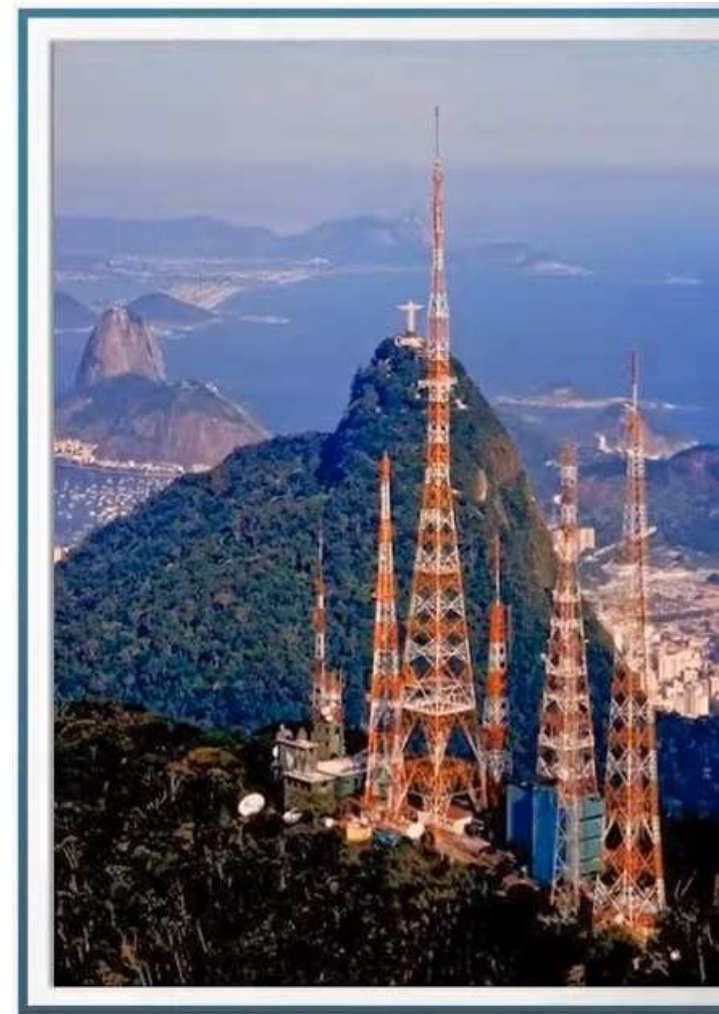
Premissas de Camada Física



Planejamento de rede para recepção
fixa indoor e **móvel outdoor**



Mantendo a topologia de rede atual
(**High-Power, High-Tower**),
para não aumentar o custo de
distribuição do sinal





Fundamentos de Camada Física dos Sistemas ISDB-T Avançado e do ATSC 3.0

Camada Física

Melhoria da Eficiência Espectral (Limite Teórico de Shannon)

Necessidade de Expandir a Capacidade de Transmissão

Escassez do Espectro

Maior Robustez ao Multipercurso

Modulação de mais alta ordem (256QAM, 1024QAM, 4096QAM)

Códigos FEC com taxas maiores

~~Códigos Convolucionais~~

~~Reed-Solomon~~

LDPC (Low-Density Parity-Check)

BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem)

Modulação Codificada por Bits Intercalados (BICM)

Constelações Não Uniformes (NUC)

MIMO

Qualcomm


ROHDE & SCHWARZ

KATHREIN



**5G
Broadcast**

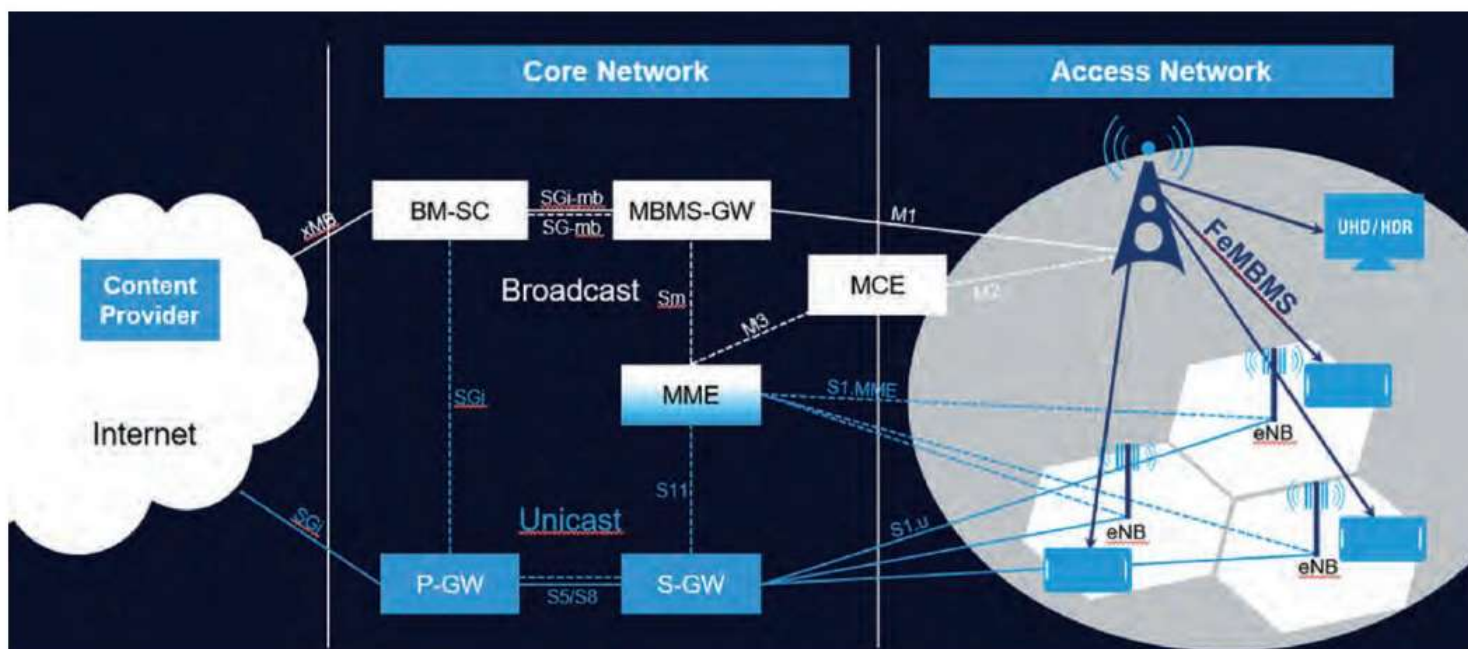


Figura 1. Arquitetura geral de transmissão 5G.

Qualcomm

ROHDE & SCHWARZ

KATHREIN



**5G
Broadcast**



DTMB-A (Digital Terrestrial Multimedia Broadcast Advanced)

- Foi aceito pela ITU-R como padrão internacional DTTB em julho de 2015.
- Usa Modulação APSK no lugar do QAM
- Utiliza códigos LPDC concatenados com códigos BCH.
- Os códigos LDPC têm três taxas de código de 1/2, 2/3 ou 5/6 e dois comprimentos de código de 61.440 bits (longo) ou 15.360 bits (curto).
- Symbol Interleaving

ATSC

ETRI
Electronics and Telecommunications
Research Institute



ATSC 3.0 (Advanced Television System Committee)

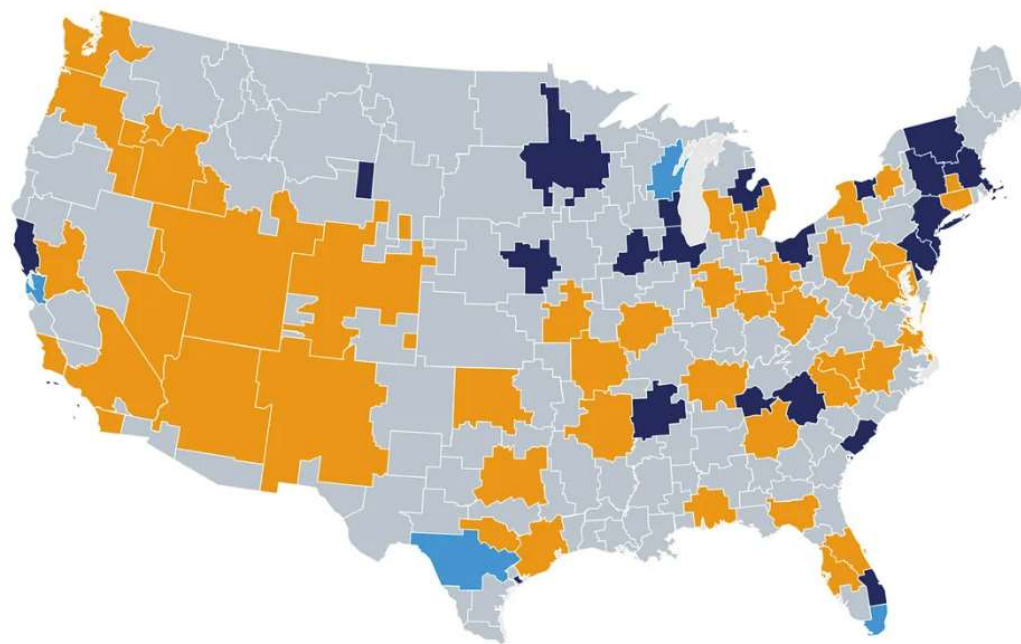
- Foi aceito pela ITU-R como padrão internacional DTTB em 2020.
- ATSC 3.0 é o primeiro padrão de transmissão de televisão digital baseado em IP do mundo
- Utiliza códigos LPDC concatenados com códigos BCH.
- No padrão ATSC, existem doze taxas de código diferentes de 2/15 a 13/15 e códigos longos e curtos com 16.200 e 64.800 bits.

ATSC

ETRI
Electronics and Telecommunications
Research Institute

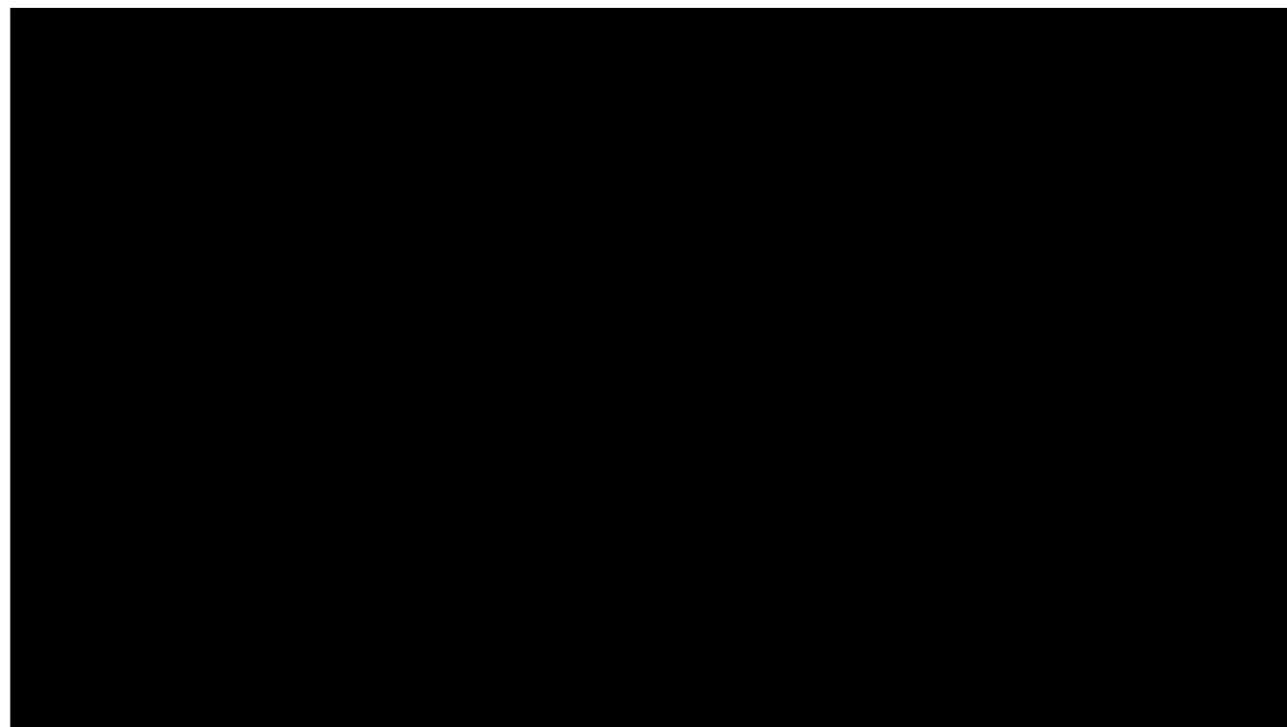


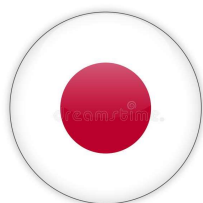
ATSC 3.0 (Advanced Television System Committee)





ATSC 3.0 (Advanced Television System Committee)





Advanced ISDB-T (Advanced Integrated Services Digital Broadcasting)

- Está em processo de padronização, previsto para 2023.
- Herda características do atual ISDB-T, como segmentação e hierarquização de camadas.
- Utiliza códigos LPDC concatenados com códigos BCH.
- Os códigos LDPC incluem dois comprimentos de código de 69.120 bits e 17.280 bits e treze taxas de código variando de 16/2 a 14/16.



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO



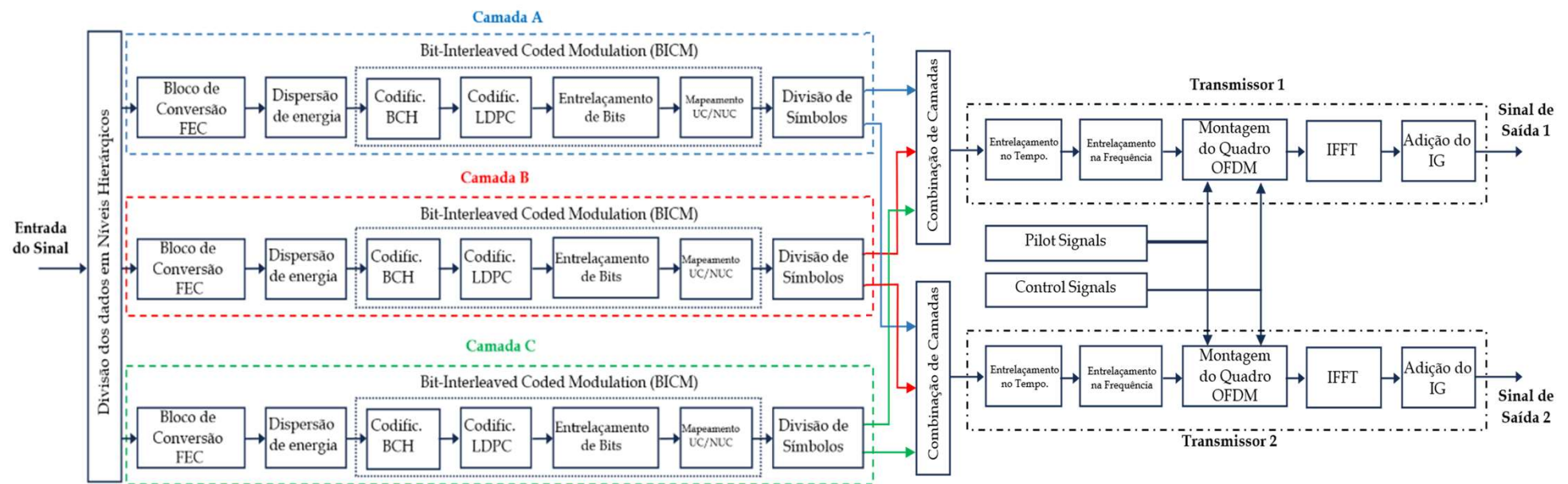
CREA-MA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Maranhão

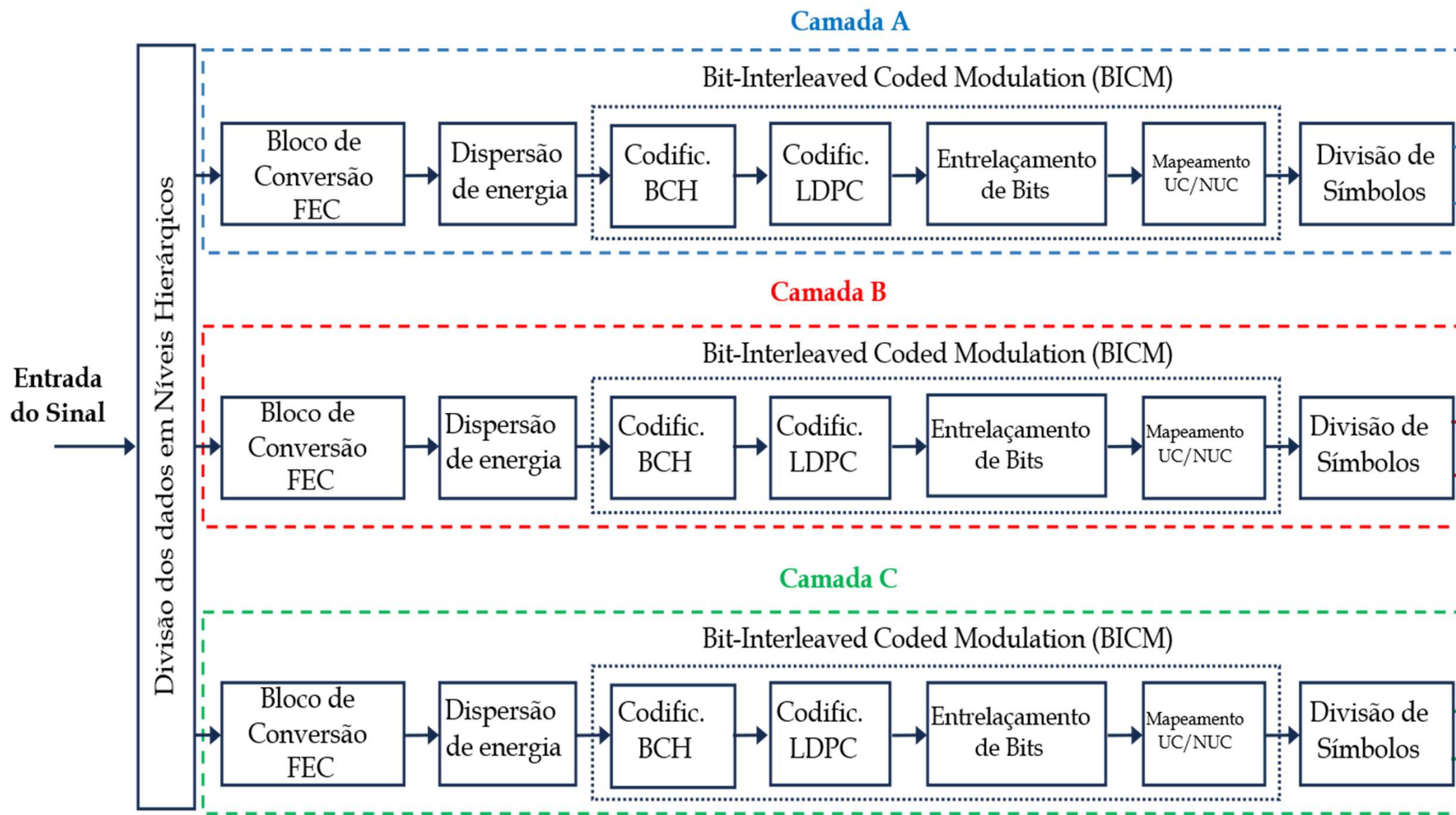
Introdução

3. Fundamentos de Camada Física do Sistema ISDB-T Avançado e do ATSC 3.0

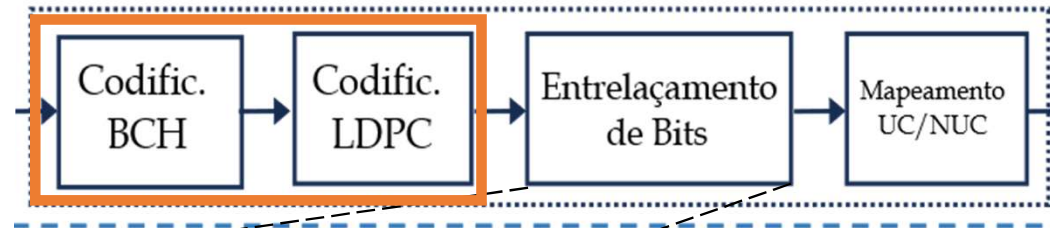
Técnicas Avançadas de Eficiência Espectral

- Códigos LDPC concatenados com os códigos BCH;
- Técnica de BICM (Modulação Codificada com Entrelaçamento de Bits);
- MIMO;
- Transmissão hierárquica.





Bit-Interleaved Coded Modulation (BICM)



A técnica de BICM é o estado da arte que permite o sistema ser capaz de operar com um nível de relação C/N tão baixo.

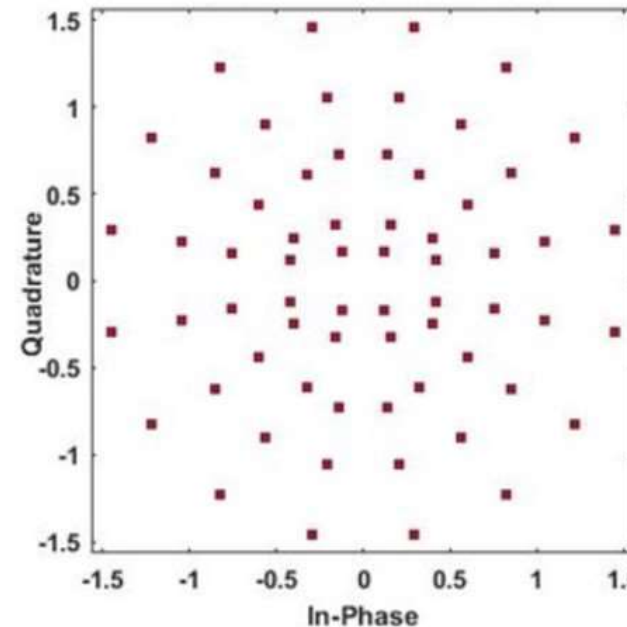
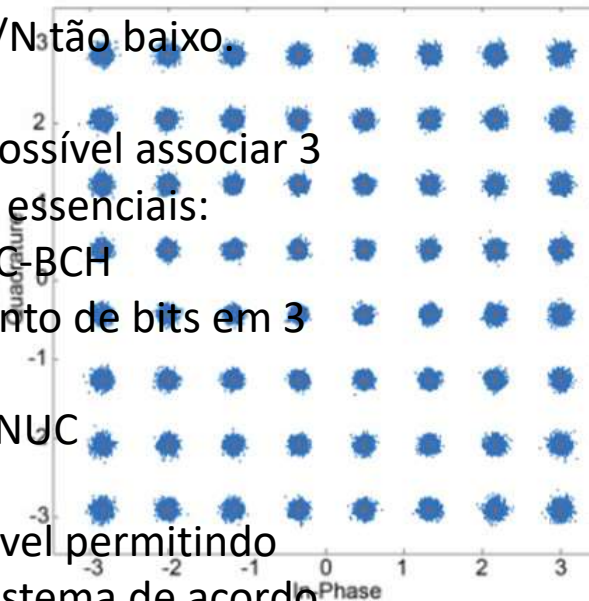
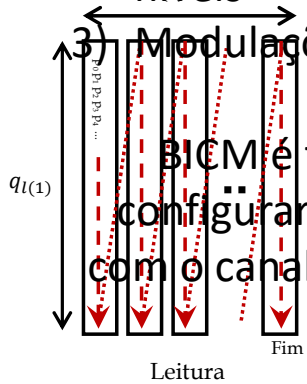
Com BICM é possível associar 3 técnicas essenciais:

1) FEC com LDPC-BCH

2) Entrelaçamento de bits em 3 níveis

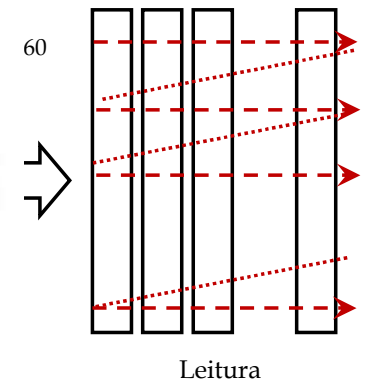
3) Modulações NUC

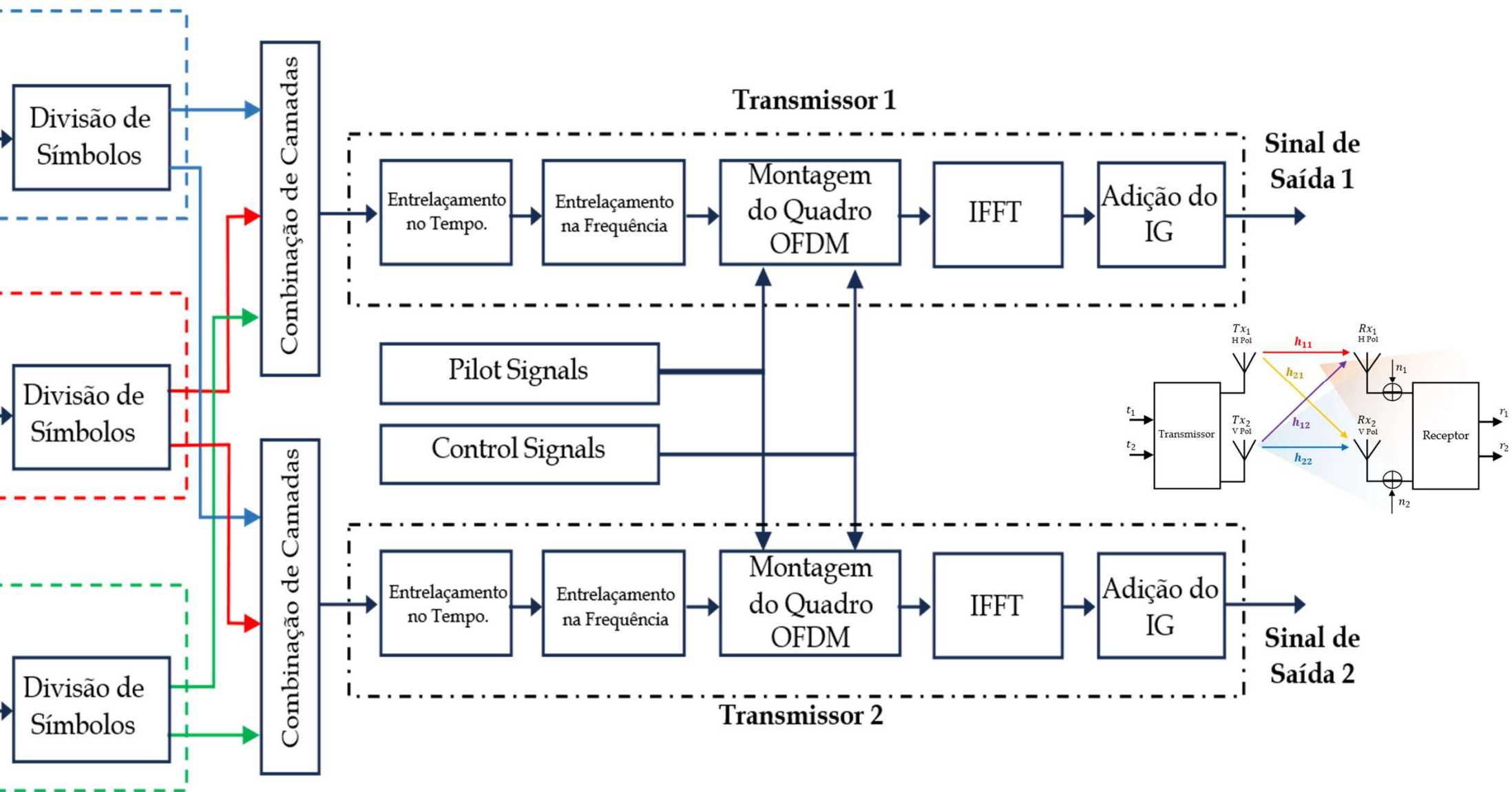
BICM é flexível permitindo configurar o sistema de acordo com o canal ou demanda da rede.



10/16	IRA	69120	25920	43200	192	43008	16	42992
11/16	IRA	69120	21600	47520	192	47328	16	47312
12/16	IRA	69120	17280	51840	192	51648	16	51632
13/16	IRA	69120	12960	56160	192	55968	16	55952
14/16	IRA	69120	8640	60480	192	60288	16	60272

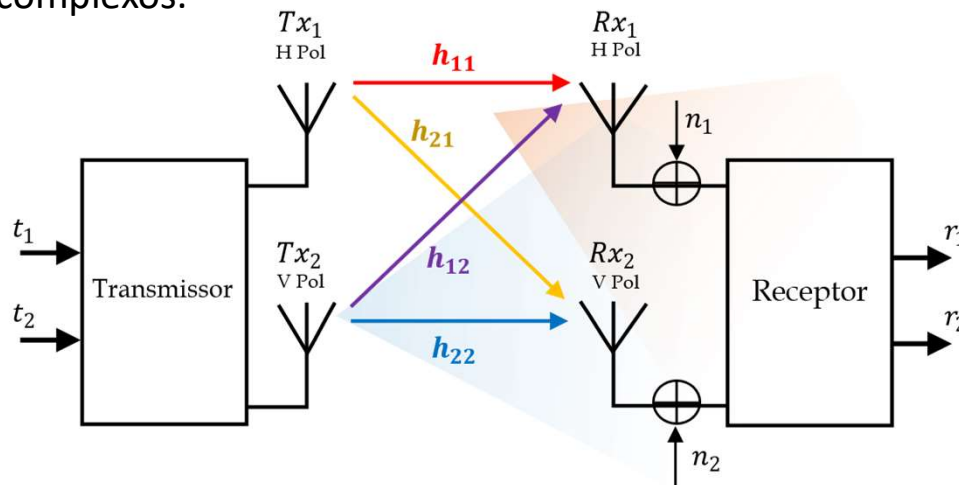
go
lo (exemplo $v = 6$ para 64QAM)





MIMO e Número de Condição

- Em um cenário MIMO 2x2, dois fluxos de dados são transmitidos simultaneamente na mesma banda de frequência pelas duas antenas transmissoras e recebidos por duas antenas receptoras através de quatro possíveis caminhos de transmissão individuais, gerando quatro diferentes coeficientes de transmissão complexos.



- O canal de transmissão pode ser representado matematicamente como uma matriz 2x2 com quatro elementos de matriz de valores complexos.

$$\begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix}}_{\text{Matriz Resposta em Frequência do Canal}} \cdot \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \end{bmatrix}.$$

Matriz Resposta em
Frequência do Canal

- O número de condição $\kappa(H)$ indica a condição do canal MIMO e é dado por:

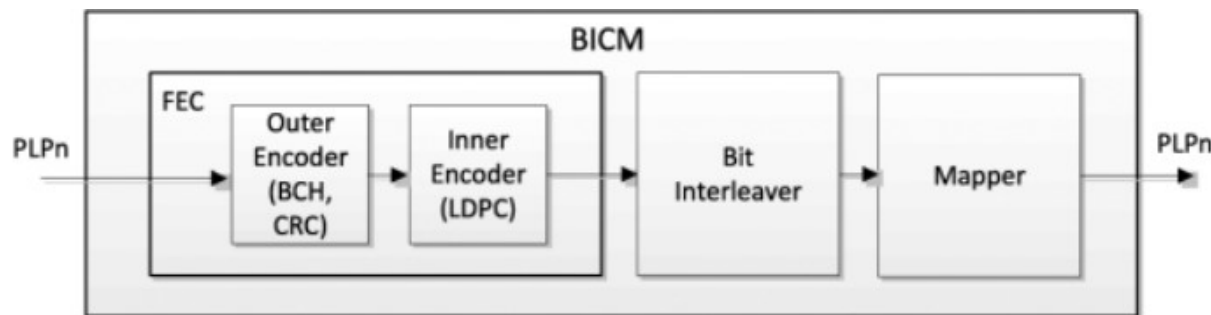
$$\kappa(H) = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{min}} \geq 1$$

onde σ_{max} é o maior valor singular e σ_{min} é o menor valor singular na matriz H . Em dB é dado por:

$$CN(dB) = 20 \cdot \log_{10}[\kappa(H)] \geq 0$$

Bit-Interleaved Coded Modulation (BICM)

- É o estado da arte no que se refere a combinar codificação de canal com modulações digitais em canais de transmissão com desvanecimento.
- A constelação de modulação pode ser escolhida independentemente da taxa de codificação.
- A estrutura do bloco BICM consiste na concatenação serial de um código de correção de erros (FEC), um intercalador de bits e um mapeador sem memória que atribui blocos de bits a símbolos de constelação.

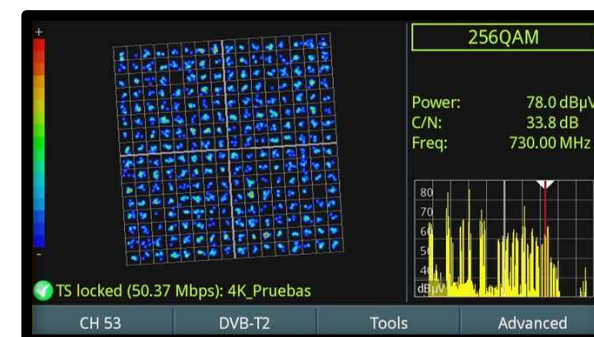


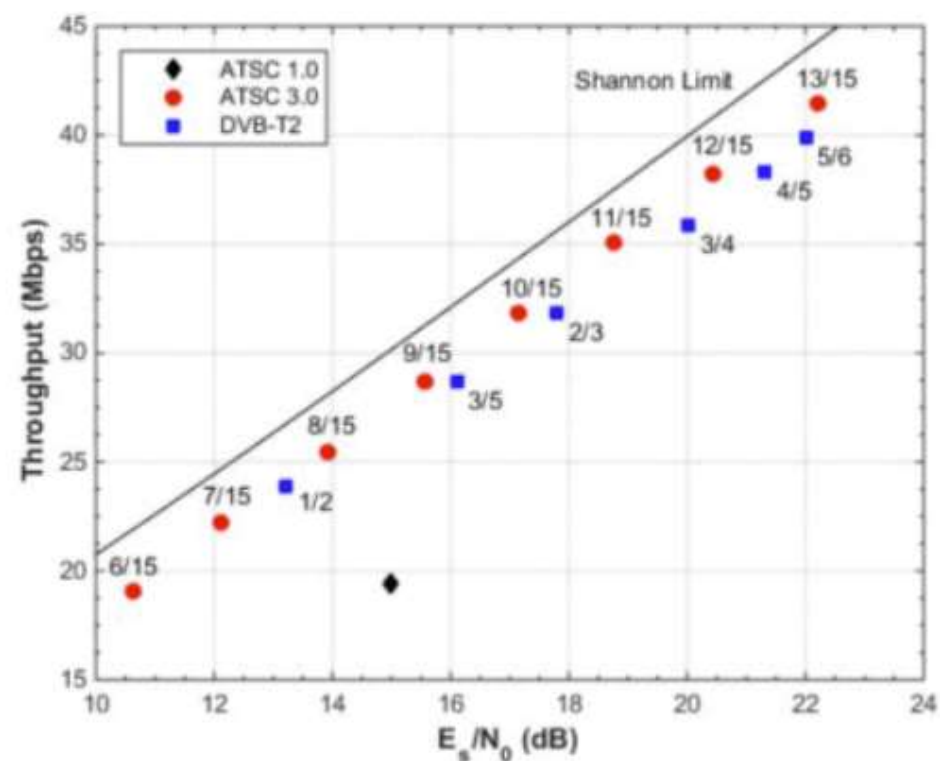
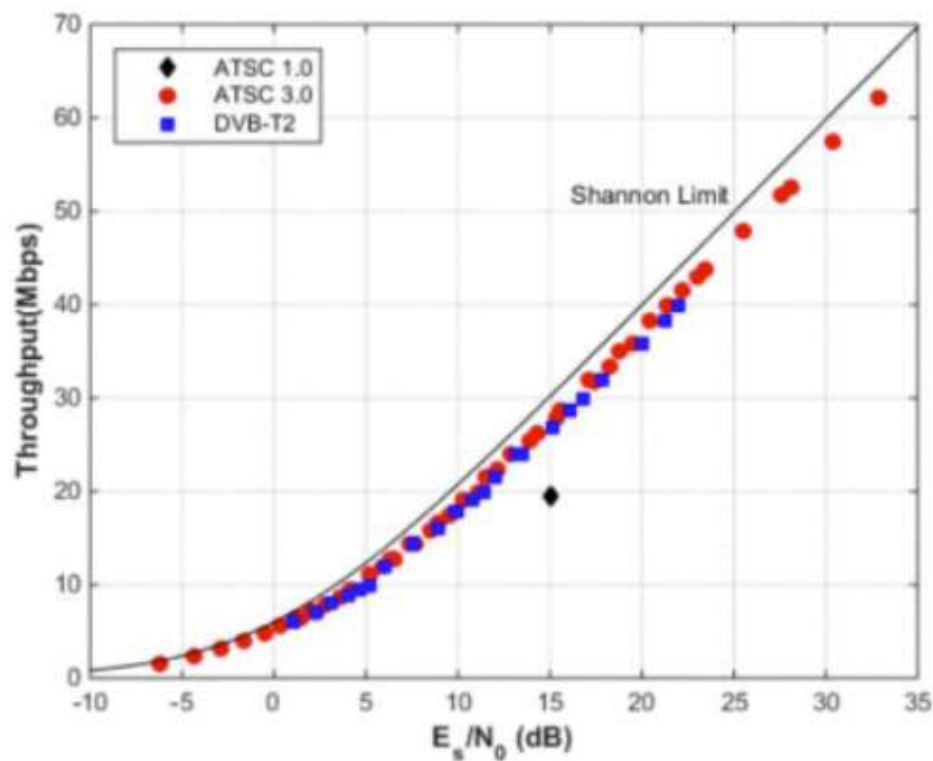
Bit-Interleaved Coded Modulation (BICM)



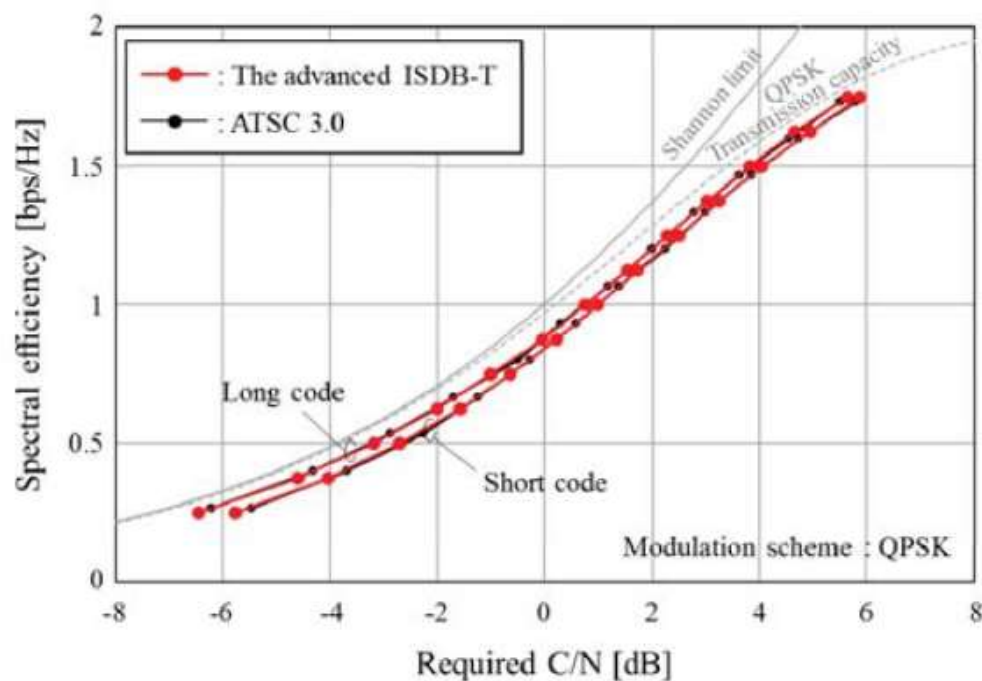
- Dentro da camada física, a modulação e a codificação constituem as principais partes do sistema que afetam a eficiência espectral geral, que é um indicador chave de desempenho para fazer um uso eficiente do escasso espectro de rádio.

- No ATSC 3.0, o uso de BICM e códigos LDPC forneceram pelo menos 30% de aumento de capacidade do sistema no mesmo ponto de operação, além de ter demonstrado ser significativamente mais robusto aos efeitos de multipercuso do canal.
- Resultados apresentados pelo ISDB-T Avançado, mostram que para uma mesma condição de C/N a taxa de transmissão aumentou mais de 10Mbps em relação a versão anterior do sistema japonês.

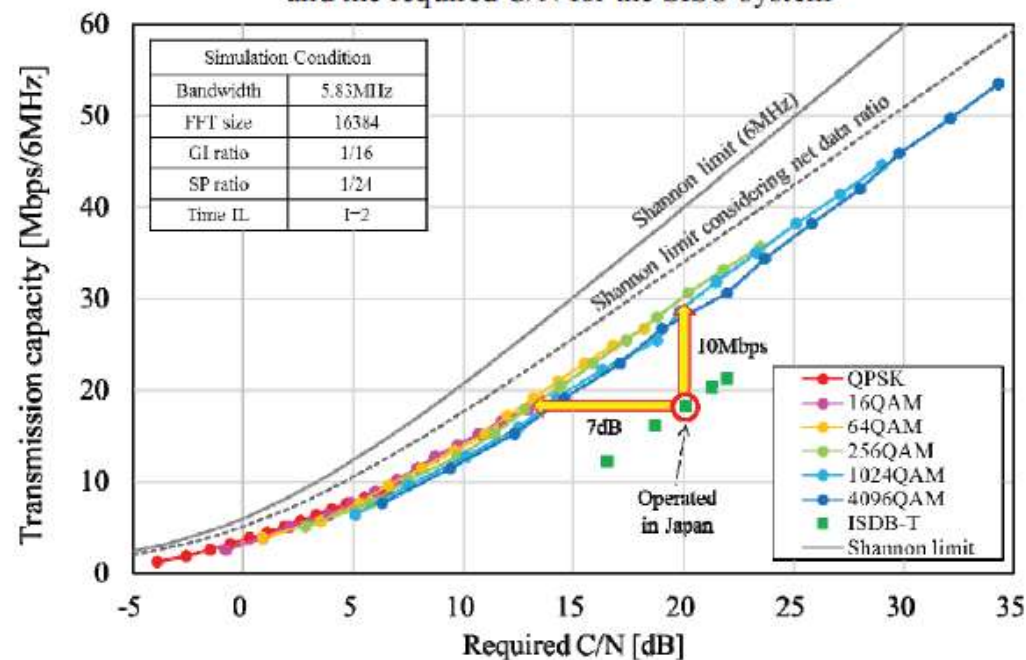




The spectral efficiencies of LDPC codes for the advanced ISDB-T



Relationship between the transmission capacity and the required C/N for the SISO system



Bit-Interleaved Coded Modulation (BICM)

- O módulo BICM é um dos módulos mais importantes, pois fornece a capacidade de correção de erros para o sistema
- Usando BICM o sistema oferece a opção de trabalhar com várias opções de combinação de modulação e codificação, para trocar robustez por capacidade.

Número de bits de informação Número de bits de redundância

Taxa de Código 3/15

3

12

Menos Capacidade

Mais Robustez

Taxa de Código 10/15

10

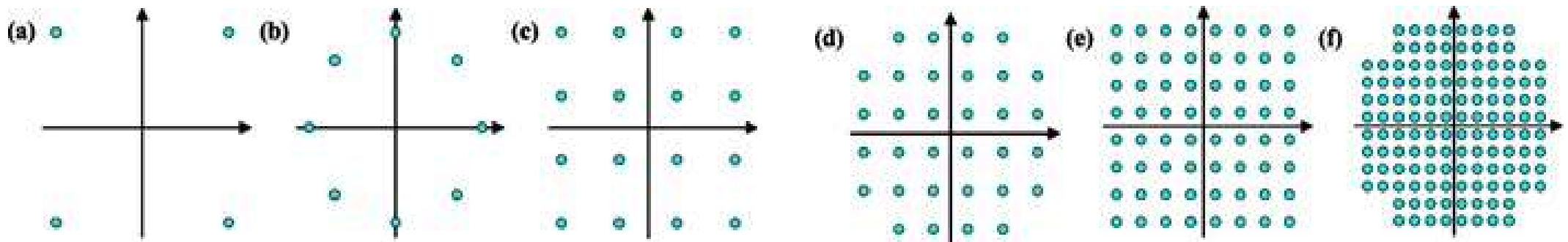
5

Mais Capacidade

Menos Robustez

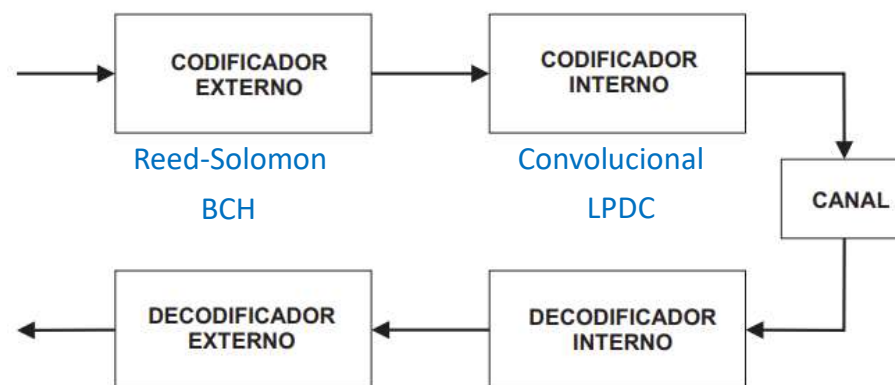
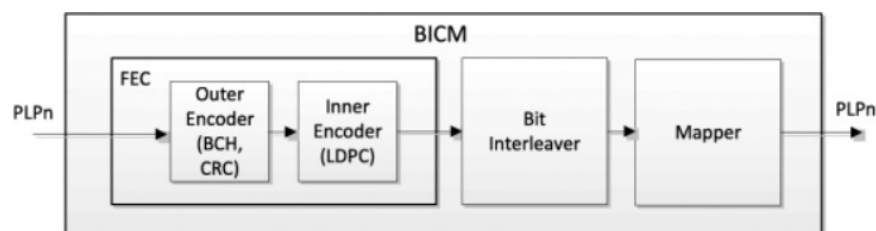
Bit-Interleaved Coded Modulation (BICM)

- O módulo BICM é um dos módulos mais importantes, pois fornece a capacidade de correção de erros para o sistema
- Usando BICM o sistema oferece a opção de trabalhar com várias opções de combinação de modulação e codificação, para trocar robustez por capacidade.



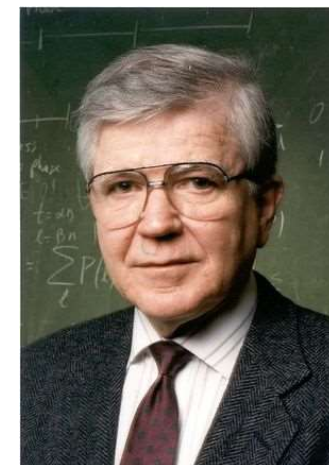
Codificação de Canal

- O canal de comunicação introduz ruído e interferência corrompendo a informação transmitida.
- **Codificação de Canal:** É a técnica utilizada para diminuir a taxa de erro de bit durante a transmissão dos mesmos através de um canal de comunicação, aumentando portanto o desempenho do sistema.
- **Códigos Concatenados:** É uma forma de combinar dois códigos para se obter um código mais longo, com uma baixa taxa de erros e com uma complexidade de implementação global menor daquela que seria requerida pelo uso de um único código corretor de erro.



Códigos LDPC (Low-Density Parity-Check)

- Os códigos LDPC foram propostos por R. G. Gallager em 1962
- Em meados da década de 1990, após o advento dos códigos Turbo, Mackay e Neal verificaram que é possível atingir uma probabilidade de erro muito próxima do limite de Shannon com códigos LDPC longos e decodificados usando o SPA, para canais AWGN.



Robert Gray Gallager



David Mackay

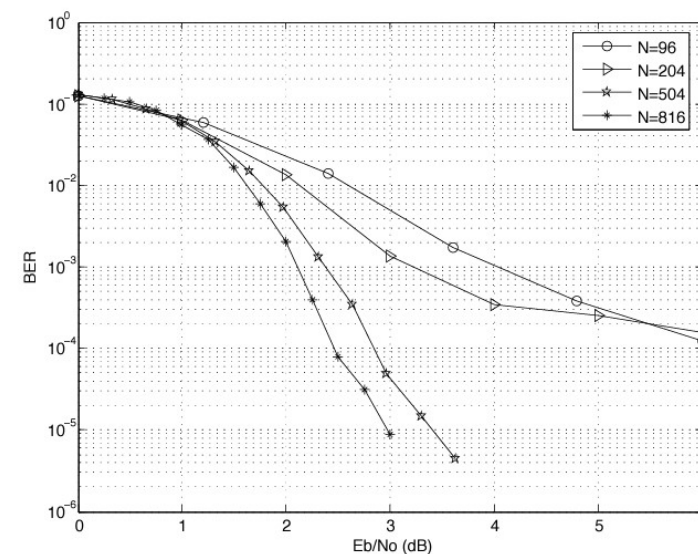
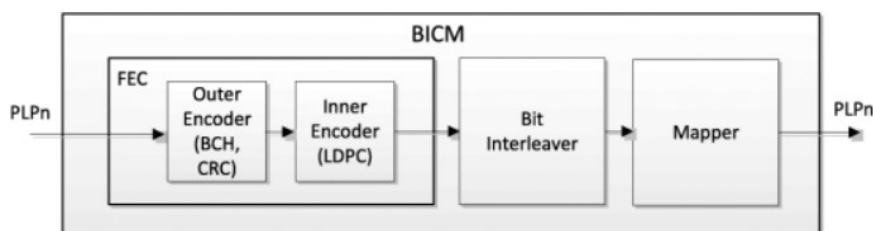


Radford Neal

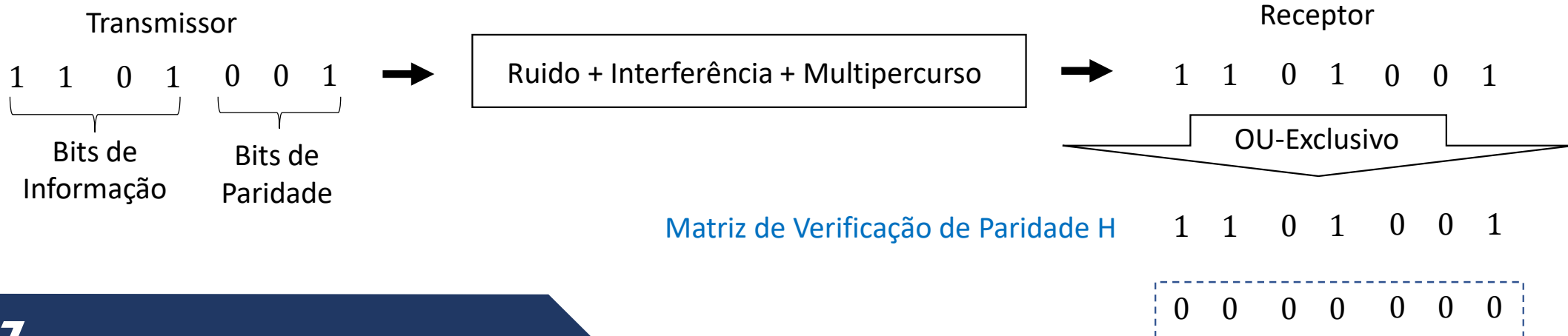
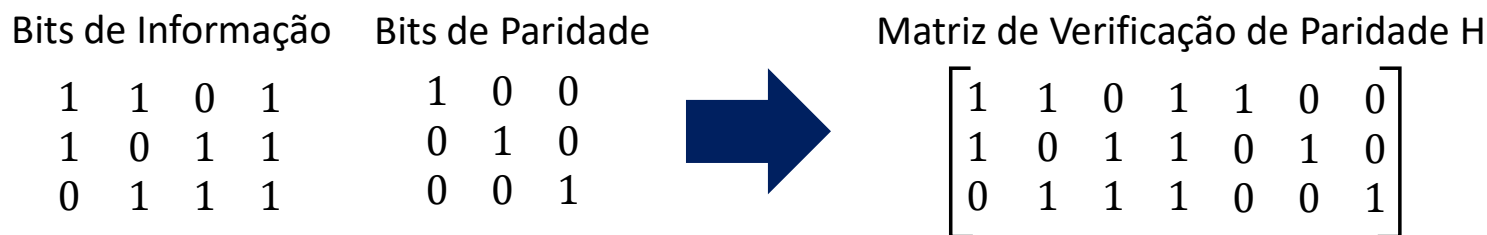
- Os códigos LDPC possuem a capacidade de produzir um desempenho do sistema próximo aos valores do limite da capacidade de Shannon, mas, possuem a complexidade de um processo de decodificação linear.
- Códigos LDPC foram recentemente admitidos como codificação de canal em sistemas de 5G e de próxima geração de TV Digital, devido seus aspectos de desempenho, complexidade e flexibilidade.

Códigos LDPC (Low-Density Parity-Check)

- As curvas típicas de desempenho dos códigos LDPC indicam uma queda acentuada da taxa BER à medida que se aumenta o valor de SNR em um canal com AWGN.
- No entanto, a partir de uma certa região da curva, conhecida como patamar de erros e que ocorre uma saturação da curva de desempenho para valores maiores de SNR, e a queda deixa de ser acentuada.
- A concatenação dos códigos LDPC com os códigos BCH servem para melhoria do patamar de erros, característico dos códigos LDPC.



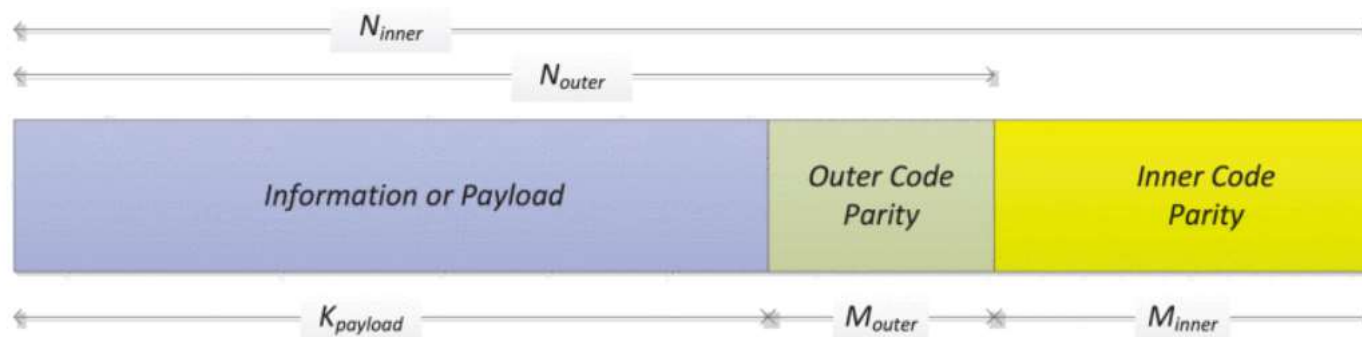
Códigos LDPC (Low-Density Parity-Check)



FEC em Sistemas de TV Digital 3.0

- O quadro FEC do BICM é formado pela concatenação de um código externo e um código interno com a parte informativa.
- O código externo é um código BCH enquanto o código interno é um código LDPC.
- A palavra de código resultante é, portanto, uma concatenação de informações, bits de paridade BCH e bits de paridade LDPC.

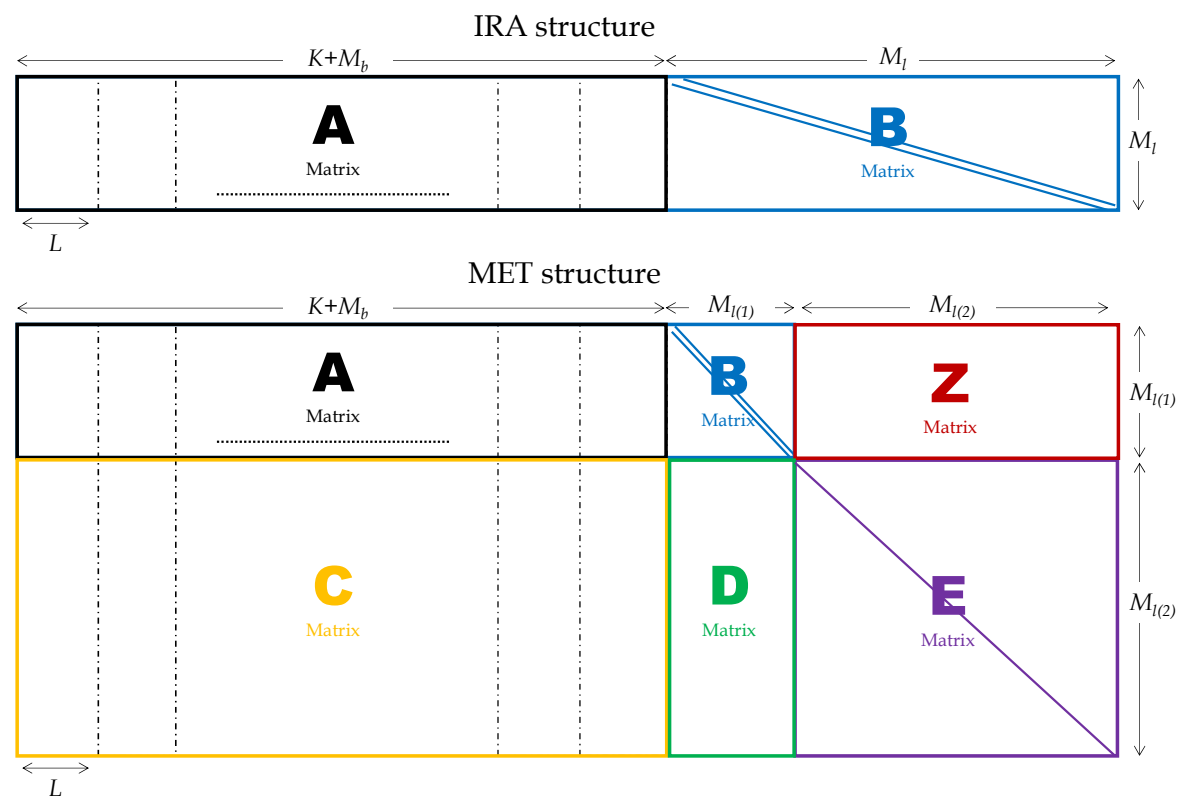
**Matriz de Verificação
de Paridade H**



Estruturas de Códigos LDPC

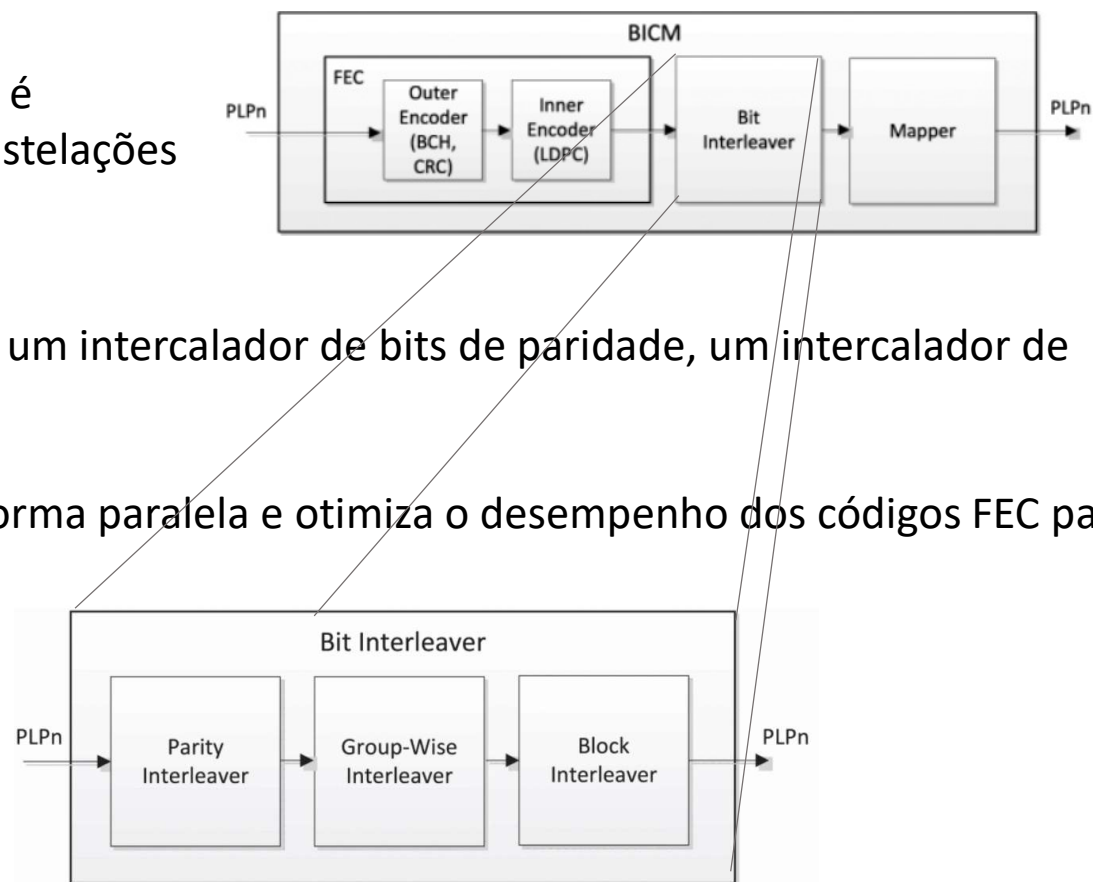
- Para que os padrões de broadcast alcancem alta robustez, são utilizadas diferentes estruturas LDPC.
- As estruturas mais comumente usadas são a estrutura de acúmulo de repetição irregular (IRA - Irregular Repeat Accumulate) e a estrutura do tipo multi-borda (MET - Multi-Edge Type).
- A estrutura MET fornece melhor desempenho em taxas de código baixas, enquanto a estrutura IRA oferece alto desempenho em taxas de código médias e altas.

Estruturas de Códigos LDPC



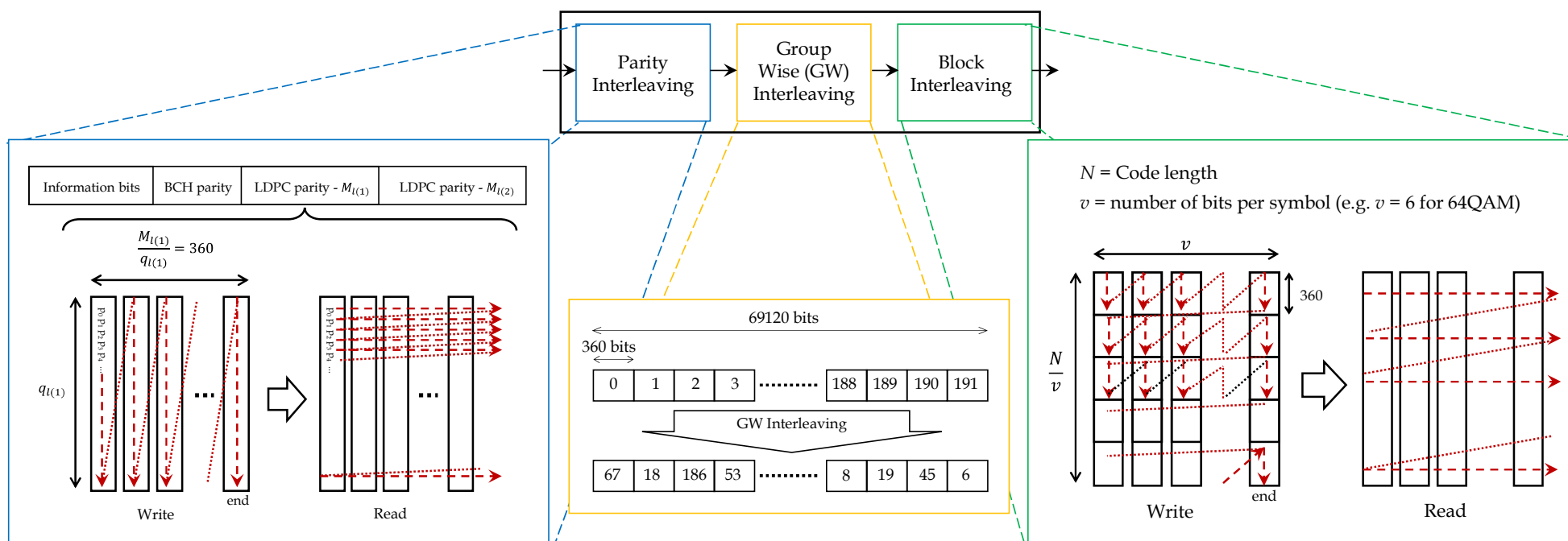
Intercalação de Bits

- O papel do intercalador de bits na cadeia BICM é combinar o esquema FEC escolhido com as constelações de modulação.
- O intercalador de bits se divide em três partes: um intercalador de bits de paridade, um intercalador de grupo e um intercalador de bloco.
- Dessa forma, a decodificação LDPC ocorre de forma paralela e otimiza o desempenho dos códigos FEC para qualquer constelação de modulação.



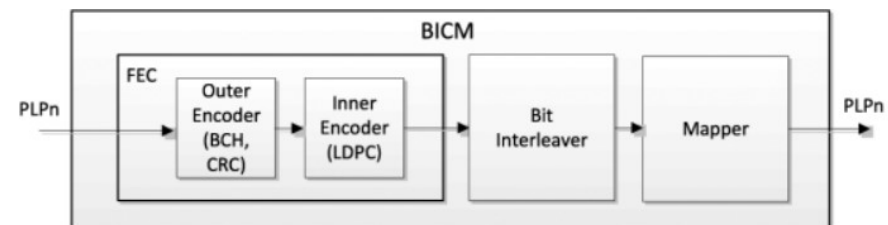
Intercalação de Bits

- O primeiro estágio é um intercalador de paridade que divide a matriz de verificação de paridade LDPC em segmentos de unidade de 360 bits.



Mapeador

- O mapeador atribui blocos de bits a símbolos de constelação



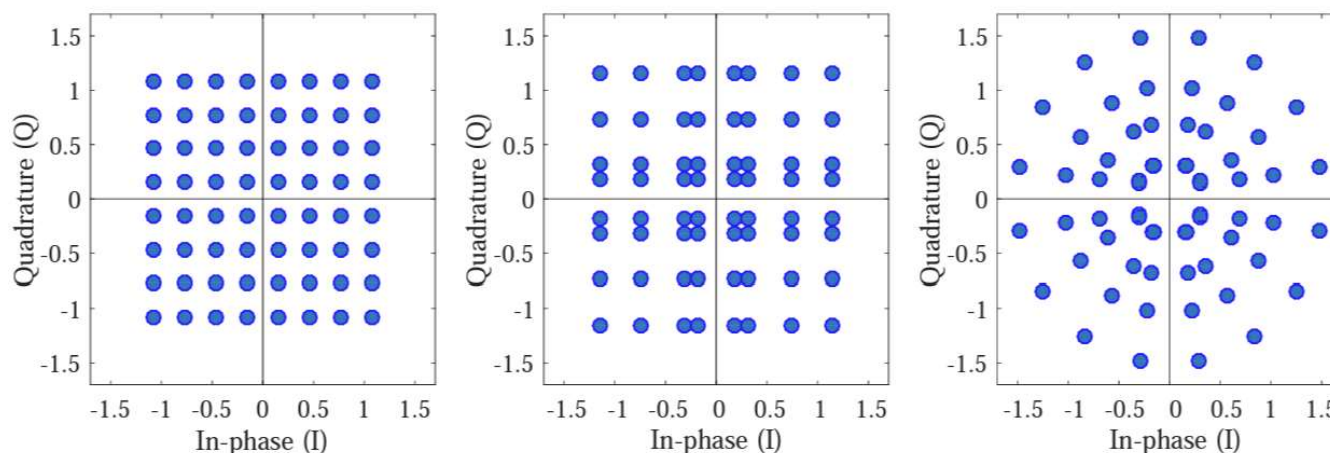
Constelação Não Uniforme

- Há alguns anos as constelações não uniformes têm recebido atenção como uma ferramenta para melhorar o desempenho de constelações uniformes com um pequeno aumento na complexidade do decodificador.
- Com constelações QAM uniformes, os símbolos são espaçados regularmente no diagrama de constelação, ou seja, com a mesma distância entre os símbolos nos componentes em fase (I) e em fase de quadratura (Q). Essa distância uniforme permite um projeto fácil do módulo de modulação que também precisa de um processo de desmapeamento muito simples.
- Como principal desvantagem, acarreta uma perda de desempenho devido às duas restrições impostas por assumir uma forma retangular e níveis igualmente espaçados.
- Com NUCs, os símbolos de constelação são otimizados por meio de técnicas de modelagem de sinal para fornecer um desempenho aprimorado em comparação com constelações QAM uniformes. Essas constelações são projetadas para um modelo de canal e C/N específico.

Constelação Não Uniforme

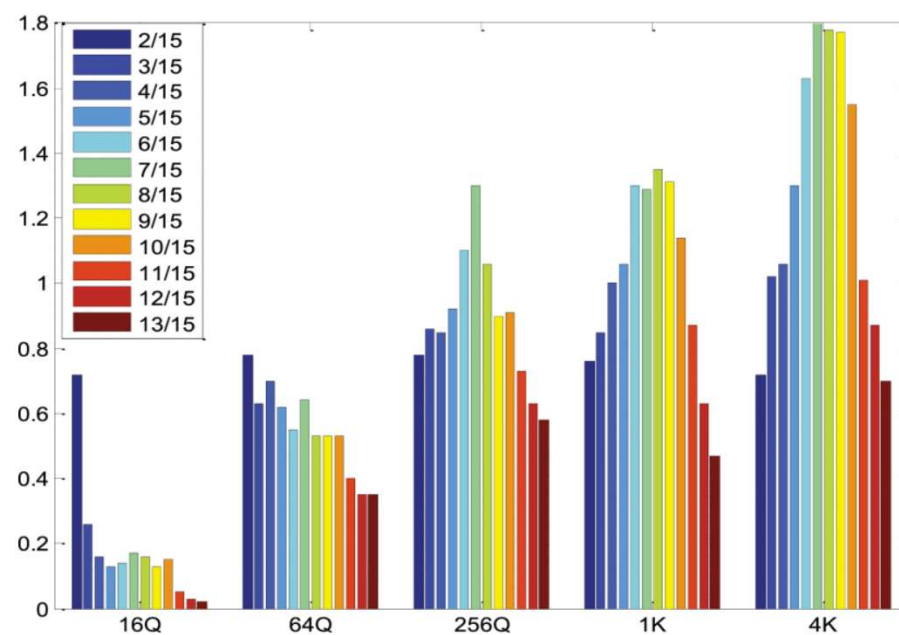
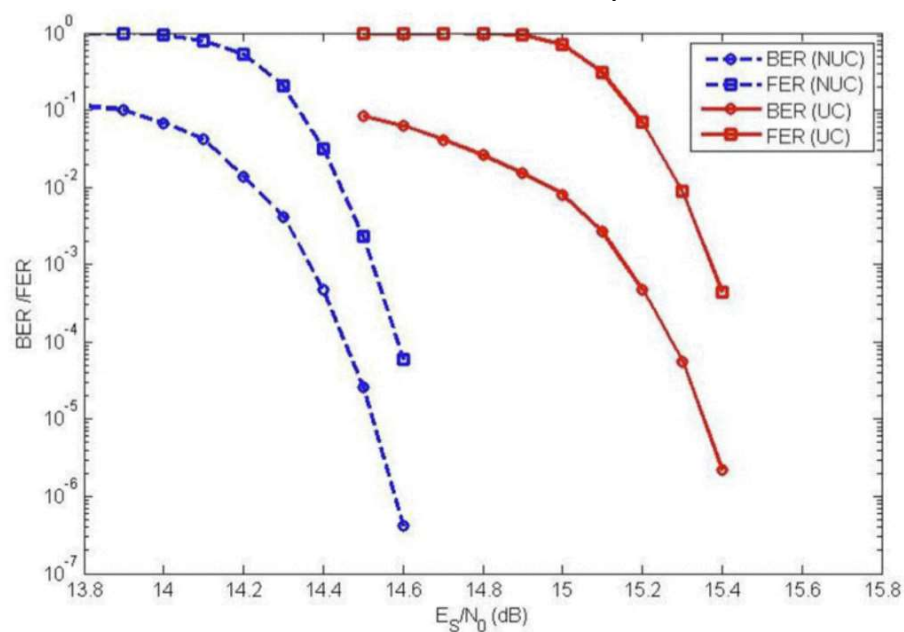
- Os 1D-NUCs têm uma forma quadrada com distância não uniforme entre os símbolos da constelação, enquanto os 2D-NUCs são projetados relaxando a restrição de forma quadrada, com um desempenho SNR melhor do que os 1D-NUCs, mas com maior complexidade de desmapeamento.

Different constellations considered. Uniform 64QAM (left), 1D-64NUC (center) and 2D-64NUC (right), optimized for a SNR of 10 dB and AWGN channel.



Constelação Não Uniforme

256QAM com FEC 7/15

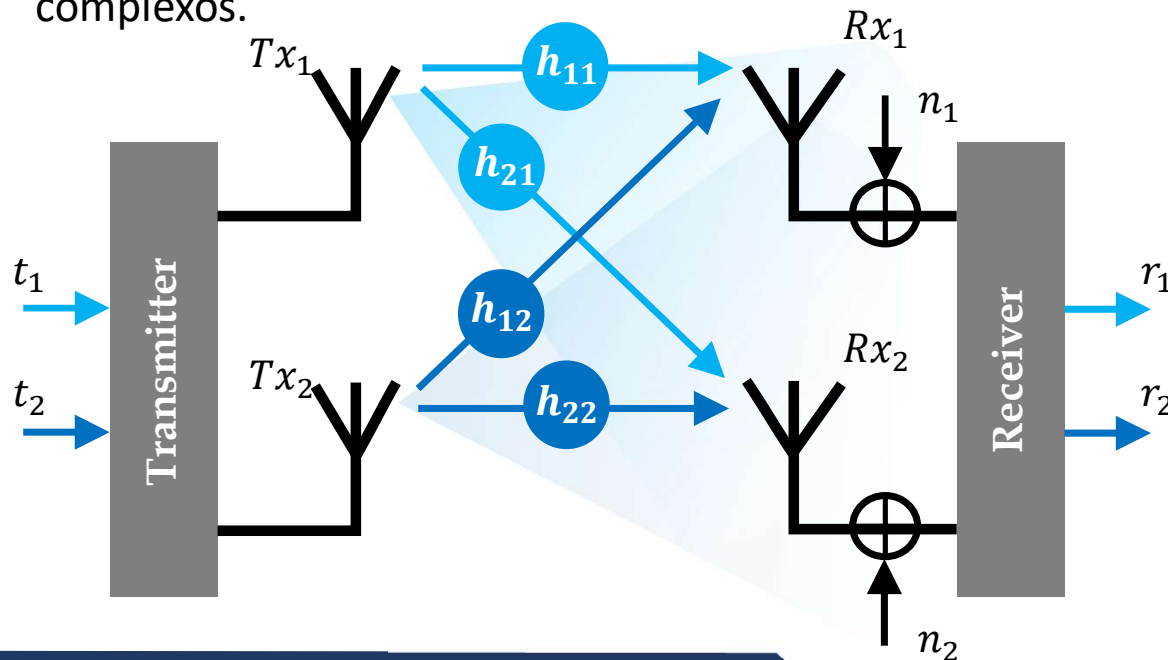


MIMO

- Usando MIMO é possível obter maior eficiência espectral, podendo chegar a várias dezenas de bps/Hz usando dezenas de antenas.
- O ganho associado ao MIMO é particularmente vantajoso em ambientes com muito multipercurso.
- Em cenários mais severos, como SFN, a diversidade de transmissão e recepção é recomendada para melhorar a confiabilidade do sistema.

MIMO

- Em um cenário MIMO 2x2, dois fluxos de dados são transmitidos simultaneamente na mesma banda de frequência pelas duas antenas transmissoras e recebidos por duas antenas receptoras através de quatro possíveis caminhos de transmissão individuais, gerando quatro diferentes coeficientes de transmissão complexos.



- O canal de transmissão pode ser representado matematicamente como uma matriz 2x2 com quatro elementos de matriz de valores complexos.

$$r_1 = h_{11} \cdot t_1 + h_{12} \cdot t_2 + n_1$$

$$r_2 = h_{21} \cdot t_1 + h_{22} \cdot t_2 + n_2$$

$$\begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix}}_{\text{Matriz Resposta em Frequência do Canal}} \cdot \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \end{bmatrix}$$

Matriz Resposta em
Frequência do Canal

Condição do Canal MIMO

- É quanto o canal de radiopropagação está adequado para permitir que o sistema opere com múltiplas antenas de transmissão e de recepção.
- O número de condição $\kappa(H)$ indica a condição do canal MIMO, ou seja, indica o grau o quanto os efeitos de multipercurso impactam numa transmissão por MIMO.
- O Número de Condição (Condition Number) é dado por: $\kappa(H) = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{min}} \geq 1$

onde σ_{max} é o maior valor singular e σ_{min} é o menor valor singular na matriz H . Em dB é dado por:

$$CN(dB) = 20 \cdot \log_{10}[\kappa(H)] \geq 0$$

- Em um ambiente de baixa atividade de multipercurso (por exemplo, em Line-of-Sight – LOS), o número de condição se aproxima de 1 e, à medida que a atividade de multipercursos se torna maior (por exemplo, em Non-LOS – NLOS), o número de condição aumenta.

ISDB-T Avançado

- Desde 2016, a NHK (Japan Broadcasting Corporation) vem desenvolvendo o ISDB-T Avançado.
- O novo padrão japonês modifica os parâmetros de transmissão do padrão anterior ISDB-T, como largura de banda ocupada, esquema de modulação e tamanho da transformada rápida de Fourier (FFT), para aumentar a capacidade de transmissão.
- Para permitir uma alocação flexível de largura de banda e, assim, fornecer múltiplos serviços, tanto na recepção fixa quanto na móvel, a revisão aumenta o número de divisões de canal de 14 para 36 segmentos. Um máximo de 35 segmentos são usados para transmitir o sinal, dos quais até 9 podem ser alocados para recepção móvel

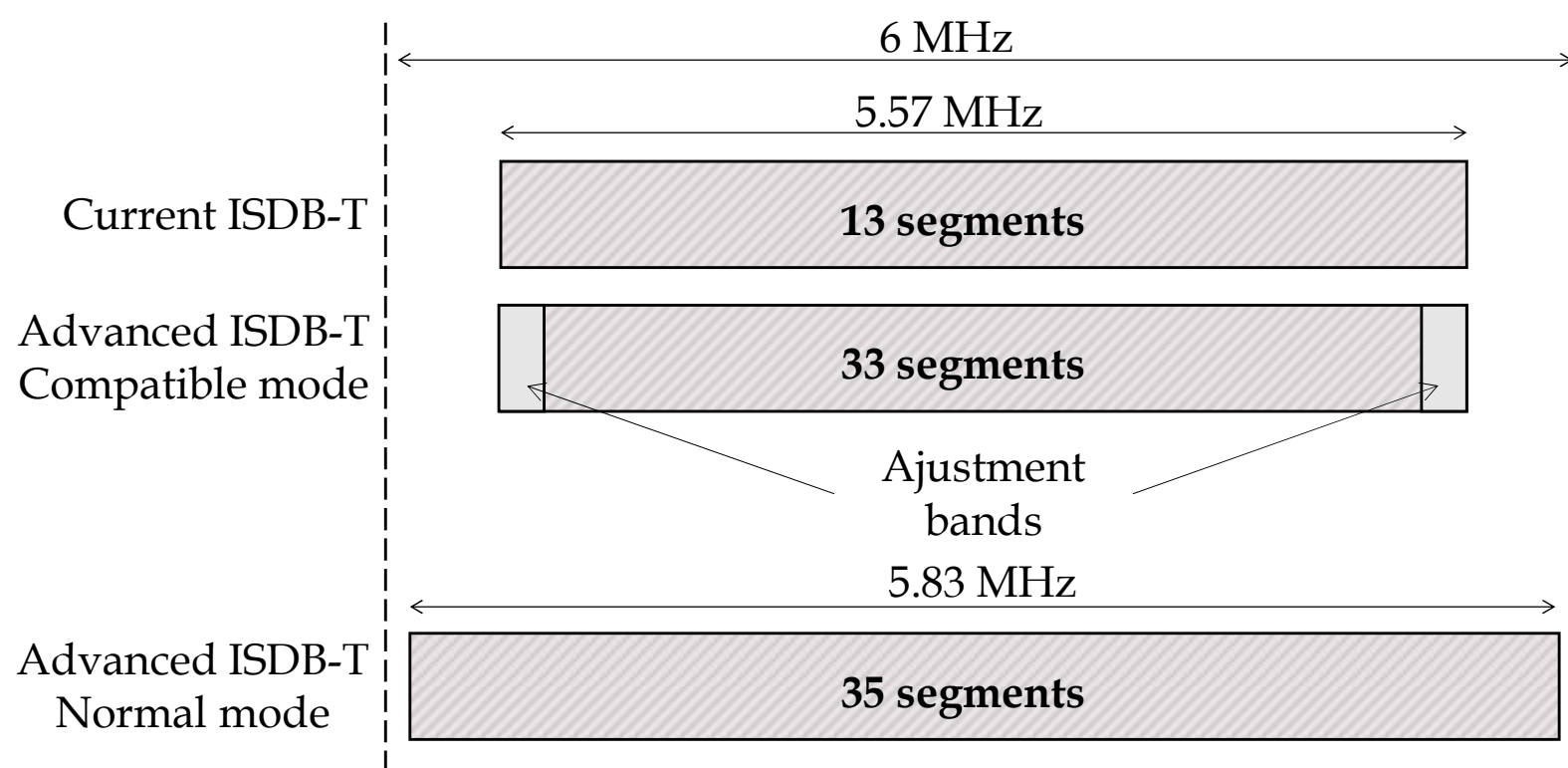
	ISDB-T [15] (for 8k-FFT)	Advanced ISDB-T [1]		
Modulation	Cyclic Prefix-OFDM			
Channel bandwidth	6 MHz			
Occupied bandwidth	5.57 MHz	Normal mode: 5.83 MHz Compatible mode: 5.57 MHz		
Number of segments	13	Normal mode: 35 Compatible mode: 33 + adjusting bands		
Bandwidth of segment	429 kHz	167 kHz		
FFT size	8,192 (8k)	8,192 (8k)	16,384 (16k)	32,768 (32k)
Number of carriers	5,617	7,516	15,121	30,241
Scattered pilot ratio	1/12	1/3, 1/6, 1/12, 1/24, 1/48		
Carrier modulation	QPSK, 16QAM, 64QAM (Uniform)	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM, 4096QAM (Uniform, Non-uniform)		
Number of OFDM symbols per OFDM frame	204	224	112	56
Effective OFDM symbol length	1,008 μ sec	1,296 μ sec	2,592 μ sec	5,184 μ sec
Guard interval ratio	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 1/8, 800/8,192	1/4, 1/8, 1/16, 800/16,384	1/8, 1/16, 1/32, 800/32,768
Inner code	Convolutional code	LDPC code		
Outer code	RS code	BCH code		
System	SISO	SISO, MIMO, MISO		

ISDB-T Avançado

- A eficiência da frequência é aumentada reduzindo o intervalo de guarda e a razão de banda de guarda.
- Existem dois modos de largura de banda, “modo normal” e “modo compatível com ISDB-T”.
- No modo normal são 35 segmentos, enquanto no modo compatível são 33 segmentos com faixas de ajuste adicionais.
- Cada banda de ajuste consiste em pelo menos uma portadora para ajustar a largura de banda para 5,57 MHz. Uma banda de ajuste é adicionada no início da banda e a outra é adicionada no final para que a largura de banda de transmissão não ultrapasse 5,57 MHz.

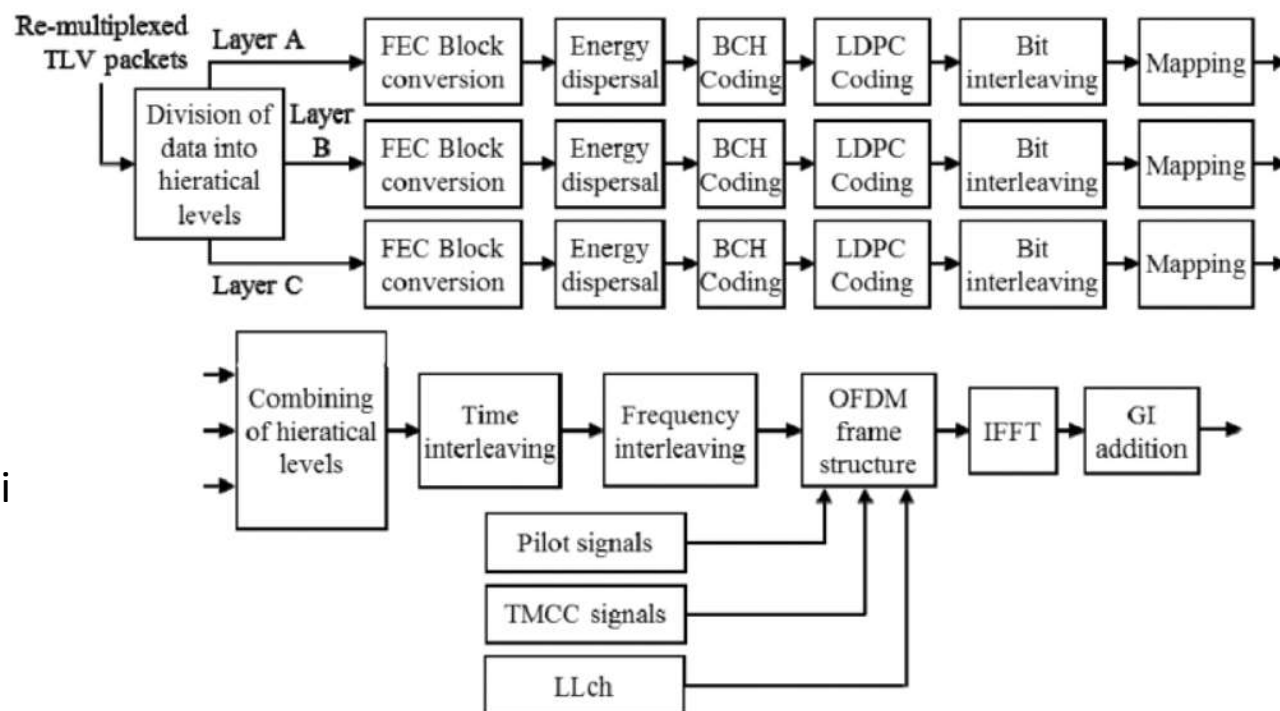
	ISDB-T [15] (for 8k-FFT)	Advanced ISDB-T [1]		
Modulation	Cyclic Prefix-OFDM			
Channel bandwidth	6 MHz			
Occupied bandwidth	5.57 MHz	Normal mode: 5.83 MHz Compatible mode: 5.57 MHz		
Number of segments	13	Normal mode: 35 Compatible mode: 33 + adjusting bands		
Bandwidth of segment	429 kHz	167 kHz		
FFT size	8,192 (8k)	8,192 (8k)	16,384 (16k)	32,768 (32k)
Number of carriers	5,617	7,516	15,121	30,241
Scattered pilot ratio	1/12	1/3, 1/6, 1/12, 1/24, 1/48		
Carrier modulation	QPSK, 16QAM, 64QAM (Uniform)	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM, 4096QAM (Uniform, Non-uniform)		
Number of OFDM symbols per OFDM frame	204	224	112	56
Effective OFDM symbol length	1,008 μ sec	1,296 μ sec	2,592 μ sec	5,184 μ sec
Guard interval ratio	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 1/8, 800/8,192	1/4, 1/8, 1/16, 800/16,384	1/8, 1/16, 1/32, 800/32,768
Inner code	Convolutional code	LDPC code		
Outer code	RS code	BCH code		
System	SISO	SISO, MIMO, MISO		

Quadro OFDM



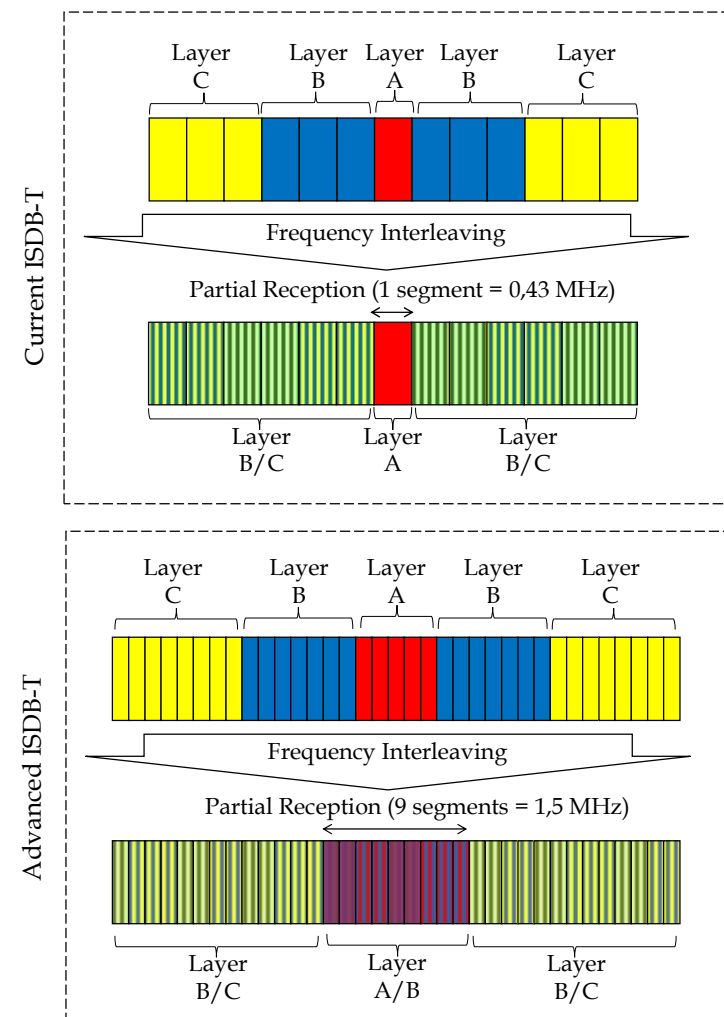
Transmissão Hierárquica

- No ISDB-T avançado, até três camadas (camadas A, B e C) podem ser multiplexadas e transmitidas hierarquicamente. Em cada camada, o comprimento FEC, a taxa de codificação, o esquema de modulação, o comprimento do intervalo de tempo e o intervalo piloto espalhado podem ser definidos independentemente.
- sinais de controle de configuração de transmissão e multiplexação (TMCC) e LLch. Os sinais TMCC transmitem informações de controle que auxiliam nas operações do receptor. Os sinais TMCC e LLch foram transmitidos usando portadoras específicas. Finalmente, o processamento IFFT foi realizado e o GI foi adicionado

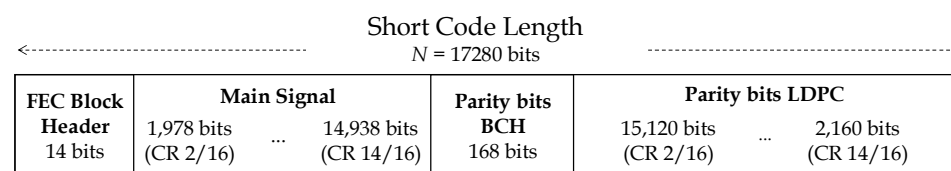
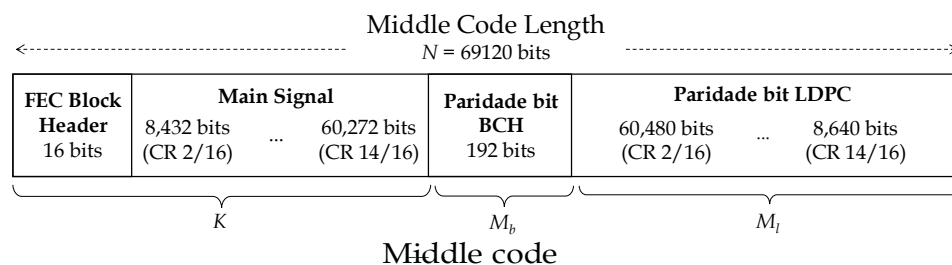


Transmissão Hierárquica

- Até segmentos podem ser atribuídos à camada A para recepção parcial/móvel. A intercalação de frequência é realizada nos nove segmentos centrais, independentemente do número de segmentos para a camada A.
- Um a nove segmentos podem ser atribuídos à camada A para recepção parcial.
- No ISDB-T, a intercalação de frequência para a camada A é aplicada a apenas um único segmento (0,43 MHz). Enquanto no ISDB-T avançado, a intercalação de frequência para a camada A é aplicada a nove segmentos (1,5 MHz) o que torna a intercalação de frequência na recepção parcial de o ISDB-T avançado mais eficaz que o ISDB-T.

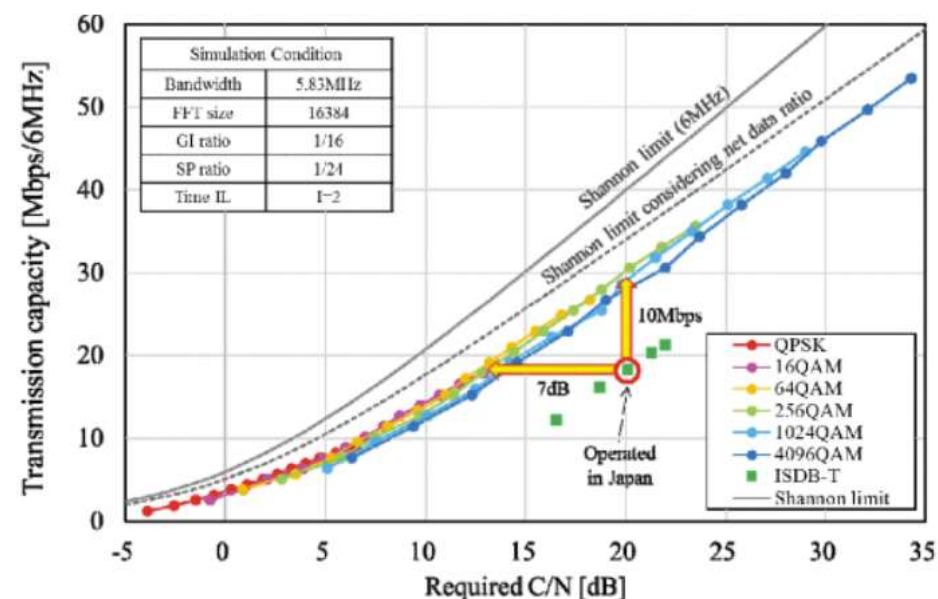
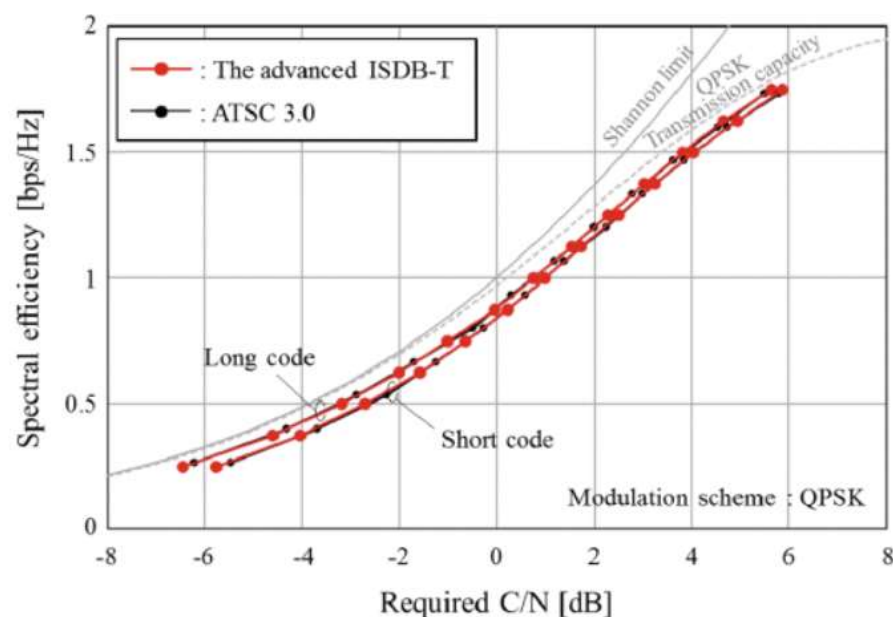


FEC no ISDB-T Avançado



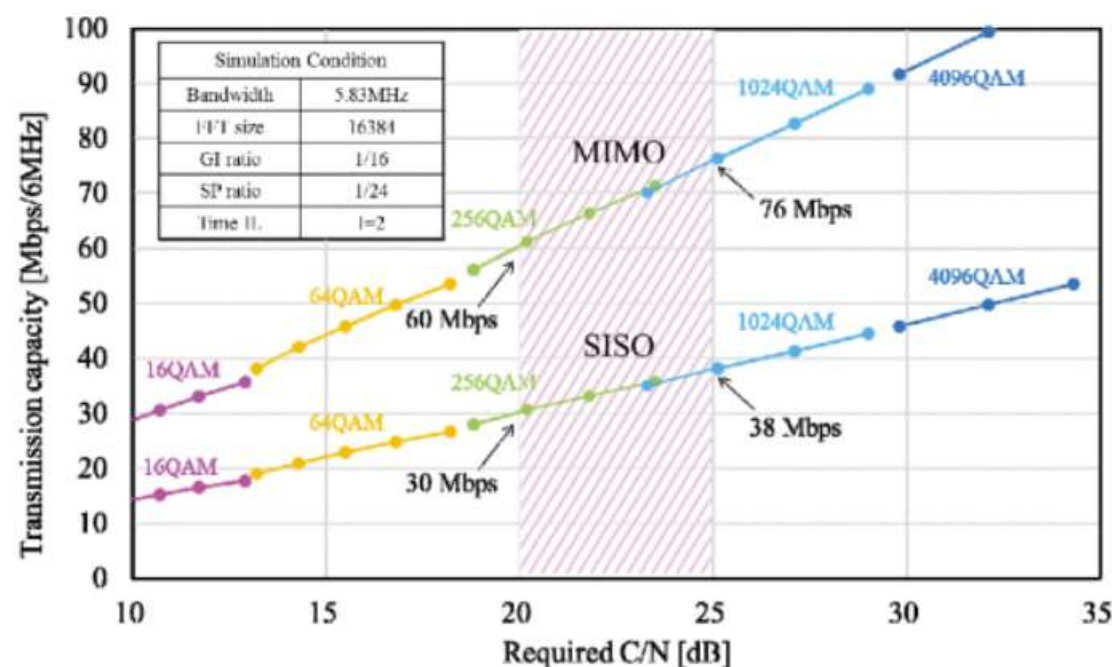
LDPC code										LDPC code									
CR	Structure	Code length (N)	Parity bit (M_l)		Information bit	BCH code		FEC block header	Main signal	CR	Structure	Code length (N)	Parity bit (M_l)		Information bit	BCH code		FEC block header	Main signal
			$M_{l(1)}$	$M_{l(2)}$		Parity bit (M_b)	Information bit (K)						$M_{l(1)}$	$M_{l(2)}$		Parity bit (M_b)	Information bit (K)		
2/16	MET	69120	1800	58680	8640	192	8448	16	8432	2/16	MET	17280	1800	13320	2160	168	1992	14	1978
3/16	MET	69120	1800	54360	12960	192	12768	16	12752	3/16	MET	17280	1440	12600	3240	168	3072	14	3058
4/16	MET	69120	1800	50040	17280	192	17088	16	17072	4/16	MET	17280	1080	11880	4320	168	4152	14	4138
5/16	MET	69120	1800	45720	21600	192	21408	16	21392	5/16	MET	17280	720	11160	5400	168	5232	14	5218
6/16	MET	69120	1800	41400	25920	192	25728	16	25712	6/16	MET	17280	720	10080	6480	168	6312	14	6298
7/16	MET	69120	4680	34200	30240	192	30048	16	30032	7/16	IRA	17280	9720		7560	168	7392	14	7378
8/16	IRA	69120	34560		34560	192	34368	16	34352	8/16	IRA	17280	8640		8640	168	8472	14	8458
9/16	IRA	69120	30240		38880	192	38688	16	38672	9/16	IRA	17280	7560		9720	168	9552	14	9538
10/16	IRA	69120	25920		43200	192	43008	16	42992	10/16	IRA	17280	6480		10800	168	10632	14	10618
11/16	IRA	69120	21600		47520	192	47328	16	47312	11/16	IRA	17280	5400		11880	168	11712	14	11698
12/16	IRA	69120	17280		51840	192	51648	16	51632	12/16	IRA	17280	4320		12960	168	12792	14	12778
13/16	IRA	69120	12960		56160	192	55968	16	55952	13/16	IRA	17280	3240		14040	168	13872	14	13858
14/16	IRA	69120	8640		60480	192	60288	16	60272	14/16	IRA	17280	2160		15120	168	14952	14	14938

Capacidade de Transmissão Melhorada



MIMO aumenta a Capacidade de Transmissão

- A capacidade de transmissão pode ser aumentada usando a tecnologia MIMO.
- Para um C/N requerido de 20-25dB, a capacidade de transmissão do sistema SISO torna-se 30-38 Mbps e a capacidade de transmissão do sistema MIMO torna-se 60-76 Mbps.
- Como a capacidade de transmissão do ISDB-T é de aproximadamente 18 Mbps, é possível realizar uma capacidade de transmissão de até 2 vezes para os sistemas SISO e até 4 vezes para os sistemas MIMO.



M. Nakamura et al., "A Study on the Transmission System of an Advanced ISDB-T," 2019 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB), 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/BMSB47279.2019.8971915.



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO



CREA-MA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Maranhão

Introdução

4. Avaliação de Desempenho de Camada Física

Projeto TV 3.0

2020

Phase 1

Call for Proposals



2021

Phase 2

Testing and Evaluation



2023

Phase 3

Complementary Tests
Research & Development
Standardization
Demonstrations



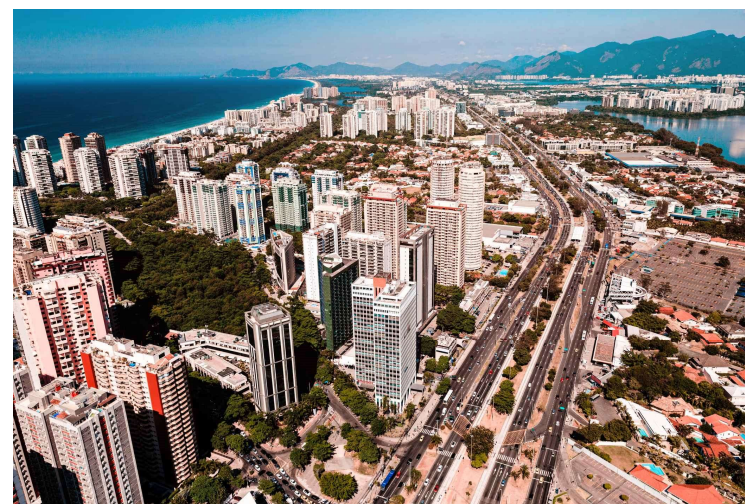
Testes Adicionais

Os testes adicionais de camada física com o sistema ISDB-T avançado foram propostos pelo Professor Leonardo Gonsioroski e pela aluna de doutorado da PUC-Rio, Amanda Beatriz Cunha dos Santos, orientanda do Prof. Dr. Luiz Alencar Reis da Silva Mello.

O objetivo principal dos testes era de avaliar o desempenho do sistema ISDB-T Avançado dentro das premissas do Projeto TV 3.0 utilizando configurações de transmissão diferentes daquelas já executadas na Fase 2 do projeto.

Foram realizadas medições de potência recebida e perdas de propagação, limiar de relação sinal-ruído (C/N threshold) e limiar de recepção (margem do sistema).

Testes de Camada Física

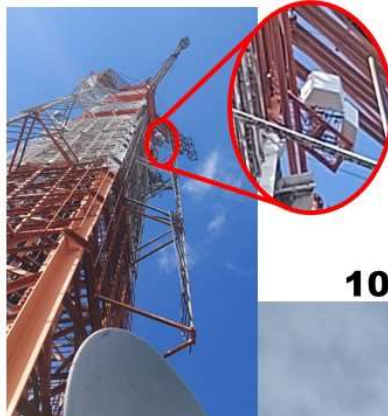


Ambiente de Medições



1. Trânsito de Carros e de Pessoas
2. Topografia e Morfologia
3. Proximidade do litoral e de lagoas
4. Níveis de presença de vegetação

Transmissão



10 Meters

5 Meters



Recepção



2 Meters



Transmissão

Re-Multiplexer

- IP Input : MMT/TLV input of layer-A, B, C and LLch-1 system
- IP Output : Two XMI packets to the Modulator
- Multiplexing: FCE Block process, Frame process and XMI packet

Modulator

- IP Input : XMI/IP input
- IF Output : H1, H2, V1 and V2
- Output frequency : 37.15MHz and 10dBm $\pm$ 1dB/50ohm
- Modulation : Bit-Interleaved Coded Mod and Hierarchical Synthesis
- Interleave : Time and Frequency Interleave

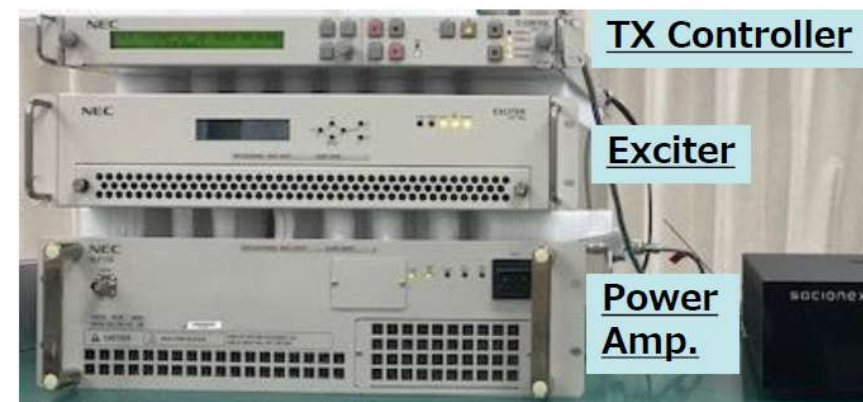


Re-multiplexer

Modulator

Exciter and TX Controller

- IF Input : OFDM modulation signal (37.15MHz)
- RF Output : OFDM modulation wave
- Bandwidth : 5.57MHz and 35 segments (H polarization)



TX Controller

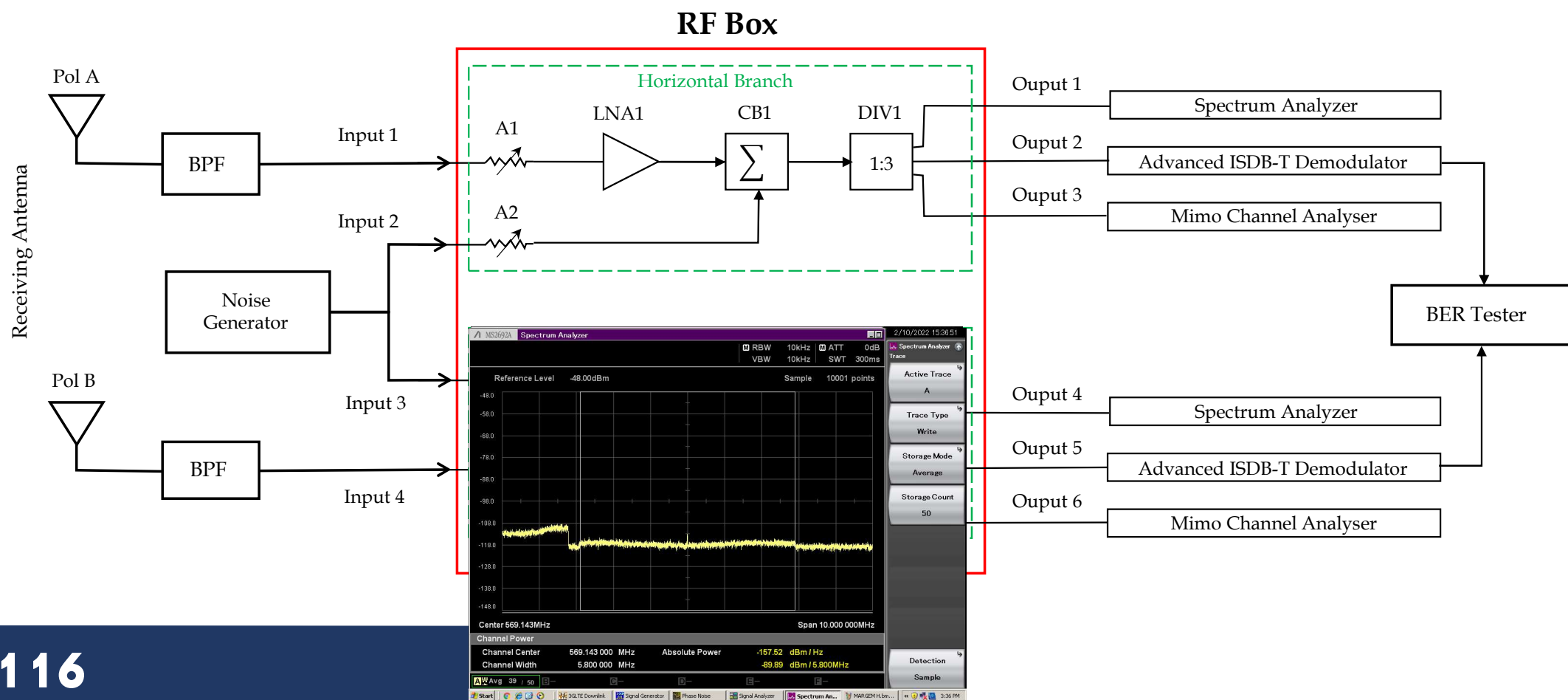
Exciter

Power
Amp.

Configurações de Transmissão na Fase 2 de Testes

Bandwidth:	6 MHz
Occupied Bandwidth:	5.83 MHz (normal mode)
Transmission system:	MIMO 2x2
Multiplexing scheme:	TLV (IP)
Modulation:	QPSK
Constellation:	Uniform Constellation
Error Correction:	LDPC (3/16) + BCH (long code, code length 69120)
FFT size:	16K (16384)
TMCC:	4 per segment with 102 bits each
GI Ratio:	800/16384 (126.56 μ s)
SP Pattern:	Dx = 6 and Dy=2
Time Interleave :	I=3
Layer :	Layer A, 35 segments
Program :	Full HD (1080p), 3.6 Mbps @ MIMO
QEF :	PER of 10^{-4} before BCH

Recepção



Recepção

(1) Advanced signal analyzer

- Constellation, Frequency Response, Delay Profile, TMCC
- Input Level, MER

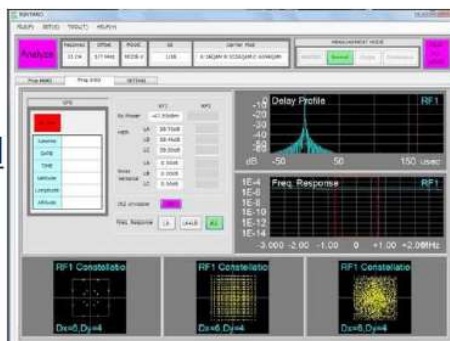
(2) TLV Packet Analyzer

- BER (PN)
- PER (TLV packet)

(3) Spectrum Analyzer

- Wideband spectrum measurement such as Adjacent channels

Advanced
Signal
Analyzer



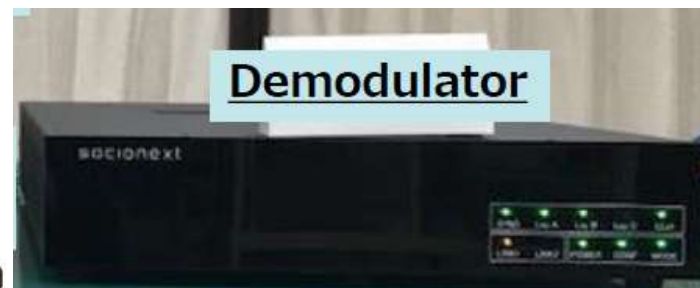
TLV Packet Analyzer



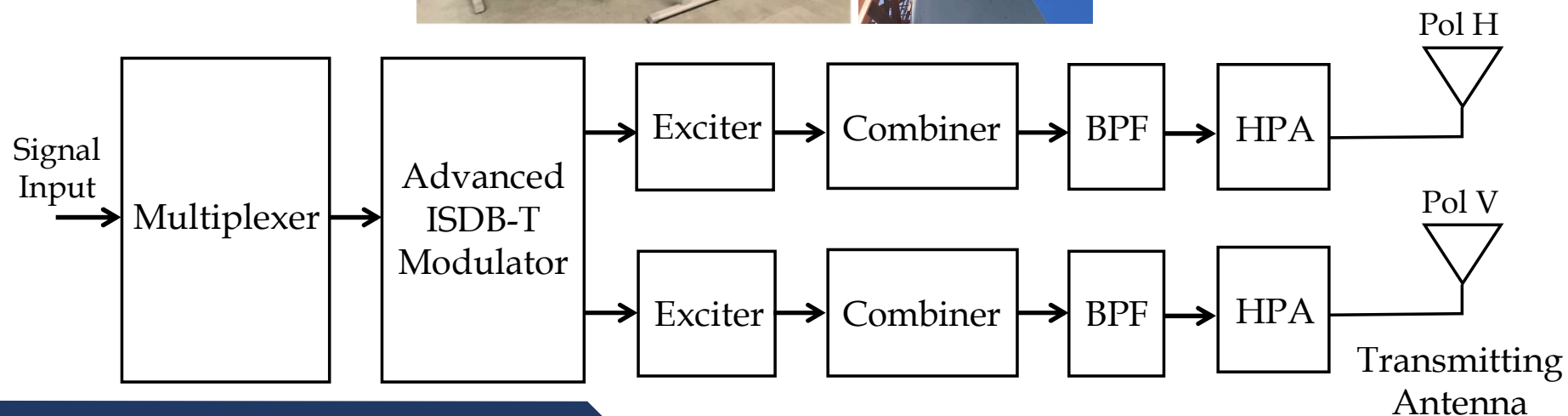
Demodulator

- IF Input : H1, H2, V1 and V2
- IP Output : MMT/IP
- Output frequency : 37.15MHz and 10dBm±1dB/50ohm
- Modulation : Bit-Interleaved Coded Mod and Hierarchical Synthesis
- Interleave : Time and Frequency Interleave

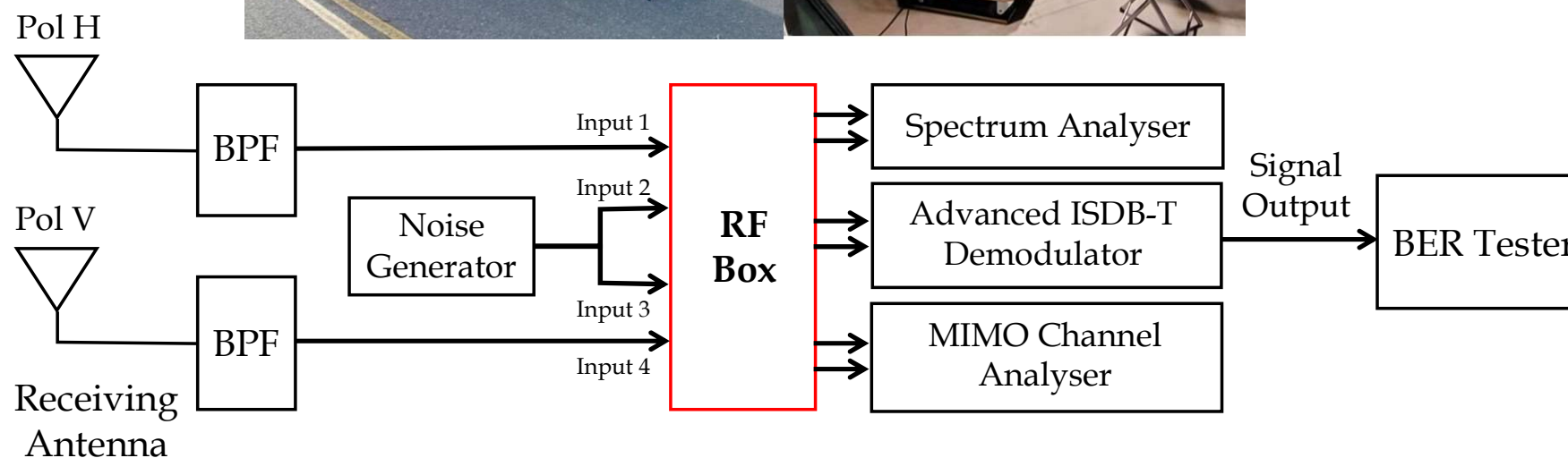
Demodulator



Transmissão

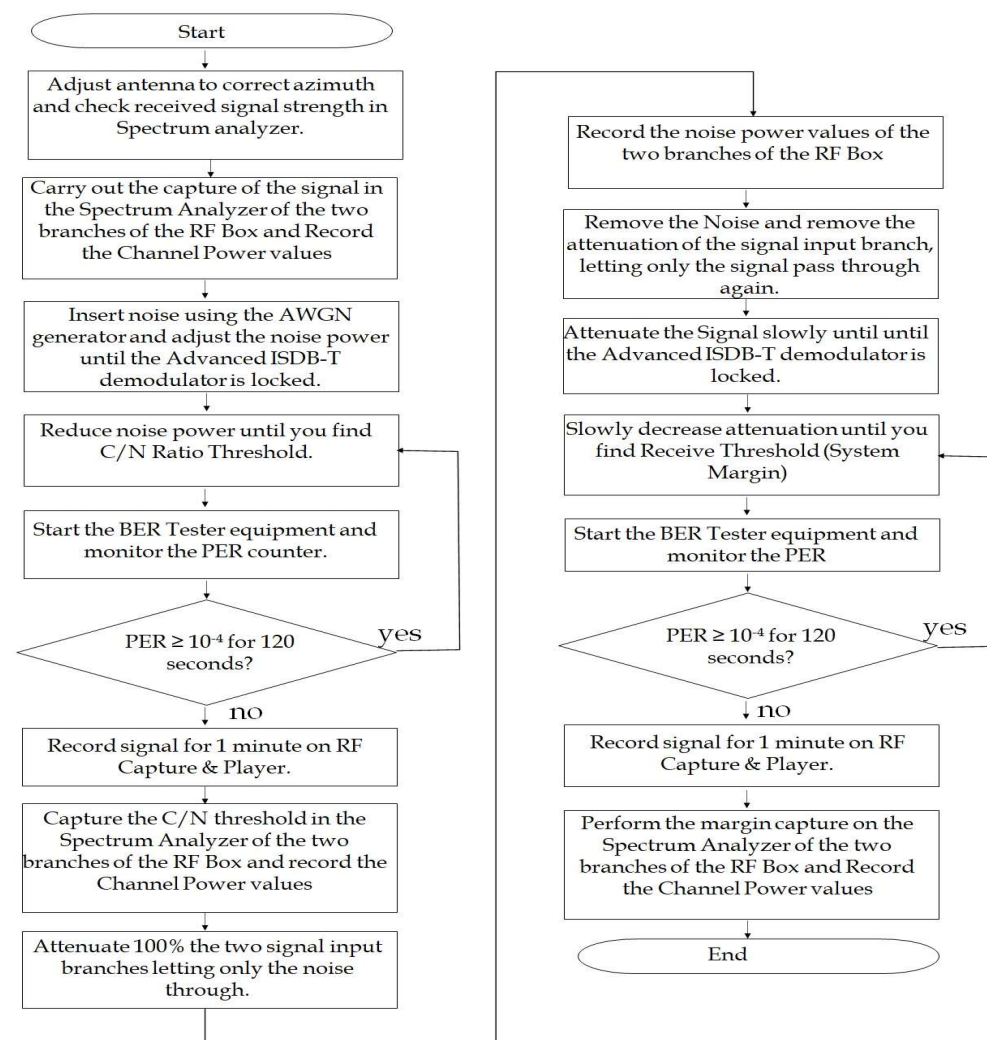


Recepção



Metodologia das Medições

- A NHK propôs provisoriamente $BER = 10^{-7}$ após a decodificação LDPC como um ponto QEF.
- A NHK também sugere o uso de uma Taxa de Erro de Pacote (PER) de 10^{-4} como uma forma equivalente de medir QEF.
- Quando o sistema de recepção está no estado QEF por 120 segundos, medimos o limiar de C/N, representando o menor valor de C/N que permite a recepção e decodificação de vídeo e som.



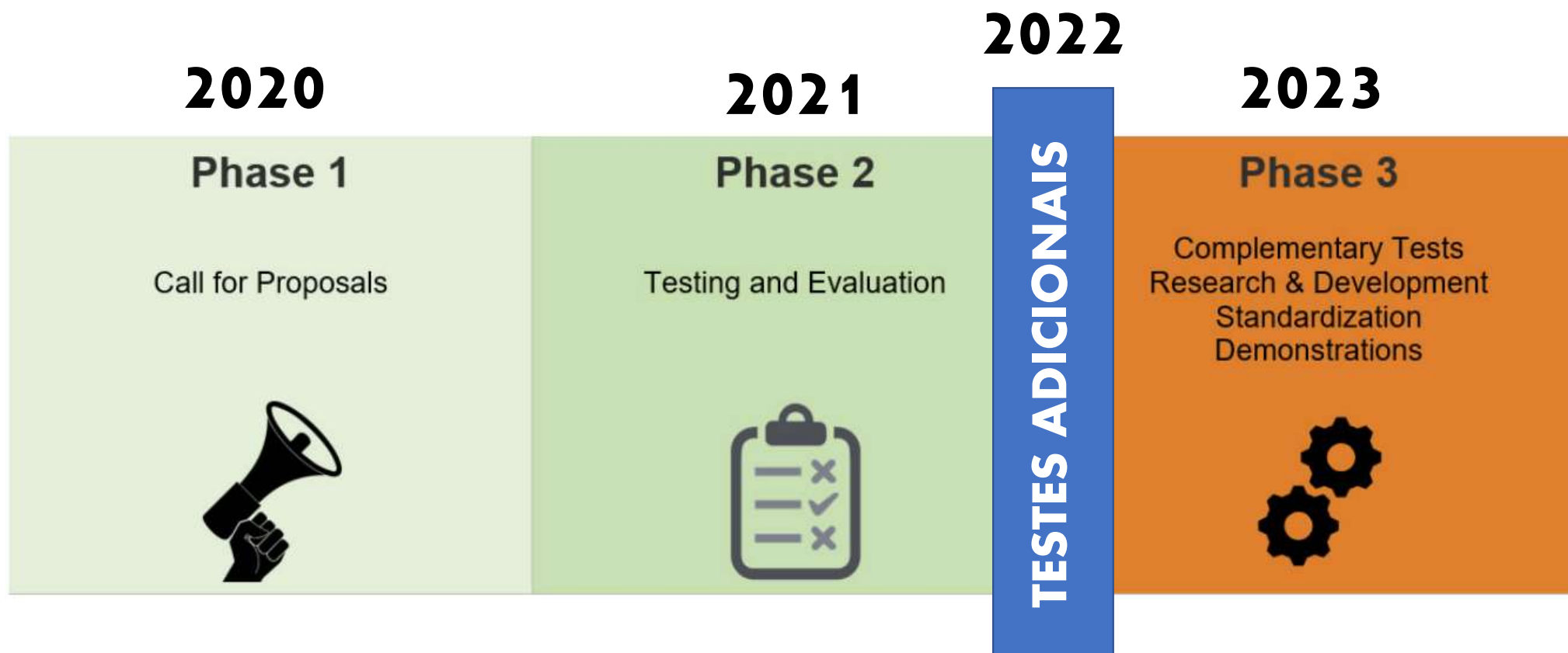
Campanhas de Medição – Fase 2 – Projeto TV 3.0 – Forum SBTVD

Para a fase 2 de Testes do Projeto TV 3.0, foram executadas medições outdoor e indoor

- 16 pontos de medição outdoor com 1 tipo de antena
- 4 pontos indoor com 5 tipos de antenas
- 1 altura da antena receptora (2 m)
- 1 MODCOD
- 2 Polarizações (H/V e +45°/-45°)

Bandwidth:	6 MHz
Occupied Bandwidth:	5.83 MHz (normal mode)
Transmission system:	MIMO 2x2
Multiplexing scheme:	TLV (IP)
Modulation:	QPSK
Constellation:	Uniform Constellation
Error Correction:	LDPC (3/16) + BCH (long code, code length 69120)
FFT size:	16K (16384)
TMCC:	4 per segment with 102 bits each
GI Ratio:	800/16384 (126.56 μ s)
SP Pattern:	Dx = 6 and Dy=2
Time Interleave :	I=3
Layer :	Layer A, 35 segments
Program :	Full HD (1080p), 3.6 Mbps @ MIMO
QEF :	PER of 10^{-4} before BCH

Projeto TV 3.0



1. Medidas de desempenho utilizando outras configurações de **codificação e modulação (MODCOD)** do sinal transmitido em situações de recepção outdoor.

Transmission Configuration (MODCOD)		Data Rate (Mbps)		Number of measured packets during the 120 seconds	
Code Rate LDPC	Modulation	Min	Max	Min	Max
2/16	QPSK	2,418	2,434	36.170	36.172
2/16	16QAM	4,843	4,851	72.393	72.394
3/16	QPSK	3,663	3,670	54.728	54.730
4/16	QPSK	4,900	4,916	73.286	73.287
5/16	QPSK	6,144	6,161	91.842	91.846

2. Avaliar o impacto da **variação da altura da antena receptora** nos resultados de desempenho.
3. Comparar os resultados utilizando **polarizações H/V e +45°/-45°**.
4. Comparar os resultados utilizando **constelação uniforme e não uniforme para MODCOD 2/16 - 16QAM**.

Campanhas de Medição – Testes Adicionais

Foram realizadas 514 medições em 3 meses de trabalho (jan, fev e mar).

- 16 pontos de medição outdoor
- 3 alturas diferentes da antena receptora (2, 5 e 10 m)
- 5 MODCODs
- 2 Polarizações (H/V e $+45^\circ/-45^\circ$)

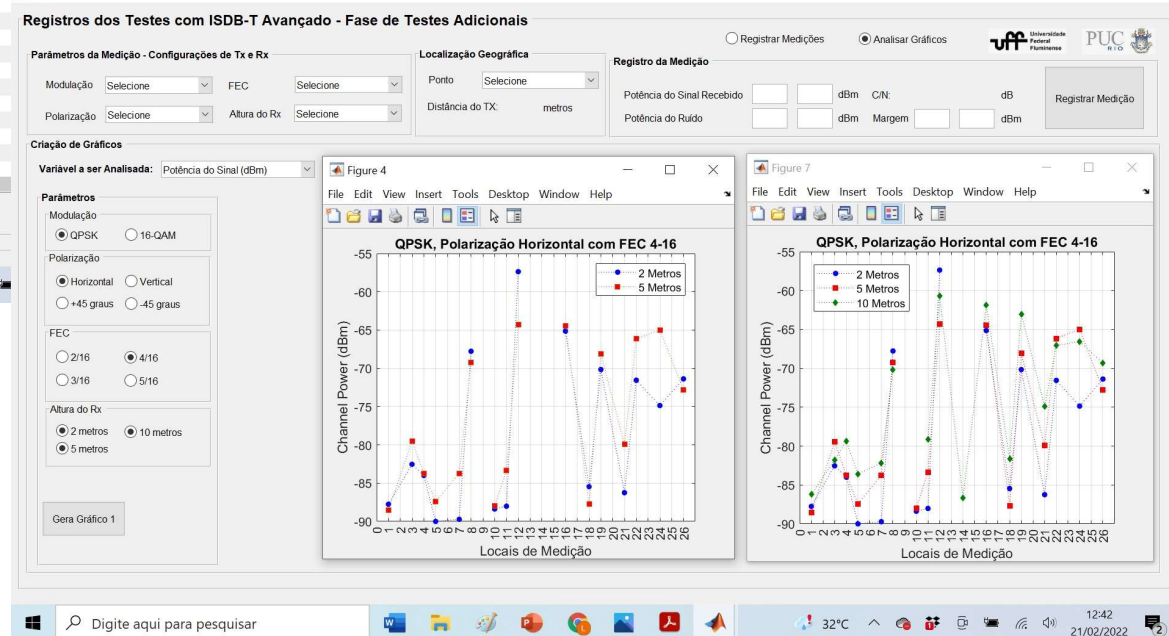
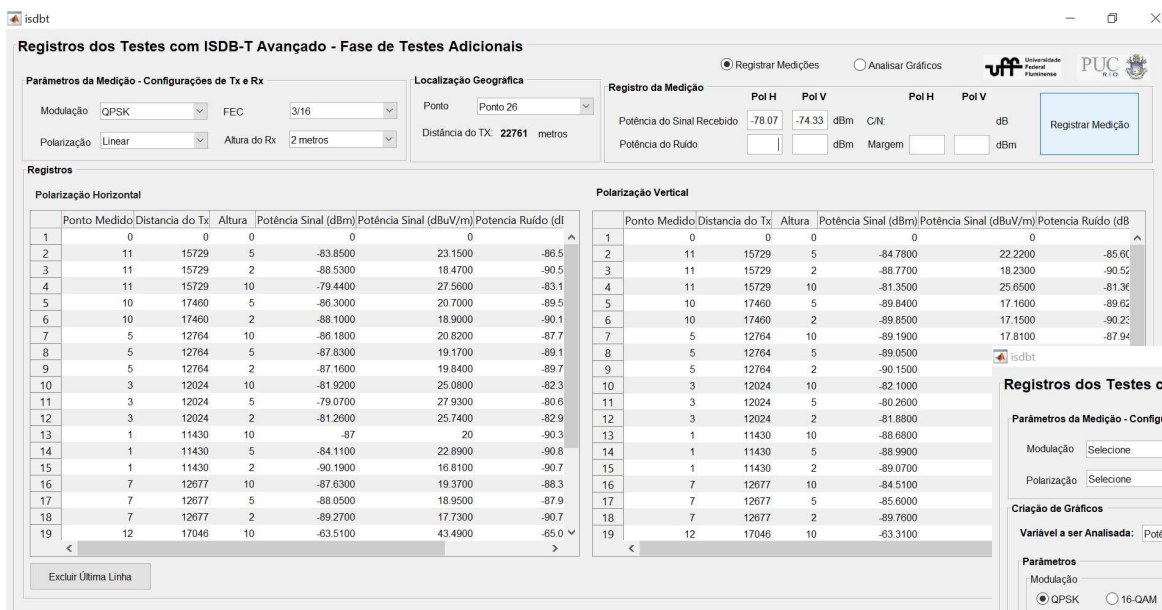
Foram realizadas 32 medições entre os dias 11 e 20/03 com a Antena da Mackenzie.

- 8 pontos de medição outdoor
- 2 alturas diferentes da antena receptora (2 e 5 m)
- 1 MODCOD (3/16 – QPSK)
- 2 Polarizações (H/V e $+45^\circ/-45^\circ$)

Foram realizadas 12 medições com constelação não uniforme

- 12 pontos de medição outdoor
- 1 altura da antena receptora (10 m)
- 1 MODCOD (2/16 – 16QAM)
- 1 Polarização ($+45^\circ/-45^\circ$)

Software de Acompanhamento





UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO



CREA-MA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Maranhão

Resultados

Resultados

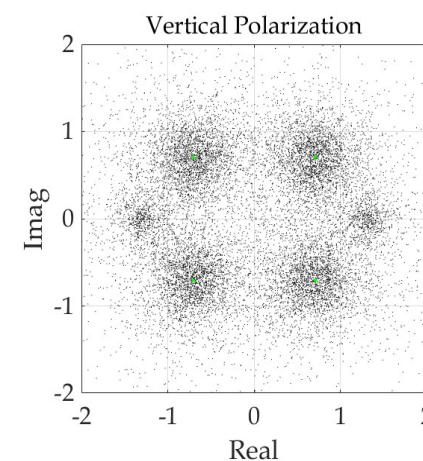
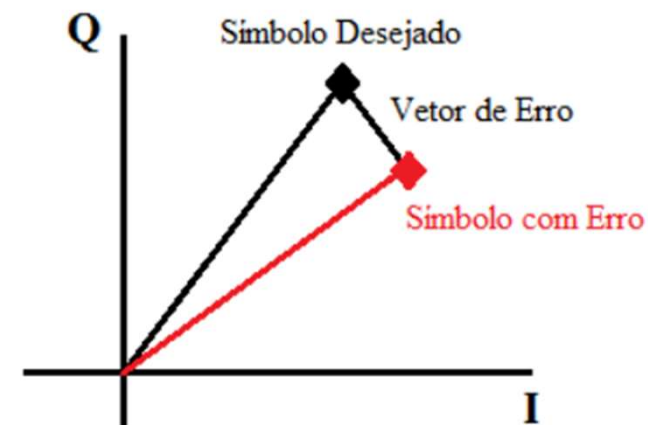
Fase 2 – Projeto TV 3.0

Considerações importantes

- Limiar C/N – Quanto menor o valor registrado, maior robustez do sistema;
- Limiar de Recepção – Quanto menor o valor registrado, maior robustez do Sistema;
- Condition Number – Quanto menor o valor registrado, melhor a condição do canal de propagação para MIMO;
- MER (Taxa de Erro de Modulação) – Quanto maior o valor registrado, melhor a condição do canal de propagação;
- Banda de Coerência – Quanto maior o valor da B_c , mais plano será o desvanecimento do canal de propagação. Se a largura de banda do sinal for maior que a banda de coerência o sinal sofre desvanecimento seletivo em frequência.

MER – Relação de Erro de Modulação

- A MER é uma medida usada para quantificar o desempenho de um transmissor ou receptor de rádio digital (ou TV digital) em um sistema de comunicações que usa modulação digital (como QAM).
- Um sinal enviado por um transmissor ideal ou recebido por um receptor teria todos os pontos da constelação precisamente nos locais ideais, porém diversas imperfeições no canal de propagação (como ruído, multipercursos, distorção, intermodulação, etc.) fazem com que os pontos reais da constelação se desviem dos locais ideais.
- Um vetor de erro é um vetor no plano IQ entre o ponto ideal da constelação e o ponto recebido pelo receptor. A distância euclidiana entre os dois pontos é a sua magnitude.

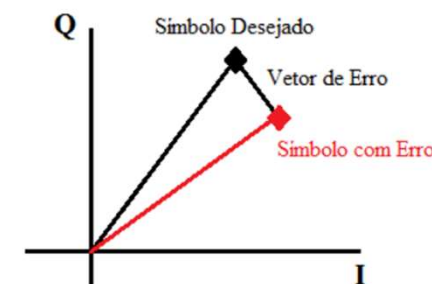


MER – Relação de Erro de Modulação

- A taxa de erro de modulação é igual à razão entre a potência quadrática média (RMS) (em Watts) do vetor de referência e a potência (em Watts) do erro. É definido em dB como:

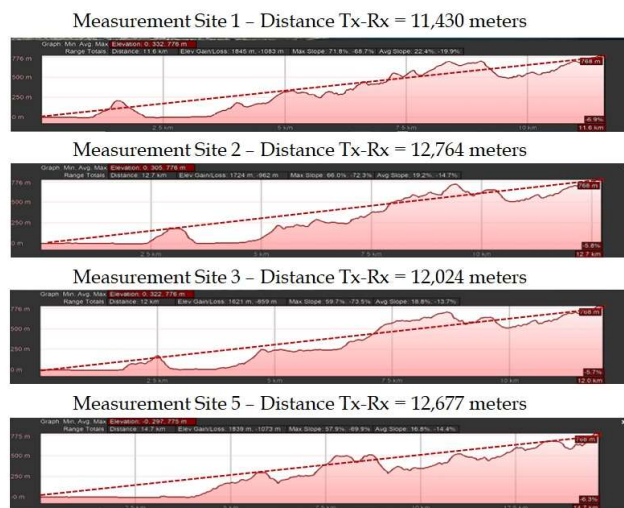
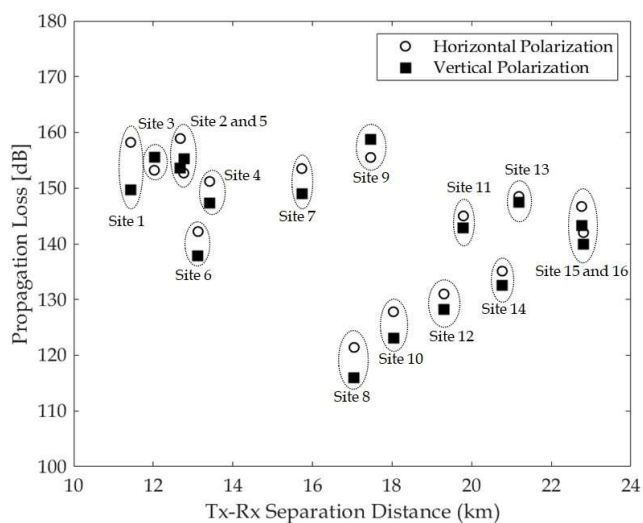
$$\text{MER(dB)} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{\text{signal}}}{P_{\text{error}}} \right)$$

onde P_{erro} é a potência RMS do vetor de erro e P_{signal} é a potência RMS do sinal transmitido ideal.



- O MER está intimamente relacionado à magnitude do vetor de erro (EVM), mas o MER é calculado a partir da potência média do sinal. O MER também está intimamente relacionado à relação sinal-ruído.
- O MER inclui todas as imperfeições, incluindo desequilíbrio de amplitude determinístico, erro de quadratura e distorção, enquanto o ruído é aleatório por natureza.

Perda de Propagação



Transmitter

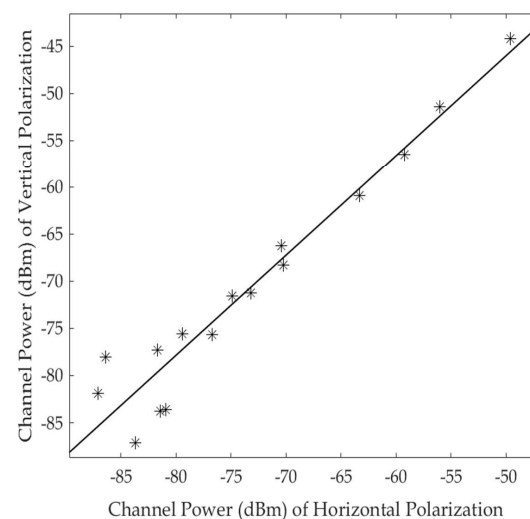
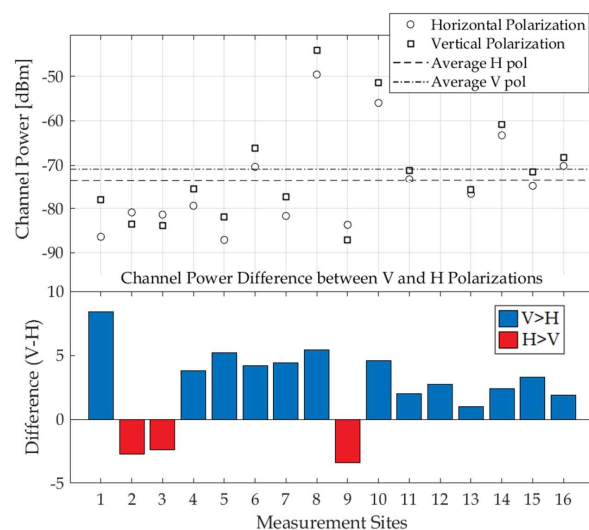
Output Power: 53 dBm
Antenna Gain: 11.14 dBi
Loss Cables and Conectors: 3 dB
EIRP: 61.14 dBm

Receiver

	H branch	V branch
Antenna Gain:	8.14 dBi	7.94 dBi
Loss Cables and Conectors:	6.78 dB	6.78 dB
Gain RF Box:	9.3	9.4



Perda de Propagação



Transmitter

Output Power:	53 dBm
Antenna Gain:	11.14 dBi
Loss Cables and Conectors:	3 dB
EIRP:	61.14 dBm

Receiver

	H branch	V branch
Antenna Gain:	8.14 dBi	7.94 dBi
Loss Cables and Conectors:	6.78 dB	6.78 dB
Gain RF Box:	9.3	9.4



Resultados Outdoor – Polarizações H e V separadas

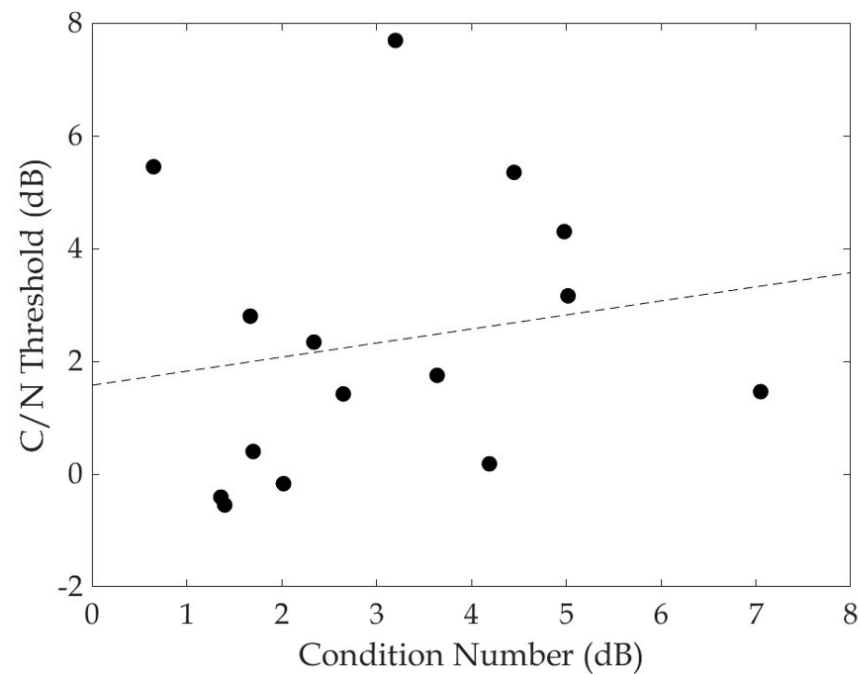
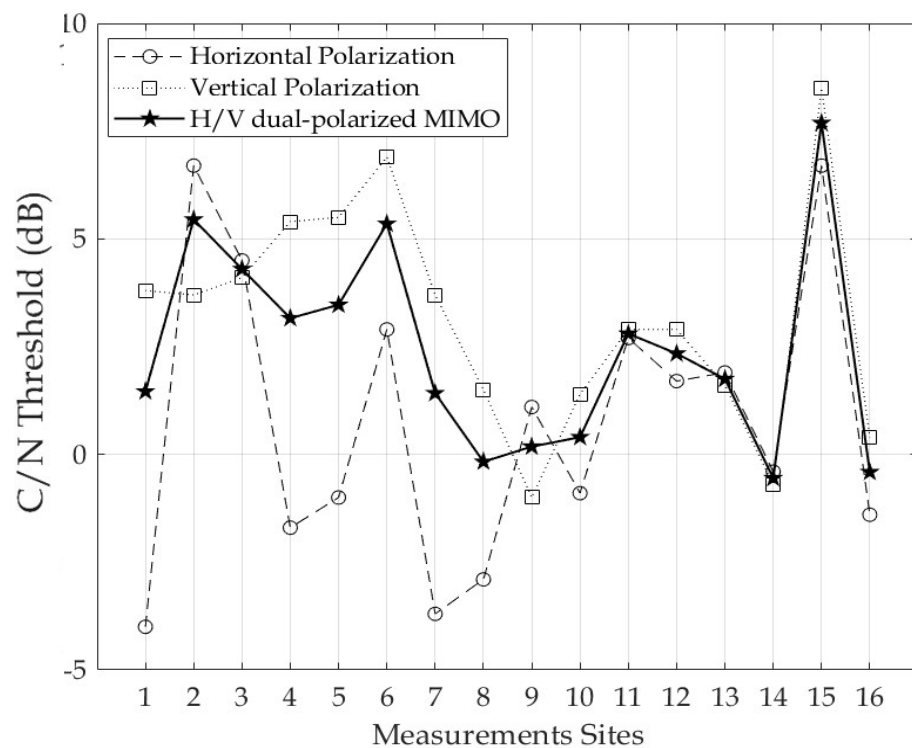
Site	H/V Polarization results																							
	Channel Power (dBm)		Required C/N Ratio (dB)		Reception Threshold (dBm)		MER		Retardo Médio (µs)				Número de Multipercursos				Retardo RMS (µs)				Banda de Coerência (kHz)			
	H	V	H	V	H	V	H	V	VV	VH	HV	HH	VV	VH	HV	HH	VV	VH	HV	HH	VV	VH	HV	HH
1	-86.4	-78.0	-4.0	3.8	-90.6	-85.0	5.0	6.3	2.60	3.35	3.24	3.20	27	36	42	38	1.78	1.99	1.77	1.90	111.9	100.1	113.0	105.1
2	-80.9	-83.6	6.7	3.7	-85.3	-88.2	19.6	20.3	1.91	5.49	5.87	2.47	21	72	70	30	1.40	3.17	3.35	1.66	142.3	62.9	56.6	119.8
3	-81.4	-83.8	4.5	4.1	-87.1	-88.2	6.5	6.7	2.33	6.31	6.49	2.59	25	82	84	32	1.64	3.41	3.47	1.48	121.5	58.5	57.4	134.7
4	-79.4	-75.6	-1.7	5.4	-90.4	-87.8	7.8	7.0	3.50	5.98	5.79	3.45	40	81	73	41	2.07	3.29	3.28	2.13	96.3	60.6	60.8	93.6
5	-87.1	-81.9	-1.0	5.5	-89.9	-87.1	5.5	5.5	5.45	5.96	5.73	5.77	35	61	60	43	3.53	3.50	3.80	3.62	56.5	57.0	52.5	55.2
6	-70.4	-66.2	2.9	6.9	-89.1	-86.8	20.6	18.0	0.51	1.69	3.79	2.83	6	16	42	33	0.35	1.04	2.58	1.73	561.6	190.9	77.5	115.1
7	-81.7	-77.3	-3.7	3.7	-89.9	-88.2	12.1	10.4	2.26	3.97	2.87	2.43	18	52	33	26	2.69	2.32	2.00	1.49	74.2	86.0	99.9	133.5
8	-49.6	-44.2	-2.9	1.5	-90.7	-89.5	31.8	34.2	0.35	0.95	0.86	0.71	4	10	10	3	0.21	0.67	0.62	0.36	939.0	296.4	322.3	550.6
9	-83.7	-87.1	1.1	-1.0	-89.5	-90.5	7.2	7.8	6.04	6.54	5.89	7.83	6	5	7	11	4.02	2.91	1.75	3.58	49.6	68.6	114.2	55.8
10	-56.0	-51.4	-0.9	1.4	-90.3	-88.7	23.9	31.2	0.54	1.56	1.18	0.67	6	19	15	10	0.35	0.94	0.77	0.41	560.0	212.4	259.5	479.5
11	-73.2	-71.2	2.7	2.9	-89.5	-88.5	12.5	17.4	1.57	4.50	5.31	3.33	14	51	58	33	1.15	2.83	3.38	2.44	173.0	70.0	59.0	81.9
12	-59.2	-56.5	1.7	2.9	-90.4	-89.6	25.4	29.5	2.96	4.82	3.85	3.16	31	61	44	35	1.70	2.46	1.92	1.98	117.1	81.2	104.0	100.6
13	-76.7	-75.7	1.9	1.6	-89.9	-89.3	11.9	9.6	2.28	5.98	6.31	3.10	26	73	82	39	1.23	3.48	3.46	1.86	162.50	57.40	57.70	107
14	-63.3	-60.9	-0.4	-0.7	-90.5	-89.6	17.8	24.0	1.39	5.12	6.05	2.66	11	61	74	34	1.15	2.99	3.45	1.54	172.5	66.8	57.8	129.8
15	-74.9	-71.6	6.7	8.5	-89.5	-87.4	6.3	7.3	2.04	6.18	6.46	4.26	24	76	83	50	1.15	3.58	3.54	2.75	173.0	55.7	56.4	72.7
16	-70.2	-68.3	-1.4	0.4	-90.4	-89.4	18.7	21.8	1.65	5.60	6.05	2.78	17	71	77	31	1.20	3.29	3.45	2.13	165.5	60.7	57.8	93.8

Resultados Outdoor MIMO

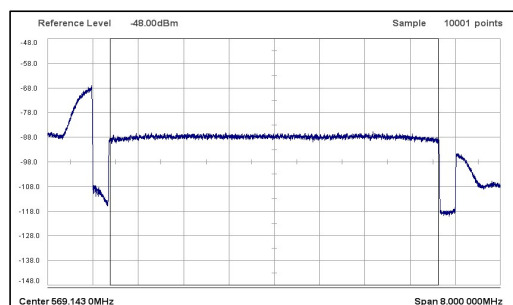
Site	MIMO results			
	Channel Power (dBm)	Required C/N Ratio (dB)	Reception Threshold (dBm)	Condition Number (dB)
Outdoor results				
1	-80.42	1.46	-86.95	7.05
2	-82.04	5.45	-86.51	0.65
3	-82.44	4.30	-87.62	4.98
4	-77.10	3.16	-88.91	5.02
5	-83.76	3.47	-88.28	32.11
6	-67.81	5.35	-87.80	4.45
7	-78.97	1.42	-88.97	2.65
8	-46.11	-0.17	-90.06	2.02
9	-85.08	0.18	-89.97	4.19
10	-53.12	0.40	-89.43	1.70
11	-72.09	2.80	-88.97	1.67
12	-57.64	2.34	-89.98	2.34
13	-76.17	1.75	-89.59	3.64
14	-61.94	-0.55	-90.03	1.40
15	-72.94	7.69	-88.32	3.20
16	-69.15	-0.41	-89.87	1.36

$$C/N_{MIMO} = 10 \log \left(\frac{10^{\frac{C/N_{Hor Pol}}{10}} + 10^{\frac{C/N_{Vert Pol}}{10}}}{2} \right)$$

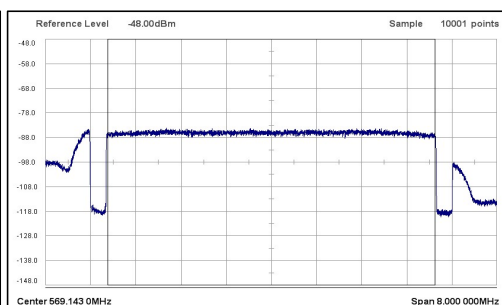
Análise do C/N Threshold



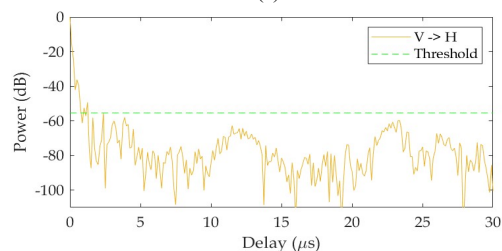
Resultados Outdoor – Ponto 8



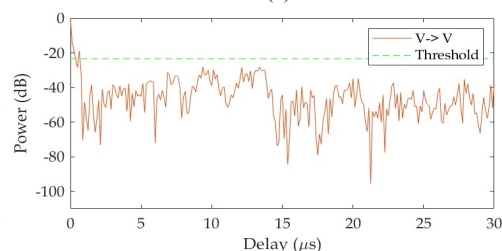
(a)



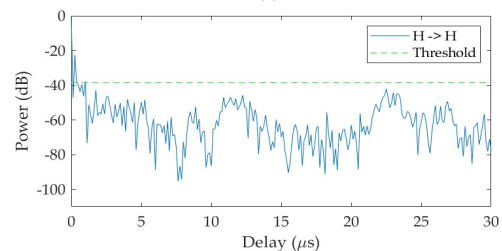
(b)



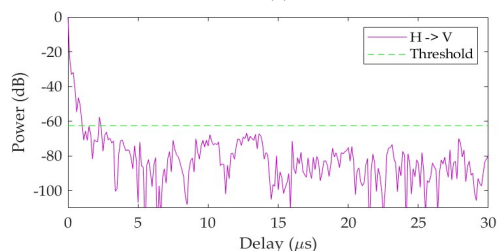
(c)



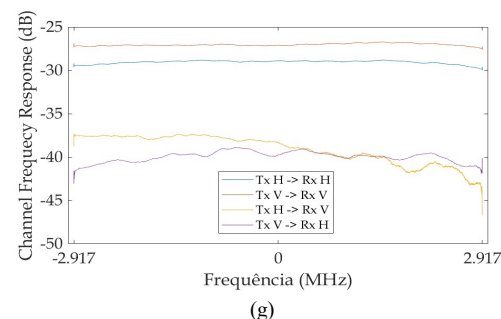
(d)



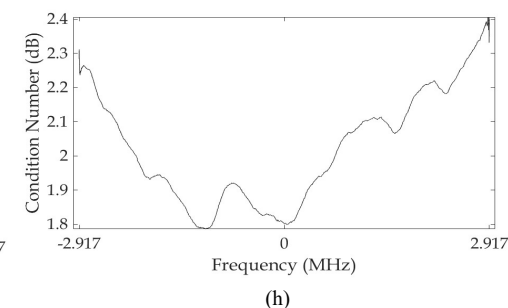
(e)



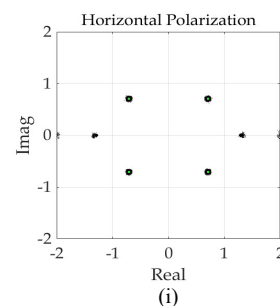
(f)



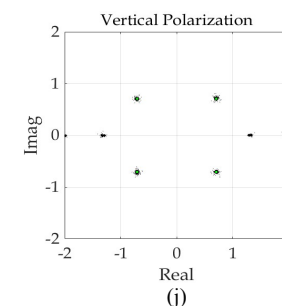
(g)



(h)

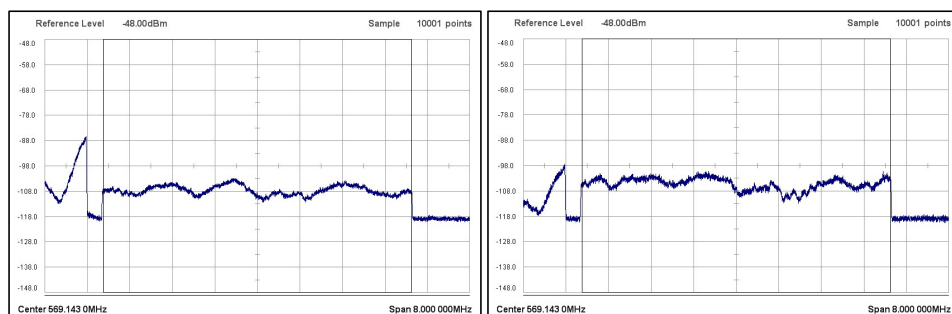


(i)



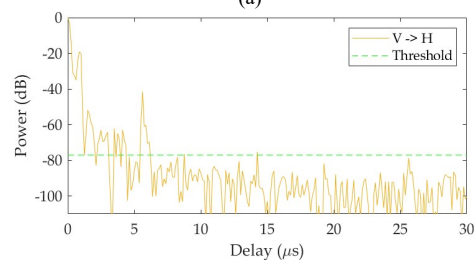
(j)

Resultados Outdoor – Ponto 4

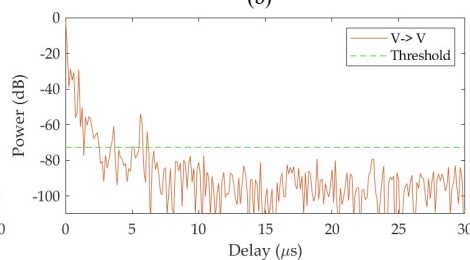


(a)

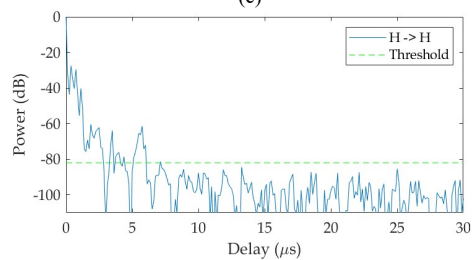
(b)



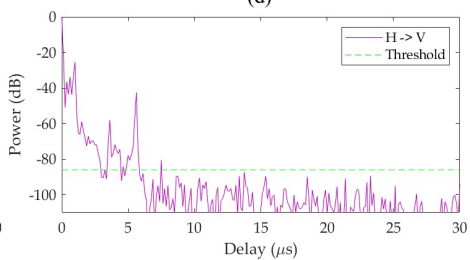
(c)



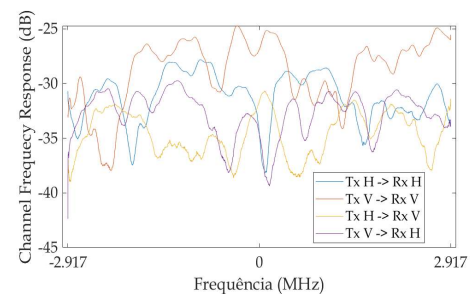
(d)



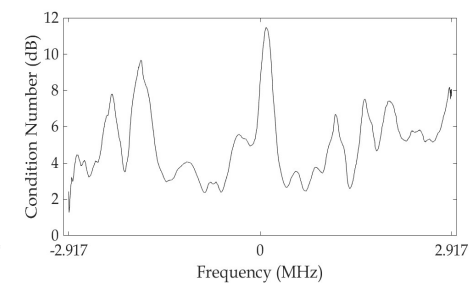
(e)



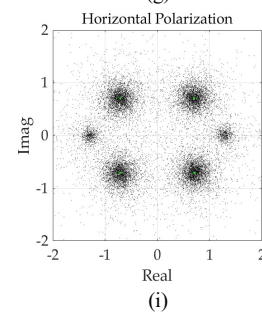
(f)



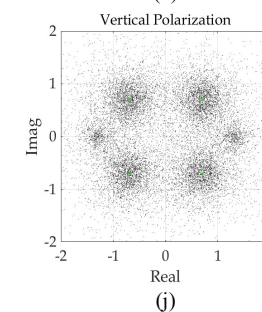
(g)



(h)

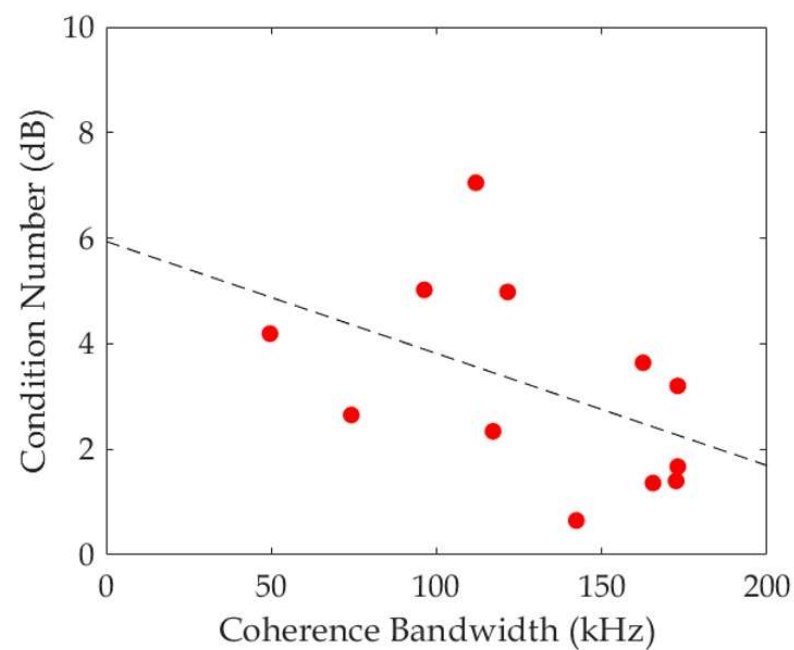
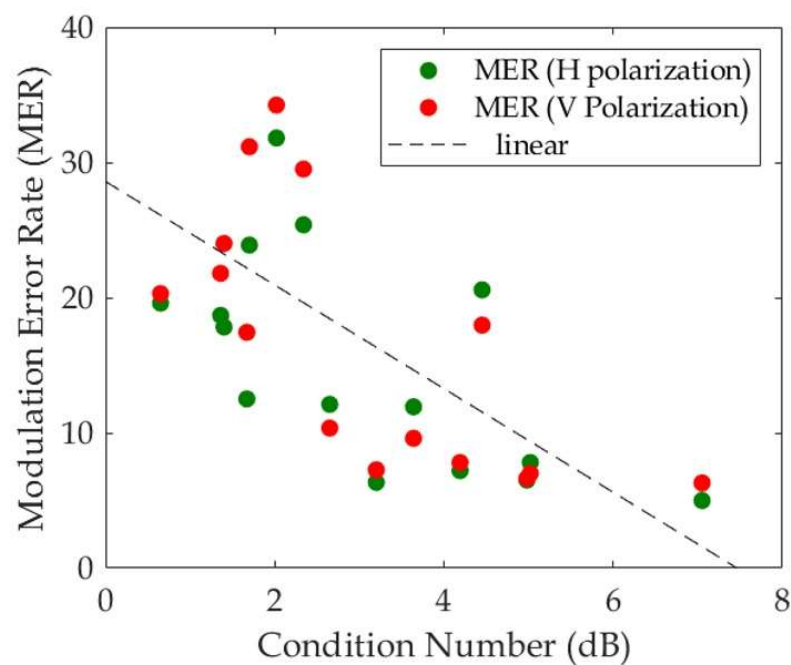


(i)

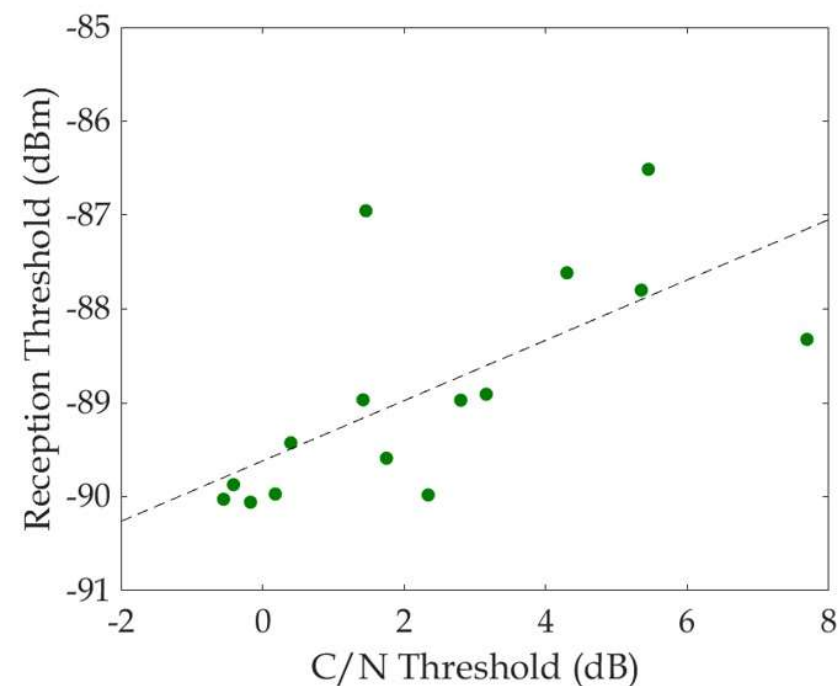
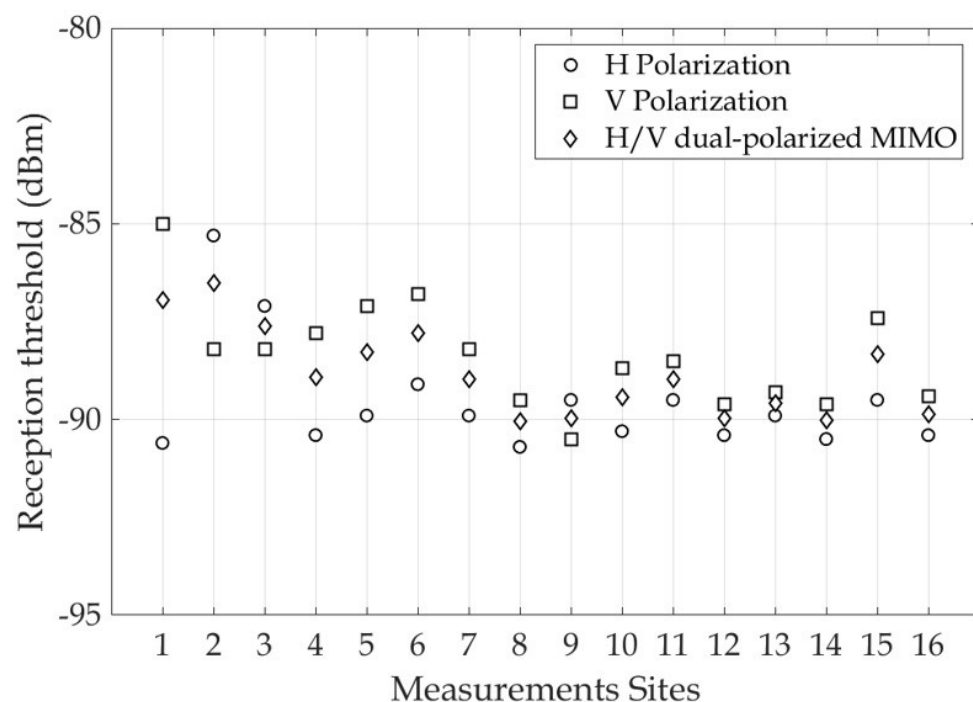


(j)

Análise da Condição do Canal



Análise do Limiar de Recepção



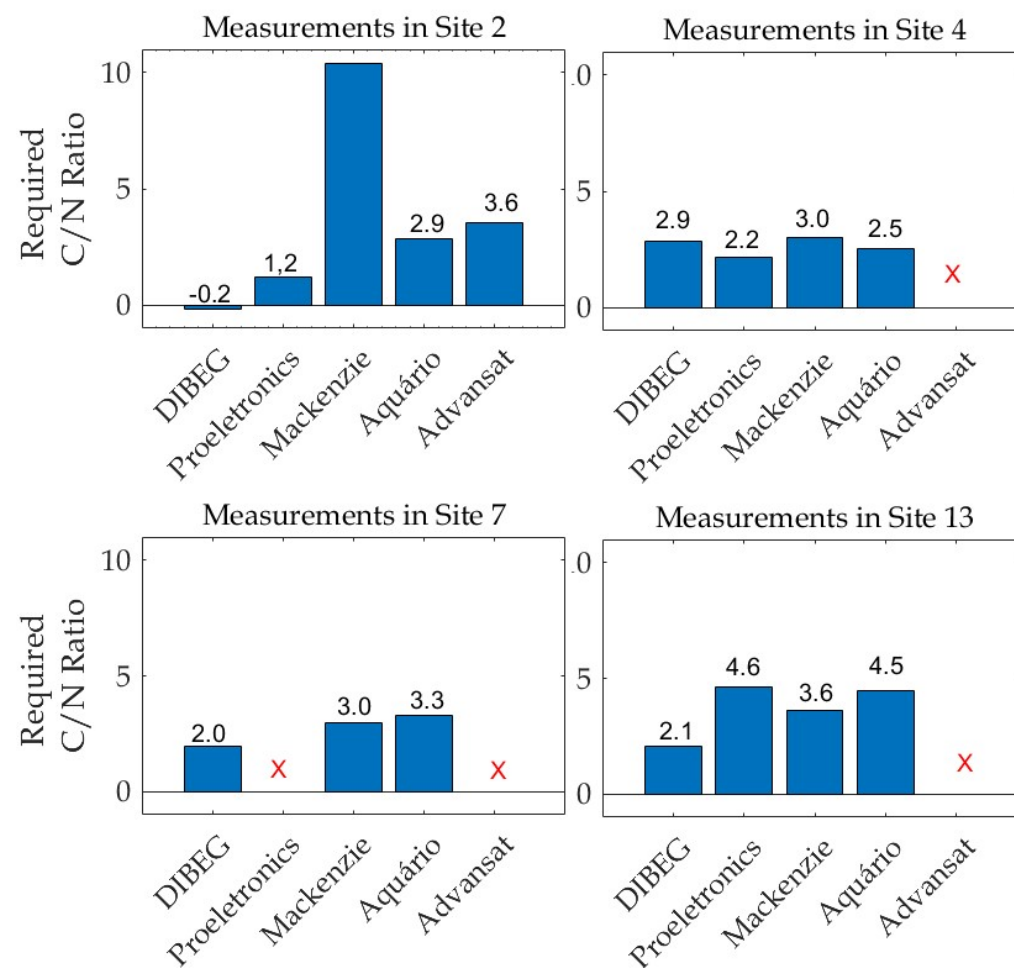
Resultados Indoor – Polarizações H e V separadas

Site	Antenna	H/V Polarization results																							
		Channel Power (dBm)		Required C/N Ratio (dB)		Reception Threshold (dBm)		MER		Retardo Médio (μs)				Número de Multipercursos				Retardo RMS (μs)				Banda de Coerência (kHz)			
		H	V	H	V	H	V	H	V	VV	VH	HV	HH	VV	VH	HV	HH	VV	VH	HV	HH	VV	VH	HV	HH
2	DIBEG	-72.2	-73.4	-1.1	0.6	-89.7	-90.2	4.4	5.8	3.4	4.7	2.9	5.4	20.0	41.0	11.0	19.0	3.2	3.5	3.2	2.9	62.3	57.3	62.0	70.0
2	Proeletronics	-79.6	-87.2	3.7	1.7	-81.8	-87.2	10.4	6.8	4.6	2.3	6.1	5.2	20.0	18.0	6.0	12.0	4.1	2.8	4.6	4.4	49.1	72.2	43.0	45.8
2	Mackenzie	-79.8	-75.6	6.8	12.3	-86.6	-80.2	25.7	22.3	8.6	5.5	7.4	3.6	9.0	8.0	8.0	12.0	2.4	4.2	3.6	2.6	82.8	48.0	55.8	77.1
2	Aquario	-82.0	-88.0	4.1	1.1	-85.4	-89.3	10.1	22.3	6.1	6.7	6.4	3.3	8.0	12.0	10.0	7.0	1.9	3.0	2.9	2.9	107.9	65.6	67.9	69.3
2	Advansat	-88.4	-83.2	0.3	5.4	-90.1	-87.5	5.7	6.1	4.7	3.6	5.9	5.2	7.0	8.0	8.0	13.0	3.4	2.6	3.5	3.6	59.0	75.8	56.6	54.8
4	DIBEG	-88.6	-85.8	1.8	3.7	-89.7	-87.8	6.5	9.0	5.4	6.5	7.9	6.1	9.0	10.0	8.0	15.0	4.2	3.7	2.0	3.6	47.2	54.6	100.2	55.0
4	Proeletronics	-88.8	-88.4	2.2	2.1	-88.9	-88.7	5.7	5.9	8.5	6.7	6.3	7.8	7.0	9.0	5.0	11.0	2.9	3.5	0.8	3.9	67.9	57.3	261.1	51.8
4	Mackenzie	-86.1	-84.6	2.5	3.5	-88.9	-88.6	5.2	5.3	5.7	7.5	8.6	5.6	8.0	5.0	8.0	11.0	3.0	3.6	3.0	3.8	67.7	54.8	67.2	53.3
4	Aquario	-89.3	-87.4	1.7	3.2	-89.9	-87.9	5.7	5.4	6.0	5.5	5.7	6.0	13.0	14.0	9.0	10.0	4.2	3.4	2.8	2.9	47.9	58.1	72.5	70.0
4	Advansat	-91.2	-91.1	-	-	-	-	10.2	11.2	6.2	7.1	6.1	4.2	10.0	7.0	10.0	7.0	3.3	3.4	3.1	2.0	60.7	59.2	64.3	100.8
7	DIBEG	-80.4	-80.9	1.8	2.1	-89.5	-89.8	5.7	5.9	9.3	6.3	8.2	6.3	6.0	11.0	4.0	9.0	1.6	2.5	2.6	4.0	121.7	78.9	76.0	49.8
7	Proeletronics	-87.0	-84.9	-	-	-	-	19.4	7.2	4.7	5.1	7.7	8.2	11.0	8.0	7.0	7.0	3.9	4.1	2.0	2.2	51.7	49.3	97.8	92.8
7	Mackenzie	-84.8	-84.2	2.2	3.6	-89.6	-88.8	11.2	7.6	6.0	7.0	5.1	6.7	5.0	6.0	7.0	7.0	3.4	2.9	2.5	4.4	58.3	69.4	79.9	45.5
7	Aquario	-87.2	-87.6	3.5	3.1	-88.8	-89.1	10.1	10.2	8.2	5.9	5.4	4.9	9.0	9.0	7.0	11.0	2.5	2.8	2.4	2.9	81.0	70.3	82.2	68.5
7	Advansat	-90.0	-90.5	-	-	-	-	5.3	7.2	2.6	5.1	6.1	7.2	5.0	9.0	6.0	6.0	1.0	3.1	4.6	4.3	197.6	64.6	43.0	46.4
13	DIBEG	-82.5	-79.0	-1.4	4.0	-88.8	-89.6	5.0	8.6	4.7	3.4	5.2	6.5	19.0	25.0	10.0	7.0	4.1	2.3	3.6	2.4	48.2	86.7	56.0	84.9
13	Proeletronics	-83.2	-84.5	4.9	4.3	-	-	7.0	7.5	4.9	4.0	4.2	8.2	10.0	9.0	5.0	6.0	4.3	2.0	2.7	3.6	46.8	101.1	74.7	55.9
13	Mackenzie	-76.5	-84.2	6.0	-2.0	-86.8	-86.8	8.8	7.0	5.3	6.6	6.3	7.1	7.0	9.0	10.0	12.0	3.3	3.5	4.2	3.3	61.3	56.9	47.8	60.1
13	Aquario	-84.5	-83.0	3.3	5.4	-	-	10.9	22.2	5.0	3.4	5.1	4.6	9.0	4.0	7.0	5.0	4.5	2.2	2.7	4.7	44.9	92.4	54.7	42.7
13	Advansat	-88.1	-90.2	-	-	-87.6	-87.9	20.5	11.9	5.0	7.7	7.0	5.7	6.0	11.0	8.0	9.0	2.4	3.3	3.5	4.5	82.3	61.3	56.8	44.1

Resultados Outdoor MIMO

Site	Antenna	MIMO results			
		Channel Power (dBm)	Required C/N Ratio (dB)	Reception Threshold (dBm)	Condition Number (dB)
2	DIBEG	-72.8	-0.2	-89.9	38.4
2	Proeletronics	-81.9	1.2	-83.7	32.4
2	Mackenzie	-77.2	10.4	-82.3	36.5
2	Aquario	-84.0	2.9	-86.9	29.9
2	Advansat	-85.1	3.6	-88.6	8.0
4	DIBEG	-87.0	2.9	-88.6	8.2
4	Proeletronics	-88.6	2.2	-88.8	5.0
4	Mackenzie	-85.3	3.0	-88.7	5.7
4	Aquario	-88.2	2.5	-88.8	8.3
4	Advansat	-91.1		-91.1	5.6
7	DIBEG	-80.6	2.0	-89.6	7.3
7	Proeletronics	-85.8	-	-85.8	5.5
7	Mackenzie	-84.5	3.0	-89.2	8.1
7	Aquario	-87.4	3.3	-88.9	4.9
7	Advansat	-90.2	-	-90.2	7.9
13	DIBEG	-80.4	2.1	-89.2	6.5
13	Proeletronics	-83.8	4.6	-83.8	8.0
13	Mackenzie	-78.8	3.6	-86.8	5.3
13	Aquario	-83.7	4.5	-83.7	6.0
13	Advansat	-89.0		-87.7	6.0

Análise de C/N por Antena





UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO



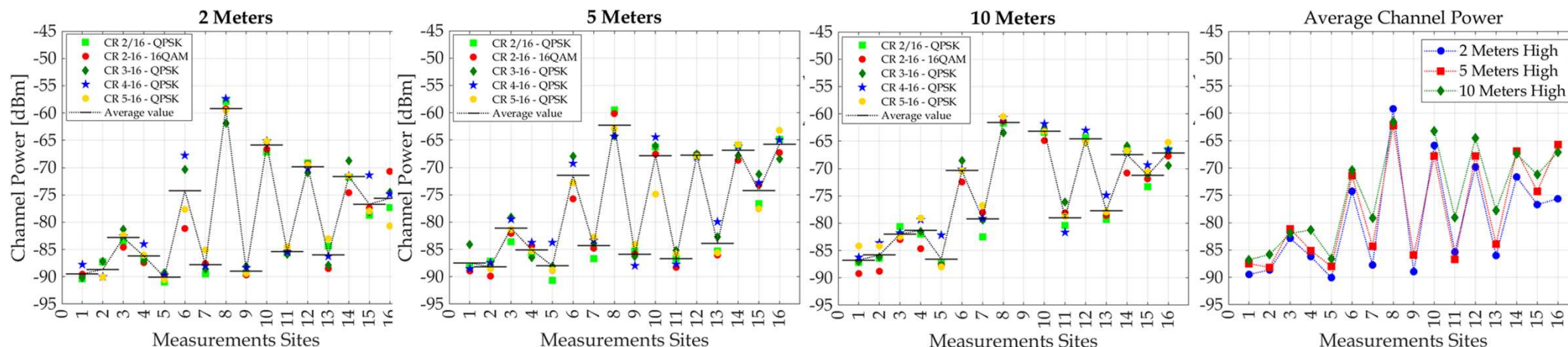
CREA-MA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Maranhão

Resultados

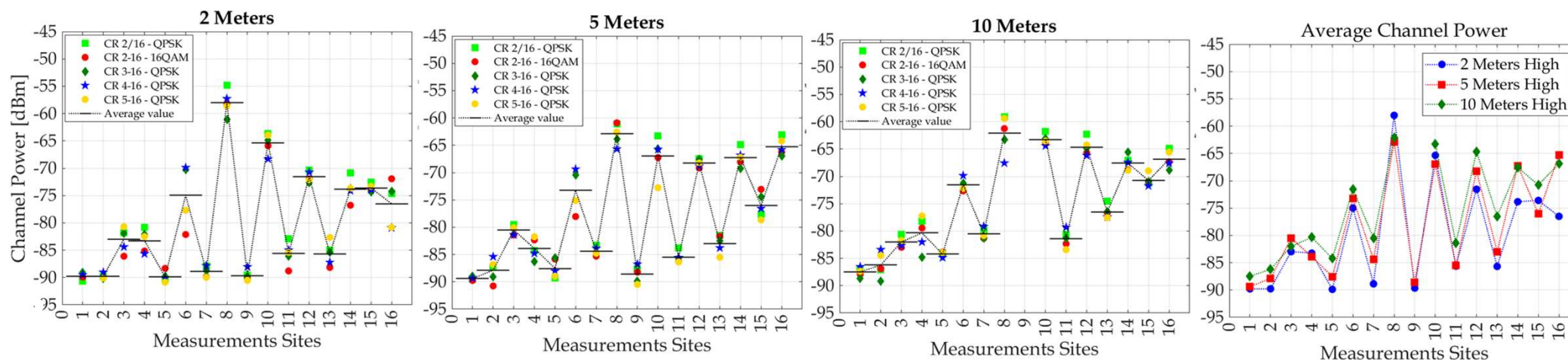
Resultados Obtidos no Brasil

Análise da Potência do Sinal Recebido

Horizontal



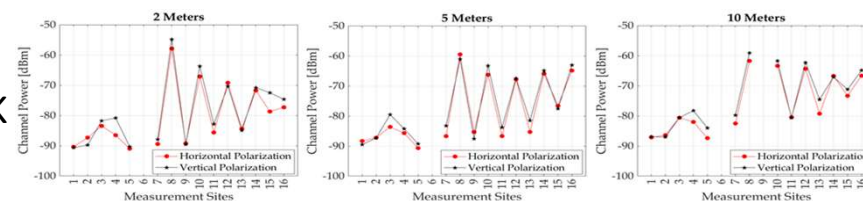
Vertical



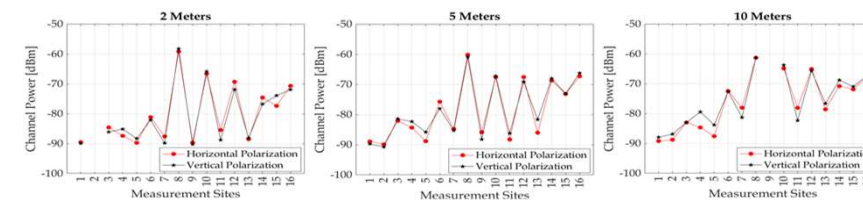
Análise da Potência do Sinal Recebido

Configuration	Height	H > V	H ≈ V	H < V
FEC 2-16 QPSK	2	1	8	6
	5	2	7	6
	10	0	5	9
FEC 2-16 16QAM	2	6	6	3
	5	3	9	4
	10	2	7	6
FEC 3-16 QPSK	2	4	9	3
	5	5	9	2
	10	6	8	1
FEC 4-16 QPSK	2	8	7	1
	5	6	8	2
	10	8	6	1
FEC 5-16 QPSK	2	3	9	3
	5	6	5	4
	10	5	7	3
Total		65	110	54

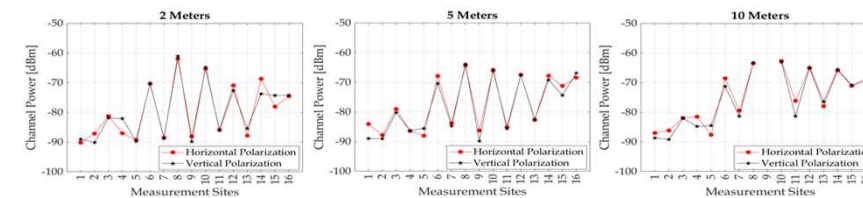
2/16 – QPSK



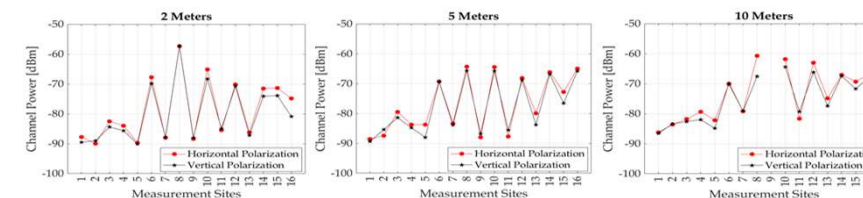
2/16 – 16QAM



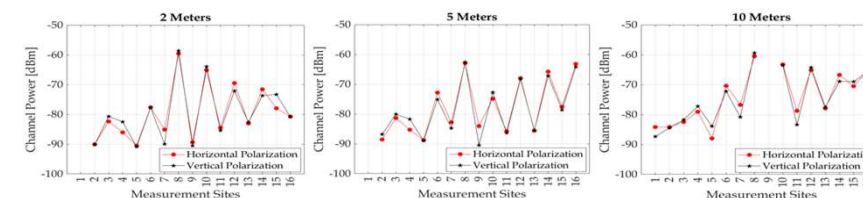
3/16 – QPSK



4/16 – QPSK

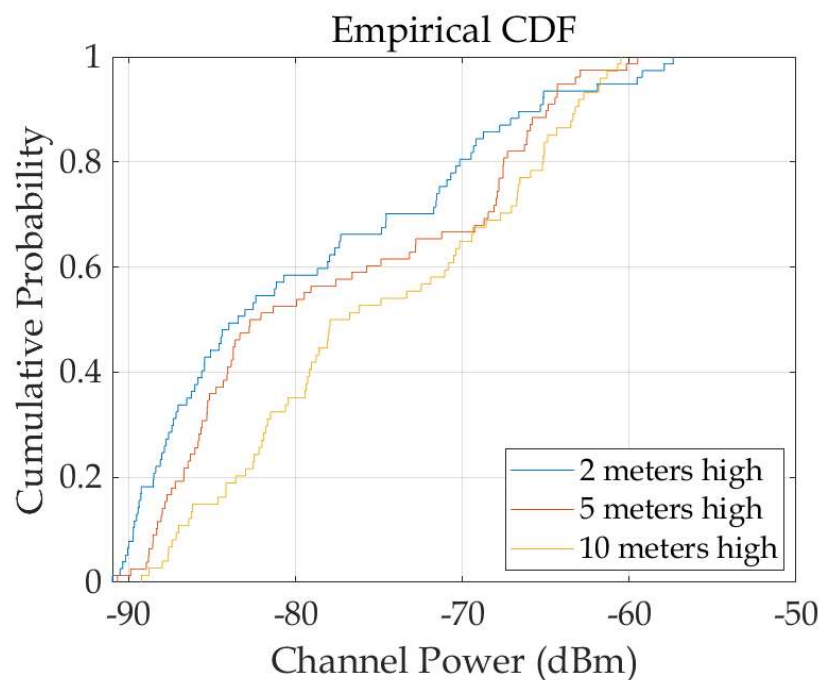


5/16 – QPSK

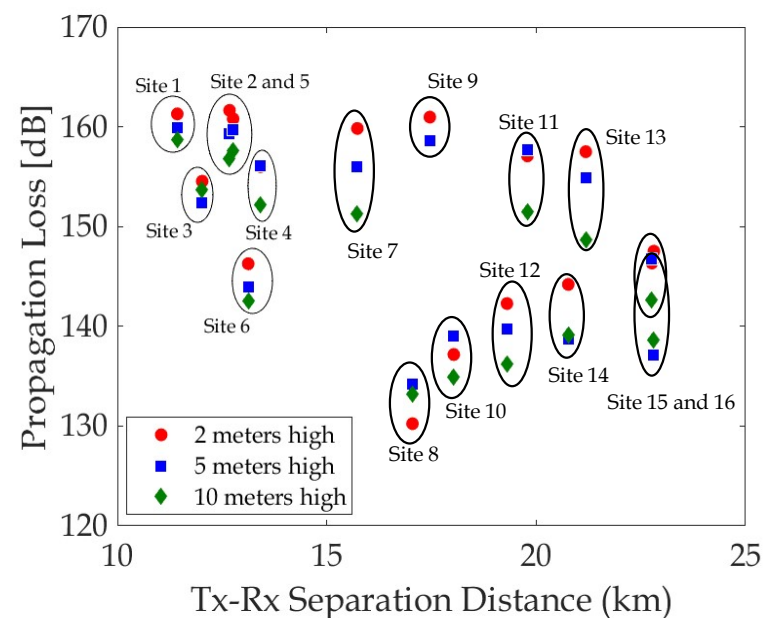


Análise da Potência do Sinal Recebido

Distribuição de Probabilidade Cumulativa
da Potência Recebida no Canal MIMO



Análise da Perda de Propagação

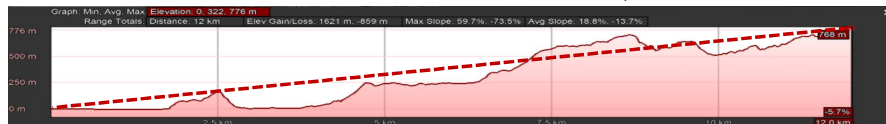


Análise da Potência do Sinal Recebido

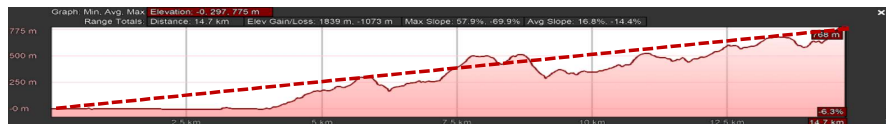
Measurement Site 1 - Distance Tx-Rx = 11,430 meters



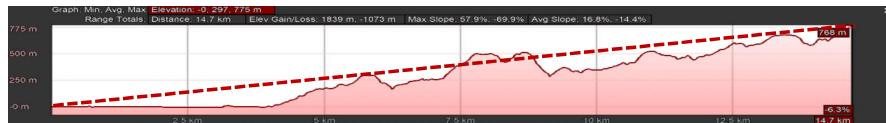
Measurement Site 3 - Distance Tx-Rx = 12,024 meters



Measurement Site 5 - Distance Tx-Rx = 12,677 meters



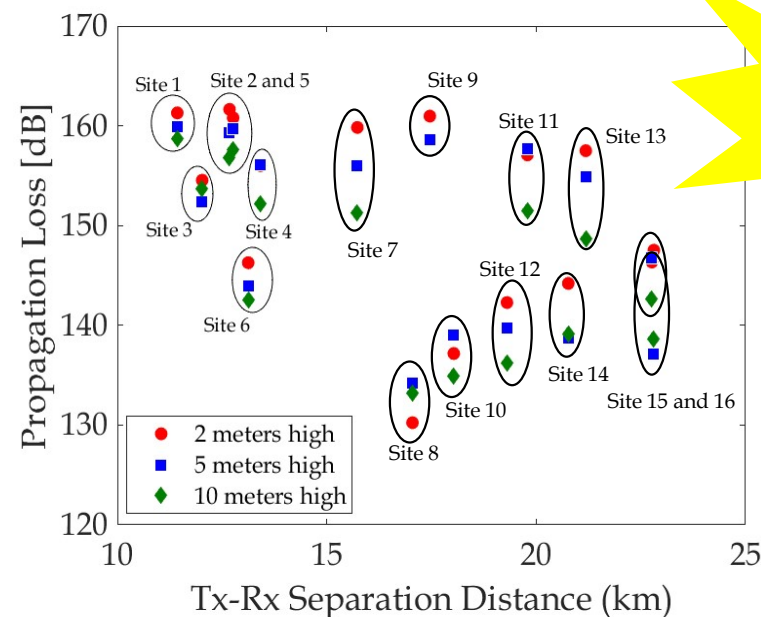
Measurement Site 7 - Distance Tx-Rx = 14,700 meters



Measurement Site 11 - Distance Tx-Rx = 15,800 meters

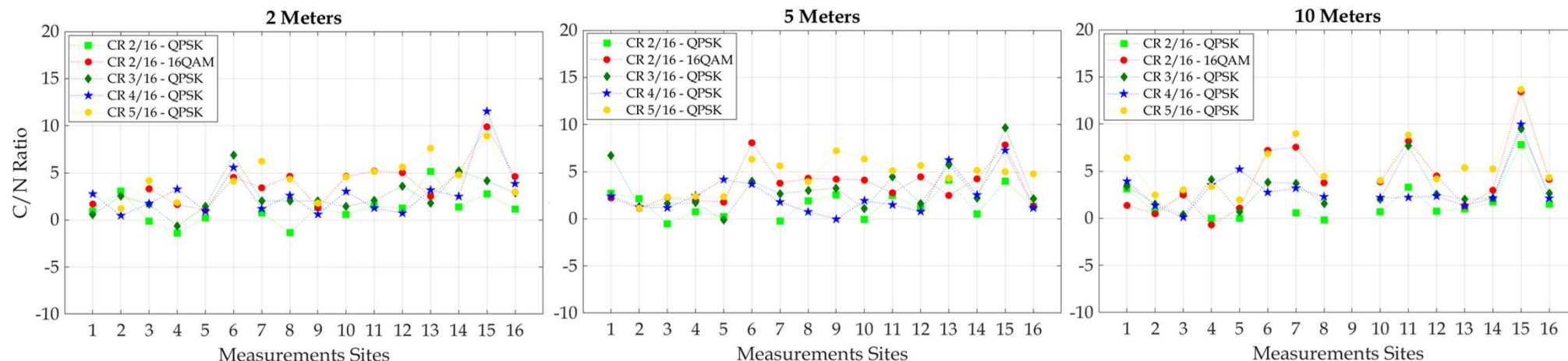


Análise da Perda de Propagação

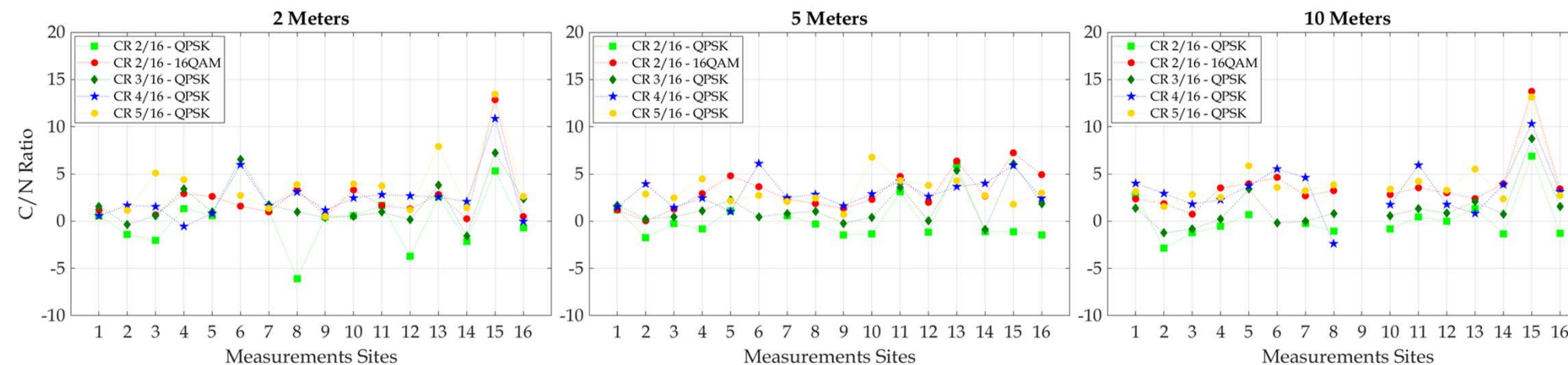


Análise do Limiar de Relação C/N

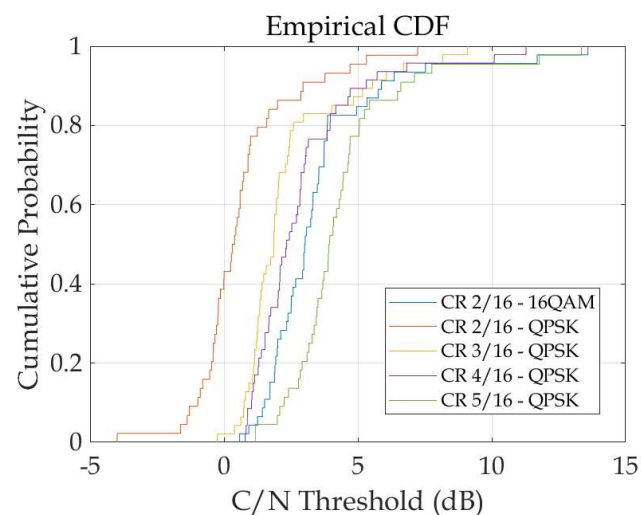
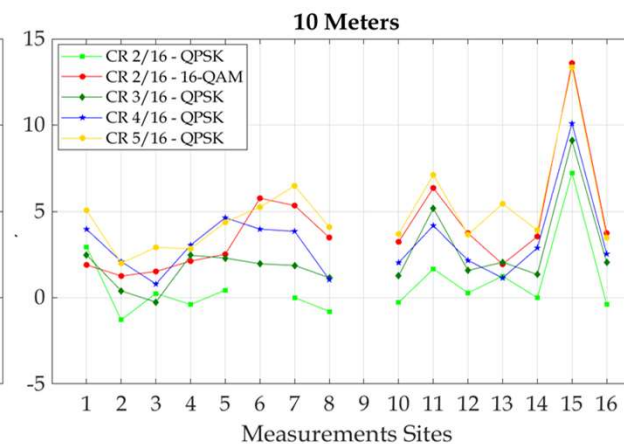
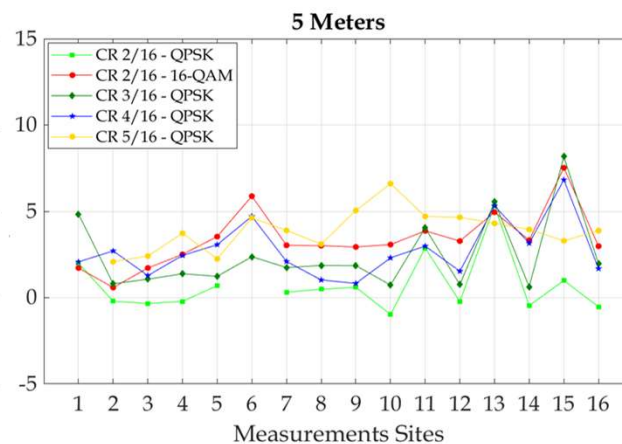
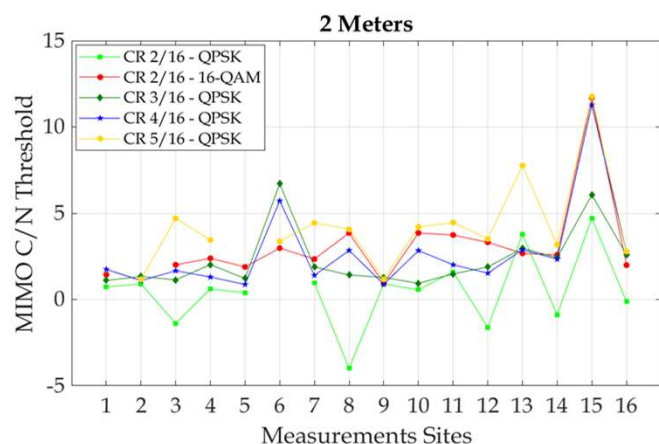
Horizontal



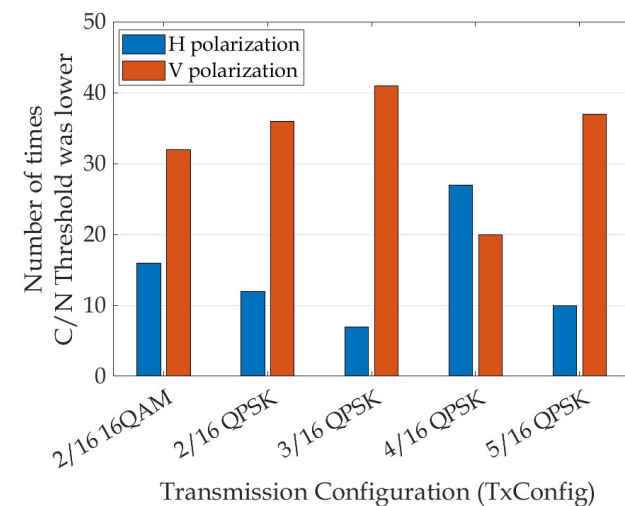
Vertical



Análise do Limiar de Relação C/N

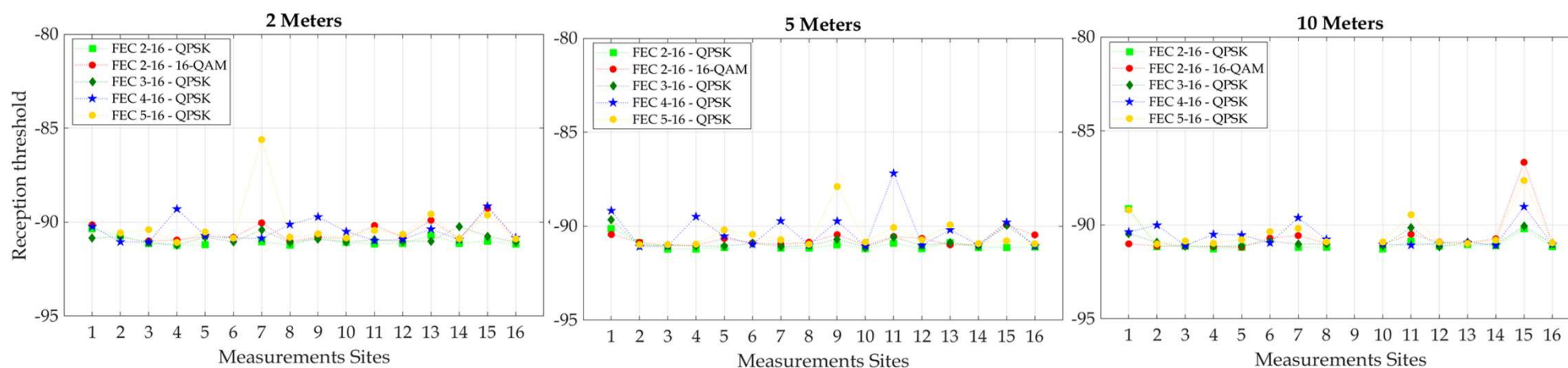


Transmission Configuration (MODCOD)		Data Rate (Mbps)		Number of measured packets during the 120 seconds	
Code Rate LDPC	Modulation	Min	Max	Min	Max
2/16	QPSK	2,418	2,434	36.170	36.172
2/16	16QAM	4,843	4,851	72.393	72.394
3/16	QPSK	3,663	3,670	54.728	54.730
4/16	QPSK	4,900	4,916	73.286	73.287
5/16	QPSK	6,144	6,161	91.842	91.846

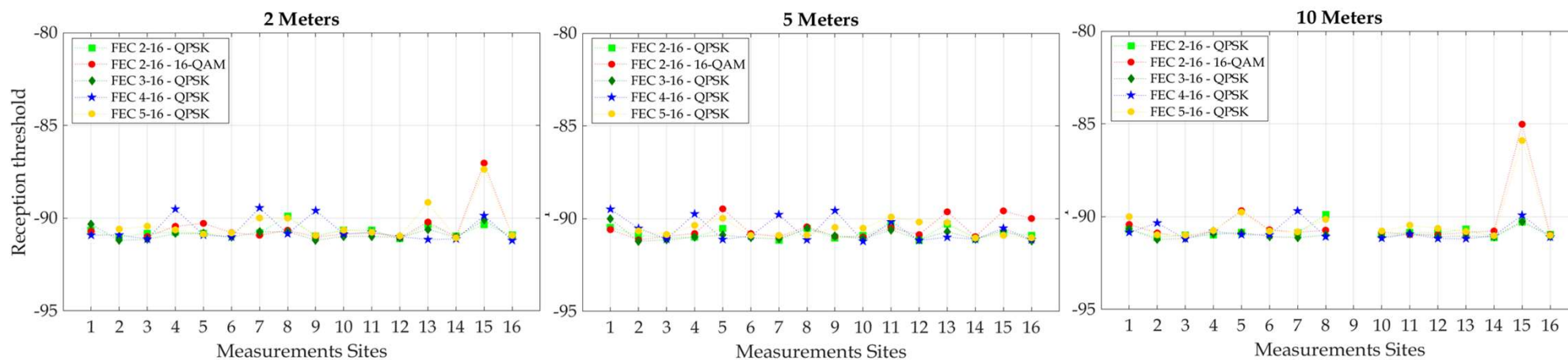


Análise do Limiar de Recepção (Margem do Sistema)

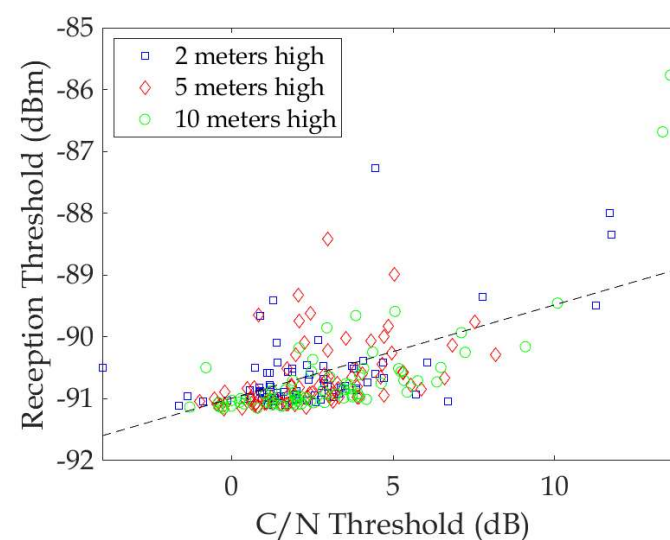
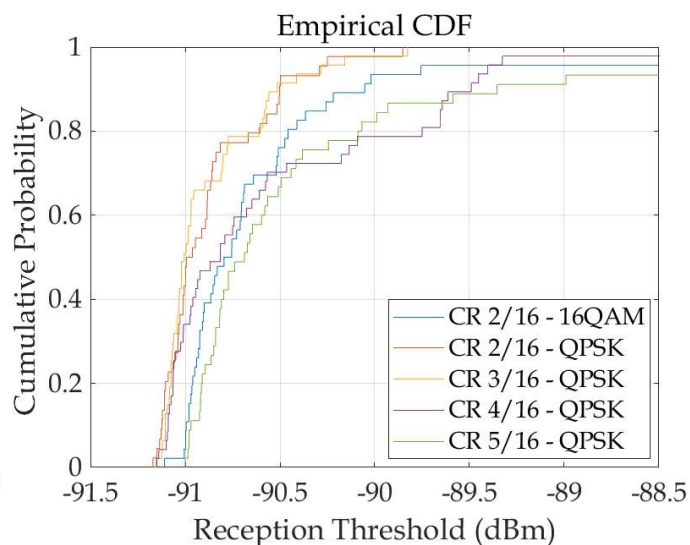
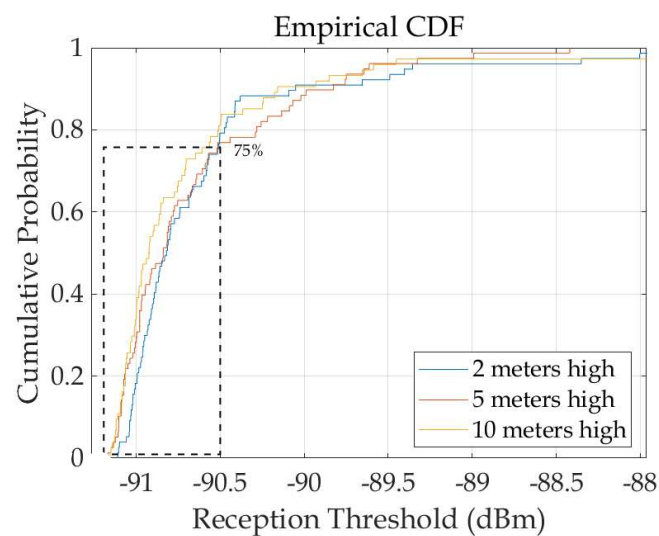
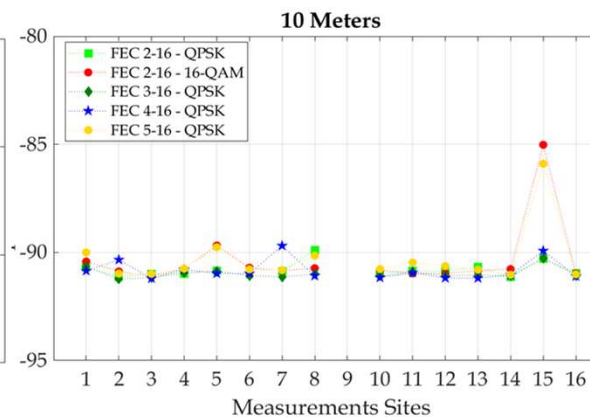
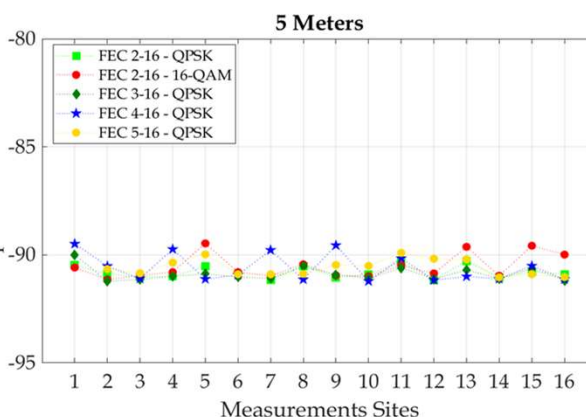
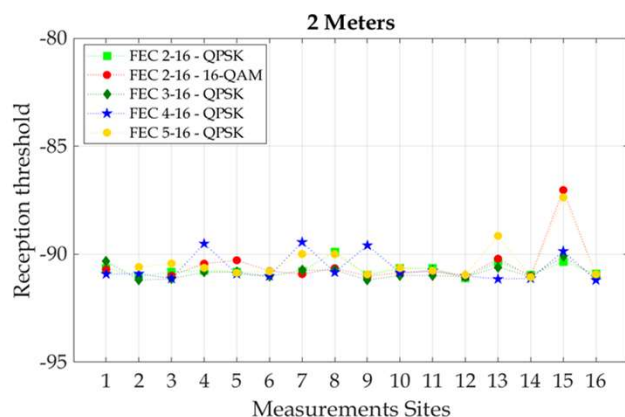
Horizontal



Vertical



Análise do Limiar de Recepção (Margem do Sistema)



Resultados

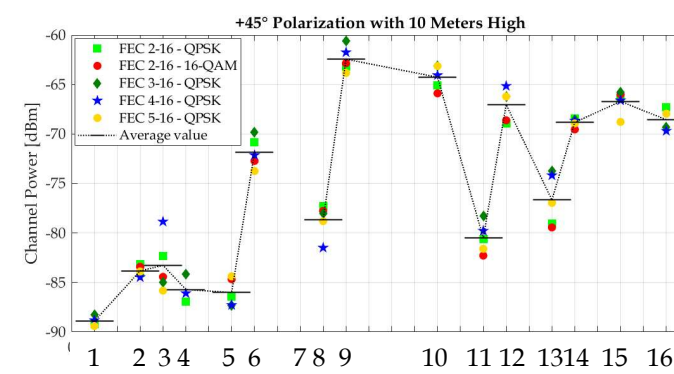
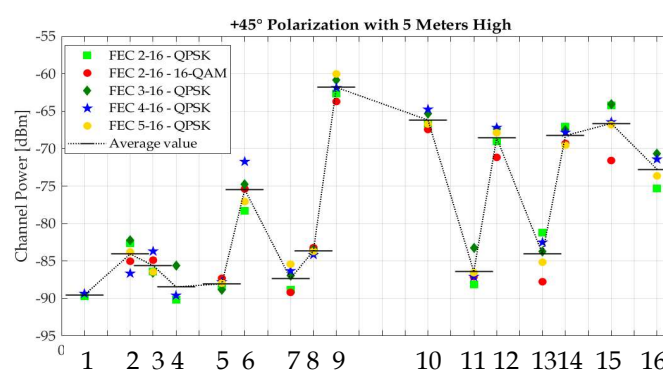
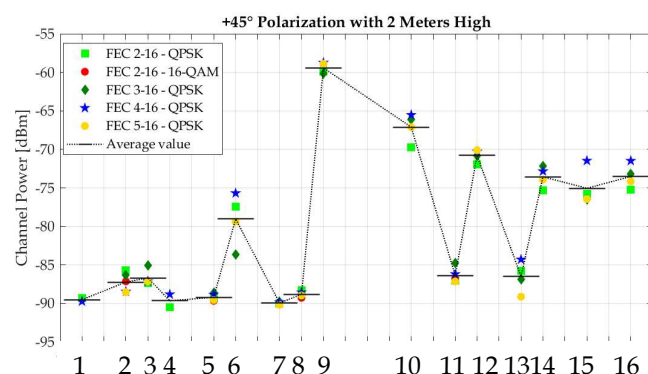
Testes Adicionais

Polarização Slant

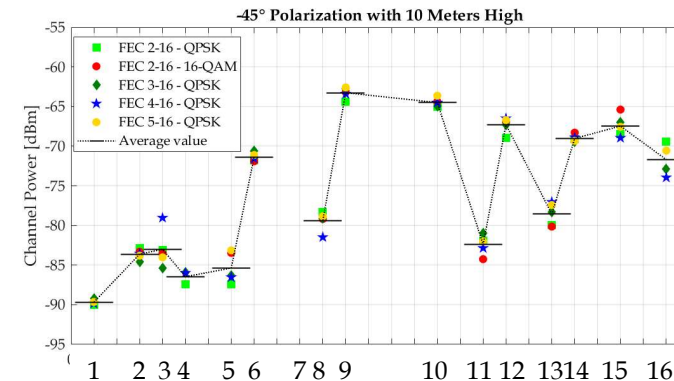
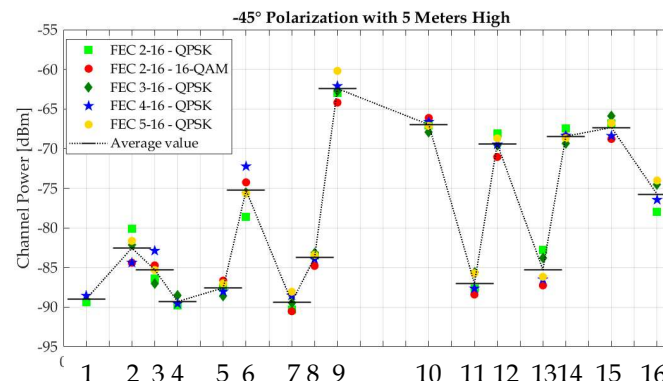
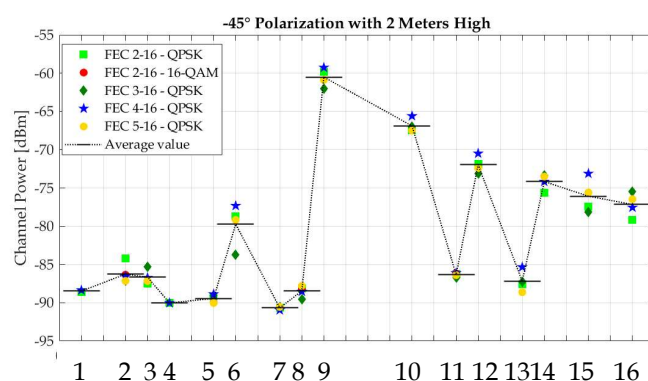
Resultados com Polarização Slant

Análise da Potência do Sinal Recebido

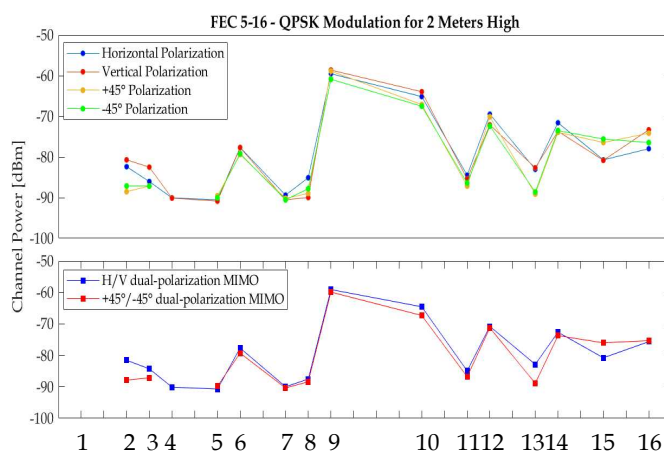
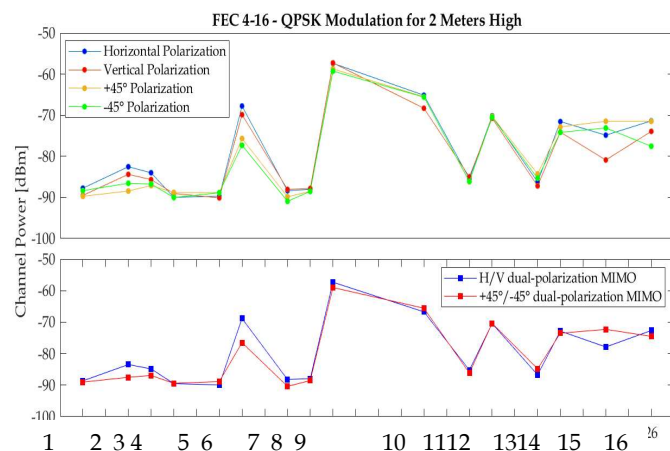
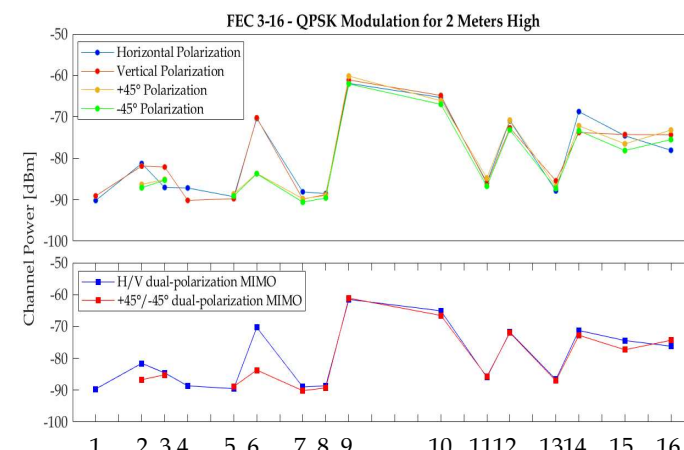
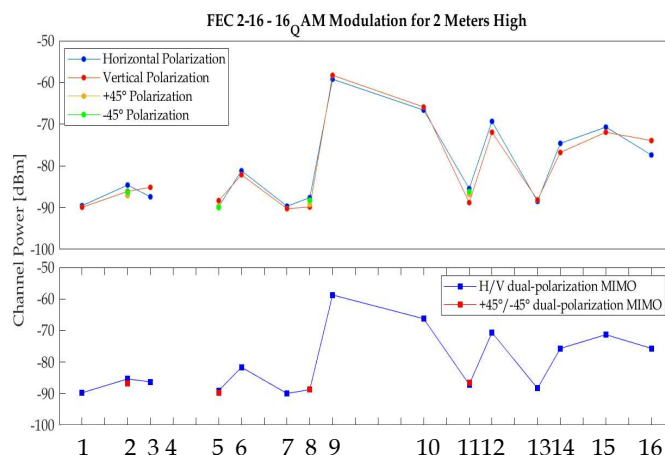
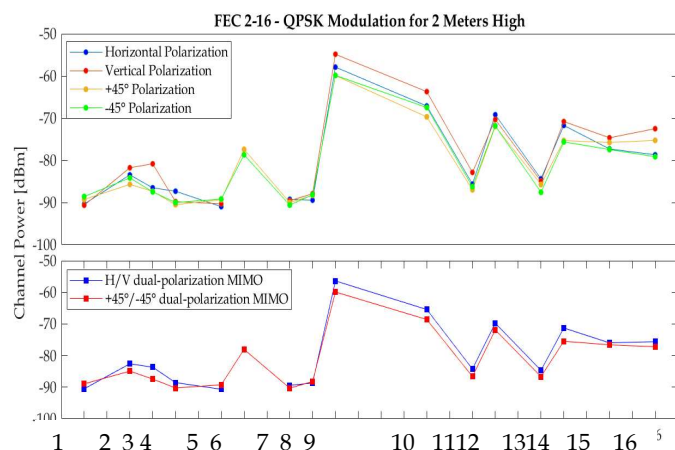
+45°



-45°



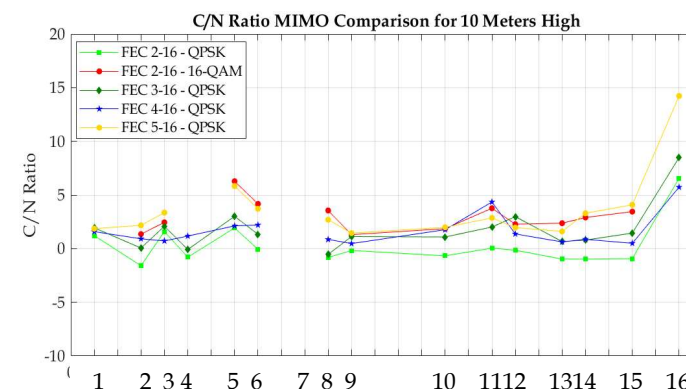
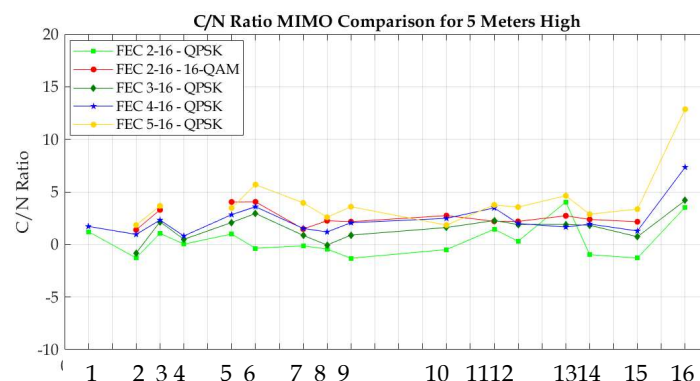
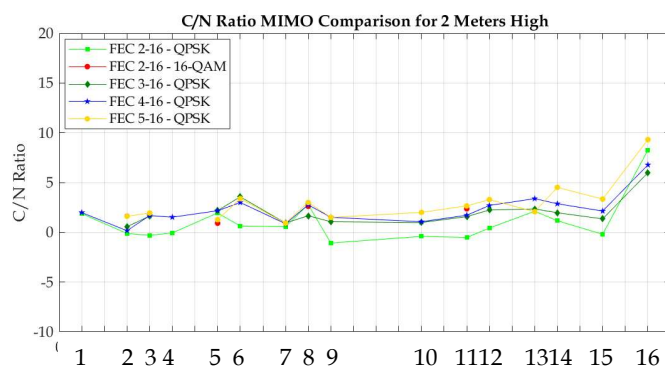
Comparação com a Polarização H/V



A potência do canal na polarização +45°/-45°, foi menor ligeiramente do que na polarização H/V.

Análise do Limiar de C/N na polarização Slant

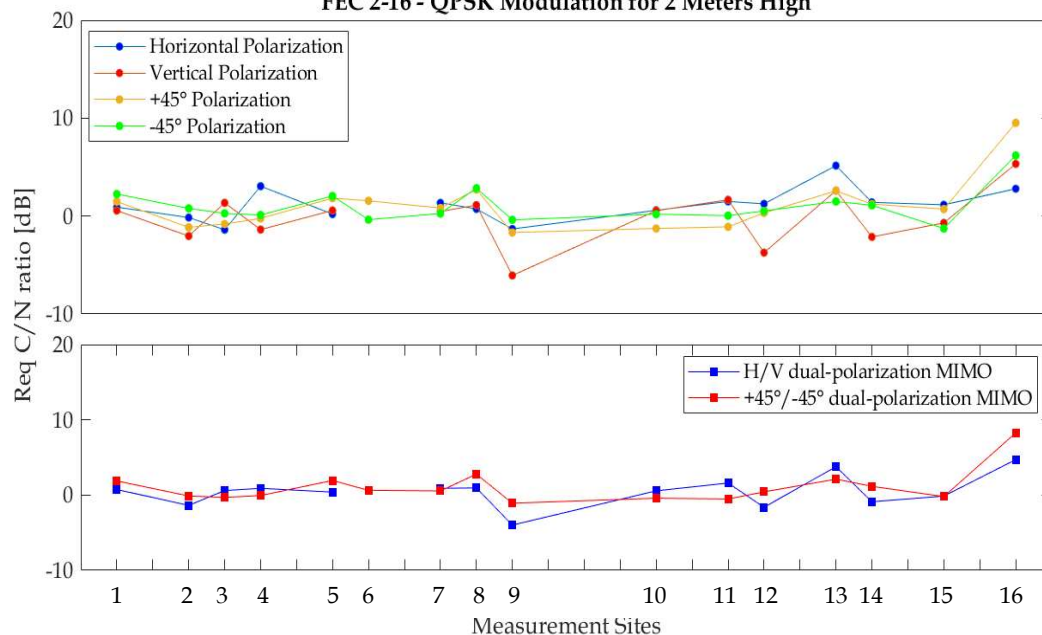
Assim como na Polarização H/V, o MODCOD 2/16 – QPSK obteve os melhores resultados.



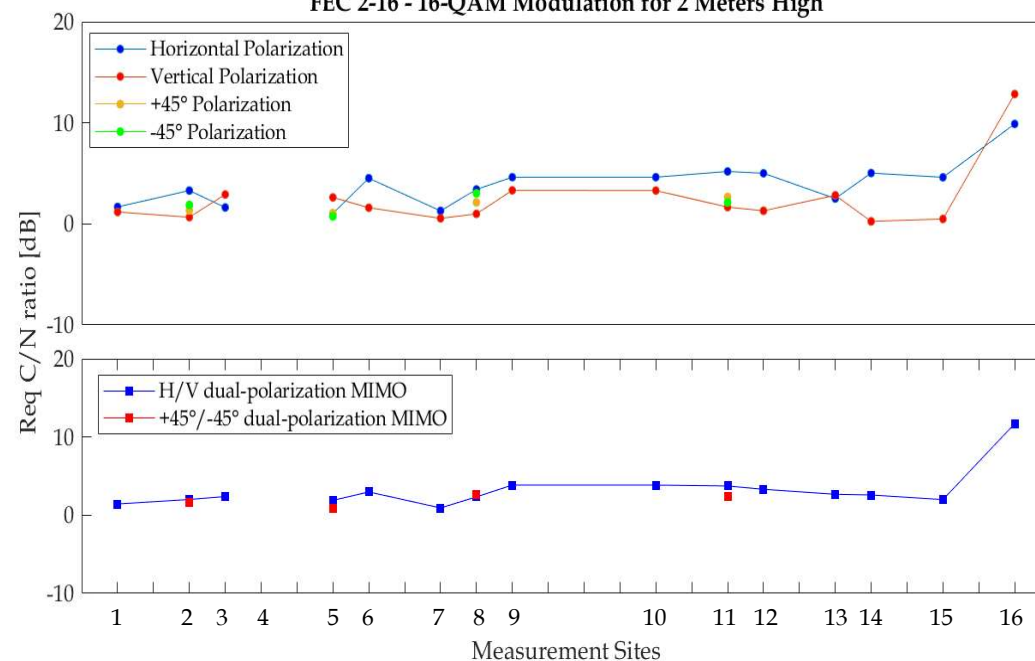
Análise do Limiar de C/N na polarização Slant

O valor do limiar de C/N foi ligeiramente menor na polarização slant.

FEC 2-16 - QPSK Modulation for 2 Meters High



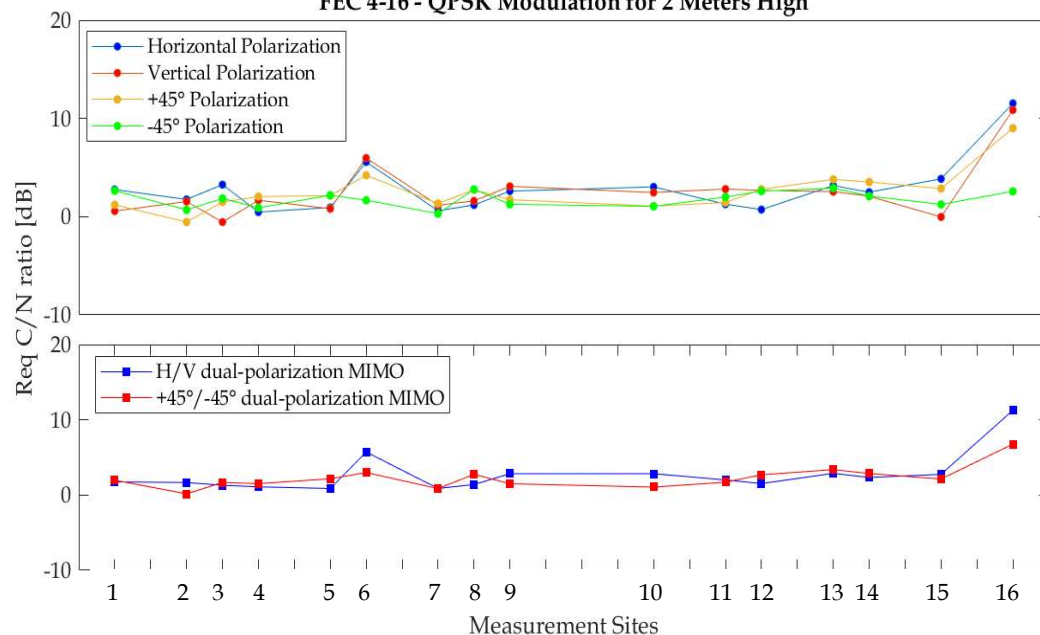
FEC 2-16 - 16-QAM Modulation for 2 Meters High



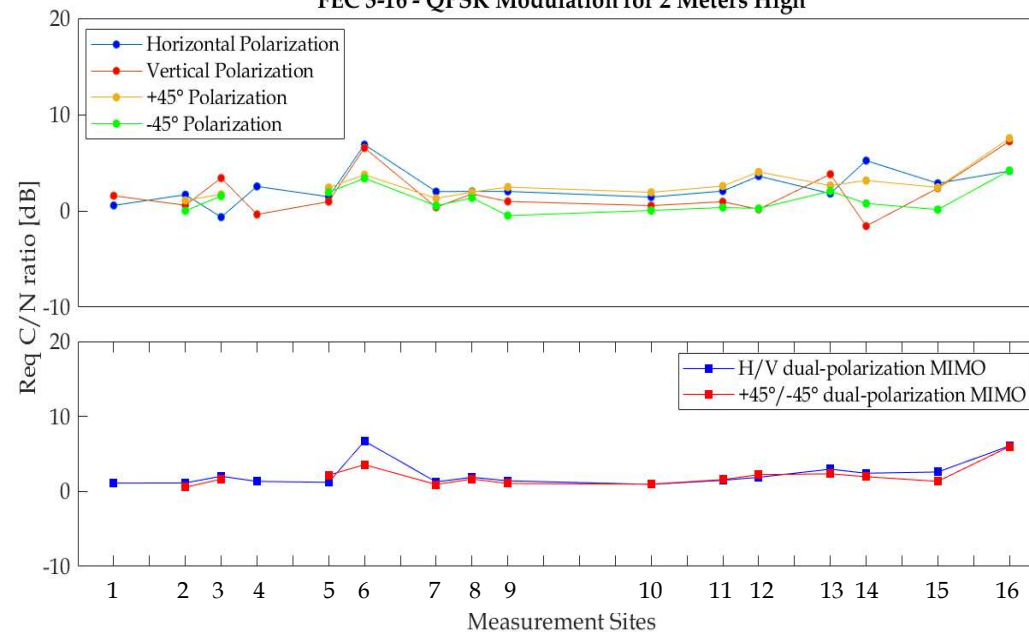
Análise do Limiar de C/N na polarização Slant

O valor do limiar de C/N foi ligeiramente menor na polarização slant.

FEC 4-16 - QPSK Modulation for 2 Meters High

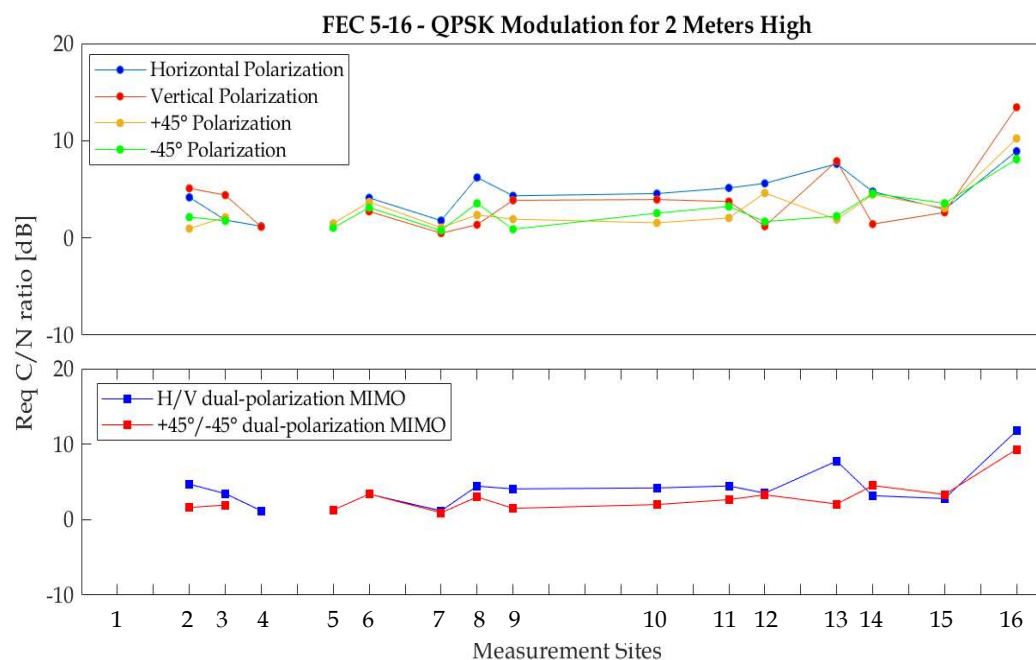


FEC 3-16 - QPSK Modulation for 2 Meters High



Análise do Limiar de C/N na polarização Slant

O valor do limiar de C/N foi ligeiramente menor na polarização slant.



Comparison Required C/N Ratio
H/V Polarization x +45°/-45° Polarization

124

Height	Sites	2-16 16QAM			2-16 QPSK			3-16 QPSK			4-16 QPSK			5-16 QPSK			Qtd H/V Pol	Qtd +45°/-45° Pol	Sites	Best
		H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best				
2m	1	1.434	1.616	H/V Pol	0.737	1.879	H/V Pol	1.101		-	1.747	1.980	H/V Pol		+45°/-45° Pol		3	1	1	H/V Pol
	3	2.010		-	-1.372	-0.121	H/V Pol	1.134	0.561	+45°/-45° Pol	1.666	0.160	+45°/-45° Pol	4.700	1.604	+45°/-45° Pol	1	3	3	+45°/-45° Pol
	4	2.389		-	0.603	-0.310	+45°/-45° Pol	2.023	1.631	+45°/-45° Pol	1.302	1.679	H/V Pol	3.444	1.937	+45°/-45° Pol	1	3	4	+45°/-45° Pol
	5		0.913	-	0.896	-0.059	+45°/-45° Pol	1.337		-	1.095	1.517	H/V Pol	1.170		-	1	1	5	Equals
	7	1.888		-	0.395	1.941	H/V Pol	1.217	2.182	H/V Pol	0.872	2.165	H/V Pol		1.267	-	3	0	7	H/V Pol
	8	2.978		-		0.631	-	6.703	3.563	+45°/-45° Pol	5.718	2.994	+45°/-45° Pol	3.368	3.384	H/V Pol	1	2	8	+45°/-45° Pol
	10	0.929	2.609	H/V Pol	0.899	0.551	+45°/-45° Pol	1.277	0.930	+45°/-45° Pol	0.882	0.860	+45°/-45° Pol	1.172	0.919	+45°/-45° Pol	1	4	10	+45°/-45° Pol
	11	2.342		-	0.955	2.781	H/V Pol	1.887	1.660	+45°/-45° Pol	1.400	2.760	H/V Pol	4.440	2.999	+45°/-45° Pol	2	2	11	Equals
	12	3.853		-	-3.988	-1.080	H/V Pol	1.421	1.061	+45°/-45° Pol	2.841	1.503	+45°/-45° Pol	4.070	1.498	+45°/-45° Pol	1	3	12	+45°/-45° Pol
	16	3.855	2.361	+45°/-45° Pol	0.563	-0.415	+45°/-45° Pol	0.937	0.976	H/V Pol	2.836	1.060	+45°/-45° Pol	4.203	1.998	+45°/-45° Pol	1	4	16	+45°/-45° Pol
	18	3.737		-	1.600	-0.520	+45°/-45° Pol	1.486	1.575	H/V Pol	2.013	1.714	+45°/-45° Pol	4.458	2.651	+45°/-45° Pol	1	3	18	+45°/-45° Pol
	19	3.313		-	-1.621	0.425	H/V Pol	1.886	2.238	H/V Pol	1.528	2.696	H/V Pol	3.511	3.287	+45°/-45° Pol	3	1	19	H/V Pol
	21	2.673		-	3.771	2.115	+45°/-45° Pol	2.968	2.345	+45°/-45° Pol	2.883	3.380	H/V Pol	7.764	2.067	+45°/-45° Pol	1	3	21	+45°/-45° Pol
	22	2.584		-	-0.885	1.162	H/V Pol	2.425	1.961	+45°/-45° Pol	2.339	2.865	H/V Pol	3.172	4.517	H/V Pol	3	1	22	H/V Pol
	24	1.991		-	-0.134	-0.202	+45°/-45° Pol	2.594	1.346	+45°/-45° Pol	2.752	2.133	+45°/-45° Pol	2.784	3.332	H/V Pol	1	3	24	+45°/-45° Pol
	26	11.697		-	4.708	8.264	H/V Pol	6.064	5.986	+45°/-45° Pol	11.279	6.775	+45°/-45° Pol	11.774	9.311	+45°/-45° Pol	1	3	26	+45°/-45° Pol
5m	1	1.718	1.381	+45°/-45° Pol	1.998	1.218	+45°/-45° Pol	4.841		-	2.073	1.717	+45°/-45° Pol			-	0	3	1	+45°/-45° Pol
	3	1.717	3.295	H/V Pol	-0.335	-1.279	+45°/-45° Pol	1.071	-0.821	+45°/-45° Pol	1.278	0.955	+45°/-45° Pol	2.409	1.842	+45°/-45° Pol	1	4	3	+45°/-45° Pol
	4	2.506		-	-0.216	1.057	H/V Pol	1.384	2.162	H/V Pol	2.444	2.318	+45°/-45° Pol	3.731	3.672	+45°/-45° Pol	2	2	4	Equals
	5	0.586	4.043	H/V Pol	-0.207	0.033	H/V Pol	0.807	0.488	+45°/-45° Pol	2.708	0.810	+45°/-45° Pol	2.083		-	2	2	5	Equals
	7	3.536	4.057	H/V Pol	0.694	0.995	H/V Pol	1.235	2.091	H/V Pol	3.067	2.835	+45°/-45° Pol	2.246	3.466	H/V Pol	4	1	7	H/V Pol
	8	5.879	1.471	+45°/-45° Pol		-0.364	-	2.370	2.945	H/V Pol	4.710	3.588	+45°/-45° Pol	4.624	5.693	H/V Pol	2	2	8	Equals
	10	2.935	2.256	+45°/-45° Pol	0.603	-0.128	+45°/-45° Pol	1.856	0.861	+45°/-45° Pol	0.825	1.523	H/V Pol	5.048	3.955	+45°/-45° Pol	1	4	10	+45°/-45° Pol
	11	3.033	2.170	+45°/-45° Pol	0.317	-0.439	+45°/-45° Pol	1.741	-0.052	+45°/-45° Pol	2.095	1.190	+45°/-45° Pol	3.894	2.591	+45°/-45° Pol	0	5	11	+45°/-45° Pol
	12	3.012	2.744	+45°/-45° Pol	0.487	-1.313	+45°/-45° Pol	1.866	0.891	+45°/-45° Pol	1.025	2.066	H/V Pol	3.104	3.589	H/V Pol	2	3	12	+45°/-45° Pol
	16	3.075	2.205	+45°/-45° Pol	-0.976	-0.488	H/V Pol	0.730	1.612	H/V Pol	2.307	2.482	H/V Pol	6.605	1.838	+45°/-45° Pol	3	2	16	H/V Pol
	18	3.870	2.195	+45°/-45° Pol	2.872	1.449	+45°/-45° Pol	4.038	2.275	+45°/-45° Pol	2.986	3.479	H/V Pol	4.708	3.762	+45°/-45° Pol	1	4	18	+45°/-45° Pol
	19	3.278	2.728	+45°/-45° Pol	-0.232	0.306	H/V Pol	0.753	1.900	H/V Pol	1.530	1.990	H/V Pol	4.656	3.555	+45°/-45° Pol	3	2	19	H/V Pol
	21	4.950	2.381	+45°/-45° Pol	5.319	4.038	+45°/-45° Pol	5.552	1.902	+45°/-45° Pol	5.316	1.654	+45°/-45° Pol	4.305	4.633	H/V Pol	1	4	21	+45°/-45° Pol
	22	3.326	2.161	+45°/-45° Pol	-0.459	-0.966	+45°/-45° Pol	0.631	1.826	H/V Pol	3.150	1.942	+45°/-45° Pol	3.951	2.879	+45°/-45° Pol	1	4	22	+45°/-45° Pol
	24	2.979		-	-0.530	-1.291	+45°/-45° Pol	1.957	0.735	+45°/-45° Pol	1.684	1.287	+45°/-45° Pol	3.885	3.362	+45°/-45° Pol	0	4	24	+45°/-45° Pol
	26	7.521		-	0.995	3.543	H/V Pol	8.168	4.186	+45°/-45° Pol	6.822	7.346	H/V Pol	3.294	12.859	H/V Pol	3	1	26	H/V Pol
10m	1	1.900	1.353	+45°/-45° Pol	2.951	1.213	+45°/-45° Pol	2.473	1.937	+45°/-45° Pol	3.964	1.585	+45°/-45° Pol	5.060	1.862	+45°/-45° Pol	0	5	1	+45°/-45° Pol
	3	1.518	2.451	H/V Pol	0.247	-1.593	+45°/-45° Pol	-0.255	0.058	H/V Pol	0.793	0.919	H/V Pol	2.916	2.175	+45°/-45° Pol	3	2	3	H/V Pol
	4	2.120		-	-0.397	1.590	H/V Pol	2.453	2.088	+45°/-45° Pol	3.045	0.716	+45°/-45° Pol	2.841	3.358	H/V Pol	2	2	4	Equals
	5	1.255	6.282	H/V Pol	-1.293	-0.797	H/V Pol	0.389	-0.080	+45°/-45° Pol	2.092	1.174	+45°/-45° Pol	1.992		-	2	2	5	Equals
	7	-4.554	4.171	H/V Pol	0.441	1.933	H/V Pol	2.295	3.013	H/V Pol	4.632	2.121	+45°/-45° Pol	4.369	5.835	H/V Pol	4	1	7	H/V Pol
	8	5.761		-		-0.067	-	1.962	1.335	+45°/-45° Pol	3.968	2.203	+45°/-45° Pol	5.247	3.713	+45°/-45° Pol	0	3	8	+45°/-45° Pol
	10		3.555	-			-			-			+45°/-45° Pol			-	0	1	10	+45°/-45° Pol
	11	5.338	1.306	+45°/-45° Pol	0.003	-0.821	+45°/-45° Pol	1.869	-0.535	+45°/-45° Pol	3.846	0.859	+45°/-45° Pol	6.481	2.699	+45°/-45° Pol	0	5	11	+45°/-45° Pol
	12	3.484	1.859	+45°/-45° Pol	-0.793	-0.169	H/V Pol	1.152	1.124	+45°/-45° Pol	1.046	0.473	+45°/-45° Pol	4.092	1.449	+45°/-45° Pol	1	4	12	+45°/-45° Pol
	16	3.237	3.765	H/V Pol	-0.283	-0.670	+45°/-45° Pol	1.259	1.087	+45°/-45° Pol	2.028	1.765	+45°/-45° Pol	3.690	1.987	+45°/-45° Pol	1	4	16	+45°/-45° Pol
	18	6.355	2.278	+45°/-45° Pol	1.670	0.046	+45°/-45° Pol	5.175	2.015	+45°/-45° Pol	4.175	4.346	H/V Pol	7.112	2.864	+45°/-45° Pol	1	4	18	+45°/-45° Pol
	19	3.733	2.371	+45°/-45° Pol	0.276	-0.149	+45°/-45° Pol	1.576	2.983	H/V Pol	2.159	1.371	+45°/-45° Pol	3.654	1.957	+45°/-45° Pol	1	4	19	+45°/-45° Pol
	21	1.936	2.905	H/V Pol	1.248	-0.973	+45°/-45° Pol	2.058	0.662	+45°/-45° Pol	1.141	0.626	+45°/-45° Pol	5.438	1.606	+45°/-45° Pol	1	4	21	+45°/-45° Pol
	22	3.545	3.449	+45°/-45° Pol	-0.009	-0.977	+45°/-45° Pol	1.342	0.800	+45°/-45° Pol	2.881	0.870	+45°/-45° Pol	3.910	3.297	+45°/-45° Pol	0	5	22	+45°/-45° Pol
	24	3.741		-	-0.400	-0.929	+45°/-45° Pol	2.039	1.447	+45°/-45° Pol	2.534	0.496	+45°/-45° Pol	3.475	4.090	H/V Pol	1	3	24	+45°/-45° Pol
	26	13.589		-	7.234	6.561	+45°/-45° Pol	9.096	8.486	+45°/-45° Pol	10.091	5.728	+45°/-45° Pol	13.347	14.224	H/V Pol	1	3	26	+45°/-45° Pol
																	69	136		
Qtd H/V Pol				10	Qtd H/V Pol				18	Qtd H/V Pol				16	Qtd H/V Pol				11	
Qtd +45°/-45° Pol				17	Qtd +45°/-45° Pol				26	Qtd +45°/-45° Pol				31	Qtd +45°/-45° Pol				30	

Comparison Required C/N Ratio

Height	Sites	2-16 16QAM			2-16 QPSK			3-16 QPSK			4-16 QPSK			5-16 QPSK			Qtd H/V Pol	Qtd +45°/-45° Pol	Sites	Best
		H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best				
2m	1	1.434	1.616	H/V Pol	0.737	1.879	H/V Pol	1.101		-	1.747	1.980	H/V Pol		+45°/-45° Pol	3	1	1	H/V Pol	
	3	2.010		-	-1.372	-0.121	H/V Pol	1.134	0.561	+45°/-45° Pol	1.666	0.160	+45°/-45° Pol	4.700	1.604	+45°/-45° Pol	1	3	3	+45°/-45° Pol
	4	2.389		-	0.603	-0.310	+45°/-45° Pol	2.023	1.631	+45°/-45° Pol	1.302	1.679	H/V Pol	3.444	1.937	+45°/-45° Pol	1	3	4	+45°/-45° Pol
	5		0.913	-	0.896	-0.059	+45°/-45° Pol	1.337		-	1.095	1.517	H/V Pol	1.170		-	1	1	5	Equals
	7	1.888		-	0.395	1.941	H/V Pol	1.217	2.182	H/V Pol	0.872	2.165	H/V Pol		1.267	-	3	0	7	H/V Pol
	8	2.978		-		0.631	-	6.703	3.563	+45°/-45° Pol	5.718	2.994	+45°/-45° Pol	3.368	3.384	H/V Pol	1	2	8	+45°/-45° Pol
	10	0.929	2.609	H/V Pol	0.899	0.551	+45°/-45° Pol	1.277	0.930	+45°/-45° Pol	0.882	0.860	+45°/-45° Pol	1.172	0.919	+45°/-45° Pol	1	4	10	+45°/-45° Pol
	11	2.342		-	0.955	2.781	H/V Pol	1.887	1.660	+45°/-45° Pol	1.400	2.760	H/V Pol	4.440	2.999	+45°/-45° Pol	2	2	11	Equals
	12	3.853		-	-3.988	-1.080	H/V Pol	1.421	1.061	+45°/-45° Pol	2.841	1.503	+45°/-45° Pol	4.070	1.498	+45°/-45° Pol	1	3	12	+45°/-45° Pol
	16	3.855	2.361	+45°/-45° Pol	0.563	-0.415	+45°/-45° Pol	0.937	0.976	H/V Pol	2.836	1.060	+45°/-45° Pol	4.203	1.998	+45°/-45° Pol	1	4	16	+45°/-45° Pol
	18	3.737		-	1.600	-0.520	+45°/-45° Pol	1.486	1.575	H/V Pol	2.013	1.714	+45°/-45° Pol	4.458	2.651	+45°/-45° Pol	1	3	18	+45°/-45° Pol
	19	3.313		-	-1.621	0.425	H/V Pol	1.886	2.238	H/V Pol	1.528	2.696	H/V Pol	3.511	3.287	+45°/-45° Pol	3	1	19	H/V Pol
	21	2.673		-	3.771	2.115	+45°/-45° Pol	2.968	2.345	+45°/-45° Pol	2.883	3.380	H/V Pol	7.764	2.067	+45°/-45° Pol	1	3	21	+45°/-45° Pol
	22	2.584		-	-0.885	1.162	H/V Pol	2.425	1.961	+45°/-45° Pol	2.339	2.865	H/V Pol	3.172	4.517	H/V Pol	3	1	22	H/V Pol
	24	1.991		-	-0.134	-0.202	+45°/-45° Pol	2.594	1.346	+45°/-45° Pol	2.752	2.133	+45°/-45° Pol	2.784	3.332	H/V Pol	1	3	24	+45°/-45° Pol
	26	11.697		-		4.708	H/V Pol	6.064	5.986	+45°/-45° Pol	11.279	6.775	+45°/-45° Pol	11.774	9.311	+45°/-45° Pol	1	3	26	+45°/-45° Pol
5m	1	1.718	1.381	+45°/-45° Pol	1.998	1.218	+45°/-45° Pol	4.841		-	2.073	1.717	+45°/-45° Pol			-	0	3	1	+45°/-45° Pol
	3	1.717	3.295	H/V Pol	-0.335	-1.279	+45°/-45° Pol	1.071	-0.821	+45°/-45° Pol	1.278	0.955	+45°/-45° Pol	2.409	1.842	+45°/-45° Pol	1	4	3	+45°/-45° Pol
	4	2.506		-	-0.216	1.057	H/V Pol	1.384	2.162	H/V Pol	2.444	2.318	+45°/-45° Pol	3.731	3.672	+45°/-45° Pol	2	2	4	Equals
	5	0.586	4.043	H/V Pol	-0.207	0.033	H/V Pol	0.807	0.488	+45°/-45° Pol	2.708	0.810	+45°/-45° Pol	2.083		-	2	2	5	Equals
	7	3.536	4.057	H/V Pol	0.694	0.995	H/V Pol	1.235	2.091	H/V Pol	3.067	2.835	+45°/-45° Pol	2.246	3.466	H/V Pol	4	1	7	H/V Pol
	8	5.879	1.471	+45°/-45° Pol		-0.364	-	2.370	2.945	H/V Pol	4.710	3.588	+45°/-45° Pol	4.624	5.693	H/V Pol	2	2	8	Equals
	10	2.935	2.256	+45°/-45° Pol	0.603	-0.128	+45°/-45° Pol	1.856	0.861	+45°/-45° Pol	0.825	1.523	H/V Pol	5.048	3.955	+45°/-45° Pol	1	4	10	+45°/-45° Pol
	11	3.033	2.170	+45°/-45° Pol	0.317	-0.439	+45°/-45° Pol	1.741	-0.052	+45°/-45° Pol	2.095	1.190	+45°/-45° Pol	3.894	2.591	+45°/-45° Pol	0	5	11	+45°/-45° Pol
	12	3.012	2.744	+45°/-45° Pol	0.487	-1.313	+45°/-45° Pol	1.866	0.891	+45°/-45° Pol	1.025	2.066	H/V Pol	3.104	3.589	H/V Pol	2	3	12	+45°/-45° Pol
	16	3.075	2.205	+45°/-45° Pol	-0.976	-0.488	H/V Pol	0.730	1.612	H/V Pol	2.307	2.482	H/V Pol	6.605	1.838	+45°/-45° Pol	3	2	16	H/V Pol
	18	3.870	2.195	+45°/-45° Pol	2.872	1.449	+45°/-45° Pol	4.038	2.275	+45°/-45° Pol	2.986	3.479	H/V Pol	4.708	3.762	+45°/-45° Pol	1	4	18	+45°/-45° Pol
	19	3.278	2.728	+45°/-45° Pol	-0.232	0.306	H/V Pol	0.753	1.900	H/V Pol	1.530	1.990	H/V Pol	4.656	3.555	+45°/-45° Pol	3	2	19	H/V Pol
	21	4.950	2.381	+45°/-45° Pol	5.319	4.038	+45°/-45° Pol	5.552	1.902	+45°/-45° Pol	5.316	1.654	+45°/-45° Pol	4.305	4.633	H/V Pol	1	4	21	+45°/-45° Pol
	22	3.326	2.161	+45°/-45° Pol	-0.459	-0.966	+45°/-45° Pol	0.631	1.826	H/V Pol	3.150	1.942	+45°/-45° Pol	3.951	2.879	+45°/-45° Pol	1	4	22	+45°/-45° Pol
	24	2.979		-	-0.530	-1.291	+45°/-45° Pol	1.957	0.735	+45°/-45° Pol	1.684	1.287	+45°/-45° Pol	3.885	3.362	+45°/-45° Pol	0	4	24	+45°/-45° Pol
	26	7.521		-	0.995	3.543	H/V Pol	8.168	4.186	+45°/-45° Pol	6.822	7.346	H/V Pol	3.294	12.859	H/V Pol	3	1	26	H/V Pol
10m	1	1.900	1.353	+45°/-45° Pol	2.951	1.213	+45°/-45° Pol	2.473	1.937	+45°/-45° Pol	3.964	1.585	+45°/-45° Pol	5.060	1.862	+45°/-45° Pol		5	1	+45°/-45° Pol
	3	1.518	2.451	H/V Pol	0.247	-1.593	+45°/-45° Pol	-0.255	0.058	H/V Pol	0.793	0.919	H/V Pol	2.916	2.175	+45°/-45° Pol	3	2	3	H/V Pol
	4	2.120		-	-0.397	1.590	H/V Pol	2.453	2.088	+45°/-45° Pol	3.045	0.716	+45°/-45° Pol	2.841	3.358	H/V Pol	2	2	4	Equals
	5	1.255	6.282	H/V Pol	-1.293	-0.797	H/V Pol	0.389	-0.080	+45°/-45° Pol	2.092	1.174	+45°/-45° Pol	1.992		-	2	2	5	Equals
	7	-4.554	4.171	H/V Pol	0.441	1.933	H/V Pol	2.295	3.013	H/V Pol	4.632	2.121	+45°/-45° Pol	4.369	5.835	H/V Pol	4	1	7	H/V Pol
	8	5.761		-		-0.067	-	1.962	1.335	+45°/-45° Pol	3.968	2.203	+45°/-45° Pol	5.247	3.713	+45°/-45° Pol	0	3	8	+45°/-45° Pol
	10		3.555	-		-	-		-	-			+45°/-45° Pol			-	0	1	10	+45°/-45° Pol
	11	5.338	1.306	+45°/-45° Pol	0.003	-0.821	+45°/-45° Pol	1.869	-0.535	+45°/-45° Pol	3.846	0.859	+45°/-45° Pol	6.481	2.699	+45°/-45° Pol	0	5	11	+45°/-45° Pol
	12	3.484	1.859	+45°/-45° Pol	-0.793	-0.169	H/V Pol	1.152	1.124	+45°/-45° Pol	1.046	0.473	+45°/-45° Pol	4.092	1.449	+45°/-45° Pol	1	4	12	+45°/-45° Pol
	16	3.237	3.765	H/V Pol	-0.283	-0.670	+45°/-45° Pol	1.259	1.087	+45°/-45° Pol	2.028	1.765	+45°/-45° Pol	3.690	1.987	+45°/-45° Pol	1	4	16	+45°/-45° Pol
	18	6.355	2.278	+45°/-45° Pol	1.670	0.046	+45°/-45° Pol	5.175	2.015	+45°/-45° Pol	4.175	4.346	H/V Pol	7.112	2.864	+45°/-45° Pol	1	4	18	+45°/-45° Pol
	19	3.733	2.371	+45°/-45° Pol	0.276	-0.149	+45°/-45° Pol	1.576	2.983	H/V Pol	2.159	1.371	+45°/-45° Pol	3.654	1.957	+45°/-45° Pol	1	4	19	+45°/-45° Pol
	21	1.936	2.905	H/V Pol	1.248	-0.973	+45°/-45° Pol	2.058	0.662	+45°/-45° Pol	1.141	0.626	+45°/-45° Pol	5.438	1.606	+45°/-45° Pol	1	4	21	+45°/-45° Pol
	22	3.545	3.449	+45°/-45° Pol	-0.009	-0.977	+45°/-45° Pol	1.342	0.800	+45°/-45° Pol	2.881	0.870	+45°/-45° Pol	3.910	3.297	+45°/-45° Pol	0	5	22	+45°/-45° Pol
	24	3.741		-	-0.400	-0.929	+45°/-45° Pol	2.039	1.447	+45°/-45° Pol	2.534	0.496	+45°/-45° Pol	3.475	4.090	H/V Pol	1	3	24	+45°/-45° Pol
	26	13.589		-	7.234	6.561	+45°/-45° Pol	9.096	8.486	+45°/-45° Pol	10.091	5.728	+45°/-45° Pol	13.347	14.224	H/V Pol	1	3	26	+45°/-45° Pol
																69	136			
		Qtd H/V Pol	10	Qtd H/V Pol	18	Qtd H/V Pol	13	Qtd H/V Pol	16	Qtd H/V Pol	11									
		Qtd +45°/-45° Pol	17	Qtd +45°/-45° Pol	26	Qtd +45°/-45° Pol	31	Qtd +45°/-45° Pol	32	Qtd +45°/-45° Pol	30									

Comparison Required C/N Ratio

Height	Sites	2-16 16QAM			2-16 QPSK			3-16 QPSK			4-16 QPSK			5-16 QPSK			Qtd H/V Pol	Qtd +45°/-45° Pol	Sites	Best
		H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best				
2m	1	1.434	1.616	H/V Pol	0.737	1.879	H/V Pol	1.101		-	1.747	1.980	H/V Pol		+45°/-45° Pol	3	1	1	H/V Pol	
	3	2.010		-	-1.372	-0.121	H/V Pol	1.134	0.561	+45°/-45° Pol	1.666	0.160	+45°/-45° Pol	4.700	1.604	+45°/-45° Pol	1	3	3	+45°/-45° Pol
	4	2.389		-	0.603	-0.310	+45°/-45° Pol	2.023	1.631	+45°/-45° Pol	1.302	1.679	H/V Pol	3.444	1.937	+45°/-45° Pol	1	3	4	+45°/-45° Pol
	5		0.913	-	0.896	-0.059	+45°/-45° Pol	1.337		-	1.095	1.517	H/V Pol	1.170		-	1	1	5	Equals
	7	1.888		-	0.395	1.941	H/V Pol	1.217	2.182	H/V Pol	0.872	2.165	H/V Pol		1.267	-	3	0	7	H/V Pol
	8	2.978		-		0.631	-	6.703	3.563	+45°/-45° Pol	5.718	2.994	+45°/-45° Pol	3.368	3.384	H/V Pol	1	2	8	+45°/-45° Pol
	10	0.929	2.609	H/V Pol	0.899	0.551	+45°/-45° Pol	1.277	0.930	+45°/-45° Pol	0.882	0.860	+45°/-45° Pol	1.172	0.919	+45°/-45° Pol	1	4	10	+45°/-45° Pol
	11	2.342		-	0.955	2.781	H/V Pol	1.887	1.660	+45°/-45° Pol	1.400	2.760	H/V Pol	4.440	2.999	+45°/-45° Pol	2	2	11	Equals
	12	3.853		-	-3.988	-1.080	H/V Pol	1.421	1.061	+45°/-45° Pol	2.841	1.503	+45°/-45° Pol	4.070	1.498	+45°/-45° Pol	1	3	12	+45°/-45° Pol
	16	3.855	2.361	+45°/-45° Pol	0.563	-0.415	+45°/-45° Pol	0.937	0.976	H/V Pol	2.836	1.060	+45°/-45° Pol	4.203	1.998	+45°/-45° Pol	1	4	16	+45°/-45° Pol
	18	3.737		-	1.600	-0.520	+45°/-45° Pol	1.486	1.575	H/V Pol	2.013	1.714	+45°/-45° Pol	4.458	2.651	+45°/-45° Pol	1	3	18	+45°/-45° Pol
	19	3.313		-	-1.621	0.425	H/V Pol	1.886	2.238	H/V Pol	1.528	2.696	H/V Pol	3.511	3.287	+45°/-45° Pol	3	1	19	H/V Pol
	21	2.673		-	3.771	2.115	+45°/-45° Pol	2.968	2.345	+45°/-45° Pol	2.883	3.380	H/V Pol	7.764	2.067	+45°/-45° Pol	1	3	21	+45°/-45° Pol
	22	2.584		-	-0.885	1.162	H/V Pol	2.425	1.961	+45°/-45° Pol	2.339	2.865	H/V Pol	3.172	4.517	H/V Pol	3	1	22	H/V Pol
	24	1.991		-	-0.134	-0.202	+45°/-45° Pol	2.594	1.346	+45°/-45° Pol	2.752	2.133	+45°/-45° Pol	2.784	3.332	H/V Pol	1	3	24	+45°/-45° Pol
	26	11.697		-		4.708	H/V Pol	6.064	5.986	+45°/-45° Pol	11.279	6.775	+45°/-45° Pol	11.774	9.311	+45°/-45° Pol	1	3	26	+45°/-45° Pol
5m	1	1.718	1.381	+45°/-45° Pol	1.998	1.218	+45°/-45° Pol	4.841		-	2.073	1.717	+45°/-45° Pol			-	0	3	1	+45°/-45° Pol
	3	1.717	3.295	H/V Pol	-0.335	-1.279	+45°/-45° Pol	1.071	-0.821	+45°/-45° Pol	1.278	0.955	+45°/-45° Pol	2.409	1.842	+45°/-45° Pol	1	4	3	+45°/-45° Pol
	4	2.506		-	-0.216	1.057	H/V Pol	1.384	2.162	H/V Pol	2.444	2.318	+45°/-45° Pol	3.731	3.672	+45°/-45° Pol	2	2	4	Equals
	5	0.586	4.043	H/V Pol	-0.207	0.033	H/V Pol	0.807	0.488	+45°/-45° Pol	2.708	0.810	+45°/-45° Pol	2.083		-	2	2	5	Equals
	7	3.536	4.057	H/V Pol	0.694	0.995	H/V Pol	1.235	2.091	H/V Pol	3.067	2.835	+45°/-45° Pol	2.246	3.466	H/V Pol	4	1	7	H/V Pol
	8	5.879	1.471	+45°/-45° Pol		-0.364	-	2.370	2.945	H/V Pol	4.710	3.588	+45°/-45° Pol	4.624	5.693	H/V Pol	2	2	8	Equals
	10	2.935	2.256	+45°/-45° Pol	0.603	-0.128	+45°/-45° Pol	1.856	0.861	+45°/-45° Pol	0.825	1.523	H/V Pol	5.048	3.955	+45°/-45° Pol	1	4	10	+45°/-45° Pol
	11	3.033	2.170	+45°/-45° Pol	0.317	-0.439	+45°/-45° Pol	1.741	-0.052	+45°/-45° Pol	2.095	1.190	+45°/-45° Pol	3.894	2.591	+45°/-45° Pol	0	5	11	+45°/-45° Pol
	12	3.012	2.744	+45°/-45° Pol	0.487	-1.313	+45°/-45° Pol	1.866	0.891	+45°/-45° Pol	1.025	2.066	H/V Pol	3.104	3.589	H/V Pol	2	3	12	+45°/-45° Pol
	16	3.075	2.205	+45°/-45° Pol	-0.976	-0.488	H/V Pol	0.730	1.612	H/V Pol	2.307	2.482	H/V Pol	6.605	1.838	+45°/-45° Pol	3	2	16	H/V Pol
	18	3.870	2.195	+45°/-45° Pol	2.872	1.449	+45°/-45° Pol	4.038	2.275	+45°/-45° Pol	2.986	3.479	H/V Pol	4.708	3.762	+45°/-45° Pol	1	4	18	+45°/-45° Pol
	19	3.278	2.728	+45°/-45° Pol	-0.232	0.306	H/V Pol	0.753	1.900	H/V Pol	1.530	1.990	H/V Pol	4.656	3.555	+45°/-45° Pol	3	2	19	H/V Pol
	21	4.950	2.381	+45°/-45° Pol	5.319	4.038	+45°/-45° Pol	5.552	1.902	+45°/-45° Pol	5.316	1.654	+45°/-45° Pol	4.305	4.633	H/V Pol	1	4	21	+45°/-45° Pol
	22	3.326	2.161	+45°/-45° Pol	-0.459	-0.966	+45°/-45° Pol	0.631	1.826	H/V Pol	3.150	1.942	+45°/-45° Pol	3.951	2.879	+45°/-45° Pol	1	4	22	+45°/-45° Pol
	24	2.979		-	-0.530	-1.291	+45°/-45° Pol	1.957	0.735	+45°/-45° Pol	1.684	1.287	+45°/-45° Pol	3.885	3.362	+45°/-45° Pol	0	4	24	+45°/-45° Pol
	26	7.521		-	0.995	3.543	H/V Pol	8.168	4.186	+45°/-45° Pol	6.822	7.346	H/V Pol	3.294	12.859	H/V Pol	3	1	26	H/V Pol
10m	1	1.900	1.353	+45°/-45° Pol	2.951	1.213	+45°/-45° Pol	2.473	1.937	+45°/-45° Pol	3.964	1.585	+45°/-45° Pol	5.060	1.862	+45°/-45° Pol	0	5	1	+45°/-45° Pol
	3	1.518	2.451	H/V Pol	0.247	-1.593	+45°/-45° Pol	-0.255	0.058	H/V Pol	0.793	0.919	H/V Pol	2.916	2.175	+45°/-45° Pol	3	2	3	H/V Pol
	4	2.120		-	-0.397	1.590	H/V Pol	2.453	2.088	+45°/-45° Pol	3.045	0.716	+45°/-45° Pol	2.841	3.358	H/V Pol	2	2	4	Equals
	5	1.255	6.282	H/V Pol	-1.293	-0.797	H/V Pol	0.389	-0.080	+45°/-45° Pol	2.092	1.174	+45°/-45° Pol	1.992		-	2	2	5	Equals
	7	-4.554	4.171	H/V Pol	0.441	1.933	H/V Pol	2.295	3.013	H/V Pol	4.632	2.121	+45°/-45° Pol	4.369	5.835	H/V Pol	4	1	7	H/V Pol
	8	5.761		-		-0.067	-	1.962	1.335	+45°/-45° Pol	3.968	2.203	+45°/-45° Pol	5.247	3.713	+45°/-45° Pol	0	3	8	+45°/-45° Pol
	10		3.555	-			-			-			+45°/-45° Pol			-	0	1	10	+45°/-45° Pol
	11	5.338	1.306	+45°/-45° Pol	0.003	-0.821	+45°/-45° Pol	1.869	-0.535	+45°/-45° Pol	3.846	0.859	+45°/-45° Pol	6.481	2.699	+45°/-45° Pol	0	5	11	+45°/-45° Pol
	12	3.484	1.859	+45°/-45° Pol	-0.793	-0.169	H/V Pol	1.152	1.124	+45°/-45° Pol	1.046	0.473	+45°/-45° Pol	4.092	1.449	+45°/-45° Pol	1	4	12	+45°/-45° Pol
	16	3.237	3.765	H/V Pol	-0.283	-0.670	+45°/-45° Pol	1.259	1.087	+45°/-45° Pol	2.028	1.765	+45°/-45° Pol	3.690	1.987	+45°/-45° Pol	1	4	16	+45°/-45° Pol
	18	6.355	2.278	+45°/-45° Pol	1.670	0.046	+45°/-45° Pol	5.175	2.015	+45°/-45° Pol	4.175	4.346	H/V Pol	7.112	2.864	+45°/-45° Pol	1	4	18	+45°/-45° Pol
	19	3.733	2.371	+45°/-45° Pol	0.276	-0.149	+45°/-45° Pol	1.576	2.983	H/V Pol	2.159	1.371	+45°/-45° Pol	3.654	1.957	+45°/-45° Pol	1	4	19	+45°/-45° Pol
	21	1.936	2.905	H/V Pol	1.248	-0.973	+45°/-45° Pol	2.058	0.662	+45°/-45° Pol	1.141	0.626	+45°/-45° Pol	5.438	1.606	+45°/-45° Pol	1	4	21	+45°/-45° Pol
	22	3.545	3.449	+45°/-45° Pol	-0.009	-0.977	+45°/-45° Pol	1.342	0.800	+45°/-45° Pol	2.881	0.870	+45°/-45° Pol	3.910	3.297	+45°/-45° Pol	0	5	22	+45°/-45° Pol
	24	3.741		-	-0.400	-0.929	+45°/-45° Pol	2.039	1.447	+45°/-45° Pol	2.534	0.496	+45°/-45° Pol	3.475	4.090	H/V Pol	1	3	24	+45°/-45° Pol
	26	13.589		-	7.234	6.561	+45°/-45° Pol	9.096	8.486	+45°/-45° Pol	10.091	5.728	+45°/-45° Pol	13.347	14.224	H/V Pol	1	3	26	+45°/-45° Pol
																69	136			

Comparison Required C/N Ratio
H/V Polarization x +45°/-45° Polarization

		2-16 16QAM			2-16 QPSK			3-16 QPSK			4-16 QPSK			5-16 QPSK						
Height	Sites	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	Qtd H/V Pol	Qtd +45°/-45° Pol	Sites	Best
2m	1	1.434	1.616	H/V Pol	0.737	1.879	H/V Pol	1.101		-	1.747	1.980	H/V Pol			+45°/-45° Pol	3	1	1	H/V Pol
	3	2.010		-	-1.372	-0.121	H/V Pol	1.134	0.561	+45°/-45° Pol	1.666	0.160	+45°/-45° Pol	4.700	1.604	+45°/-45° Pol	1	3	3	+45°/-45° Pol
	4	2.389		-	0.603	-0.310	+45°/-45° Pol	2.023	1.631	+45°/-45° Pol	1.302	1.679	H/V Pol	3.444	1.937	+45°/-45° Pol	1	3	4	+45°/-45° Pol
	5		0.913	-	0.896	-0.059	+45°/-45° Pol	1.337		-	1.095	1.517	H/V Pol	1.170		-	1	1	5	Equals
	7	1.888		-	0.395	1.941	H/V Pol	1.217	2.182	H/V Pol	0.872	2.165	H/V Pol		1.267	-	3	0	7	H/V Pol
	8	2.978		-		0.631	-	6.703	3.563	+45°/-45° Pol	5.718	2.994	+45°/-45° Pol	3.368	3.384	H/V Pol	1	2	8	+45°/-45° Pol
	10	0.929	2.609	H/V Pol	0.899	0.551	+45°/-45° Pol	1.277	0.930	+45°/-45° Pol	0.882	0.860	+45°/-45° Pol	1.172	0.919	+45°/-45° Pol	1	4	10	+45°/-45° Pol
	11	2.342		-	0.955	2.781	H/V Pol	1.887	1.660	+45°/-45° Pol	1.400	2.760	H/V Pol	4.440	2.999	+45°/-45° Pol	2	2	11	Equals
	12	3.853		-	-3.988	-1.080	H/V Pol	1.421	1.061	+45°/-45° Pol	2.841	1.503	+45°/-45° Pol	4.070	1.498	+45°/-45° Pol	1	3	12	+45°/-45° Pol
	16	3.855	2.361	+45°/-45° Pol	0.563	-0.415	+45°/-45° Pol	0.937	0.976	H/V Pol	2.836	1.060	+45°/-45° Pol	4.203	1.998	+45°/-45° Pol	1	4	16	+45°/-45° Pol
	18	3.737		-	1.600	-0.520	+45°/-45° Pol	1.486	1.575	H/V Pol	2.013	1.714	+45°/-45° Pol	4.458	2.651	+45°/-45° Pol	1	3	18	+45°/-45° Pol
	19	3.313		-	-1.621	0.425	H/V Pol	1.886	2.238	H/V Pol	1.528	2.696	H/V Pol	3.511	3.287	+45°/-45° Pol	3	1	19	H/V Pol
	21	2.673		-	3.771	2.115	+45°/-45° Pol	2.968	2.345	+45°/-45° Pol	2.883	3.380	H/V Pol	7.764	2.067	+45°/-45° Pol	1	3	21	+45°/-45° Pol
	22	2.584		-	-0.885	1.162	H/V Pol	2.425	1.961	+45°/-45° Pol	2.339	2.865	H/V Pol	3.172	4.517	H/V Pol	3	1	22	H/V Pol
	24	1.991		-	-0.134	-0.202	+45°/-45° Pol	2.594	1.346	+45°/-45° Pol	2.752	2.133	+45°/-45° Pol	2.784	3.332	H/V Pol	1	3	24	+45°/-45° Pol
	26	11.697		-	4.708	8.264	H/V Pol	6.064	5.986	+45°/-45° Pol	11.279	6.775	+45°/-45° Pol	11.774	9.311	+45°/-45° Pol	1	3	26	+45°/-45° Pol
5m	1	1.718	1.381	+45°/-45° Pol	1.998	1.218	+45°/-45° Pol	4.841		-	2.073	1.717	+45°/-45° Pol			-	0	3	1	+45°/-45° Pol
	3	1.717	3.295	H/V Pol	-0.335	-1.279	+45°/-45° Pol	1.071	-0.821	+45°/-45° Pol	1.278	0.955	+45°/-45° Pol	2.409	1.842	+45°/-45° Pol	1	4	3	+45°/-45° Pol
	4	2.506		-	-0.216	1.057	H/V Pol	1.384	2.162	H/V Pol	2.444	2.318	+45°/-45° Pol	3.731	3.672	+45°/-45° Pol	2	2	4	Equals
	5	0.586	4.043	H/V Pol	-0.207	0.033	H/V Pol	0.807	0.488	+45°/-45° Pol	2.708	0.810	+45°/-45° Pol	2.083		-	2	2	5	Equals
	7	3.536	4.057	H/V Pol	0.694	0.995	H/V Pol	1.235	2.091	H/V Pol	3.067	2.835	+45°/-45° Pol	2.246		H/V Pol	4	1	7	H/V Pol
	8	5.879	1.471	+45°/-45° Pol		-0.364	-	2.370	2.945	H/V Pol	4.710	3.588	+45°/-45° Pol	4.624	5.693	H/V Pol	2	2	8	Equals
	10	2.935	2.256	+45°/-45° Pol	0.603	-0.128	+45°/-45° Pol	1.856	0.861	+45°/-45° Pol	0.825	1.523	H/V Pol	5.048	3.955	+45°/-45° Pol	1	4	10	+45°/-45° Pol
	11	3.033	2.170	+45°/-45° Pol	0.317	-0.439	+45°/-45° Pol	1.741	-0.052	+45°/-45° Pol	2.095	1.190	+45°/-45° Pol	3.894	2.591	+45°/-45° Pol	0	5	11	+45°/-45° Pol
	12	3.012	2.744	+45°/-45° Pol	0.487	-1.313	+45°/-45° Pol	1.866	0.891	+45°/-45° Pol	1.025	2.066	H/V Pol	3.104	3.589	H/V Pol	2	3	12	+45°/-45° Pol
	16	3.075	2.205	+45°/-45° Pol	-0.976	-0.488	H/V Pol	0.730	1.612	H/V Pol	2.307	2.482	H/V Pol	6.605	1.838	+45°/-45° Pol	3	2	16	H/V Pol
	18	3.870	2.195	+45°/-45° Pol	2.872	1.449	+45°/-45° Pol	4.038	2.275	+45°/-45° Pol	2.986	3.479	H/V Pol	4.708	3.762	+45°/-45° Pol	1	4	18	+45°/-45° Pol
	19	3.278	2.728	+45°/-45° Pol	-0.232	0.306	H/V Pol	0.753	1.900	H/V Pol	1.530	1.990	H/V Pol	4.656	3.555	+45°/-45° Pol	3	2	19	H/V Pol
	21	4.950	2.381	+45°/-45° Pol	5.319	4.038	+45°/-45° Pol	5.552	1.902	+45°/-45° Pol	5.316	1.654	+45°/-45° Pol	4.305	4.633	H/V Pol	1	4	21	+45°/-45° Pol
	22	3.326	2.161	+45°/-45° Pol	-0.459	-0.966	+45°/-45° Pol	0.631	1.826	H/V Pol	3.150	1.942	+45°/-45° Pol	3.951	2.879	+45°/-45° Pol	1	4	22	+45°/-45° Pol
	24	2.979		-	-0.530	-1.291	+45°/-45° Pol	1.957	0.735	+45°/-45° Pol	1.684	1.287	+45°/-45° Pol	3.885	3.362	+45°/-45° Pol	0	4	24	+45°/-45° Pol
	26	7.521		-	0.995	3.543	H/V Pol	8.168	4.186	+45°/-45° Pol	6.822	7.346	H/V Pol	3.294	12.859	H/V Pol	3	1	26	H/V Pol
10m	1	1.900	1.353	+45°/-45° Pol	2.951	1.213	+45°/-45° Pol	2.473	1.937	+45°/-45° Pol	3.964	1.585	+45°/-45° Pol	5.060	1.862	+45°/-45° Pol	0	5	1	+45°/-45° Pol
	3	1.518	2.451	H/V Pol	0.247	-1.593	+45°/-45° Pol	-0.255	0.058	H/V Pol	0.793	0.919	H/V Pol	2.916	2.175	+45°/-45° Pol	3	2	3	H/V Pol
	4	2.120		-	-0.397	1.590	H/V Pol	2.453	2.088	+45°/-45° Pol	3.045	0.716	+45°/-45° Pol	2.841	3.358	H/V Pol	2	2	4	Equals
	5	1.255	6.282	H/V Pol	-1.293	-0.797	H/V Pol	0.389	-0.080	+45°/-45° Pol	2.092	1.174	+45°/-45° Pol	1.992		-	2	2	5	Equals
	7	-4.554	4.171	H/V Pol	0.441	1.933	H/V Pol	2.295	3.013	H/V Pol	4.632	2.121	+45°/-45° Pol	4.369	5.835	H/V Pol	4	1	7	H/V Pol
	8	5.761		-		-0.067	-	1.962	1.335	+45°/-45° Pol	3.968	2.203	+45°/-45° Pol	5.247	3.713	+45°/-45° Pol	0	3	8	+45°/-45° Pol
	10		3.555	-			-			-						-	0	0	10	Equals
	11	5.338	1.306	+45°/-45° Pol	0.003	-0.821	+45°/-45° Pol	1.869	-0.535	+45°/-45° Pol	3.846	0.859	+45°/-45° Pol	6.481	2.699	+45°/-45° Pol	0	5	11	+45°/-45° Pol
	12	3.484	1.859	+45°/-45° Pol	-0.793	-0.169	H/V Pol	1.152	1.124	+45°/-45° Pol	1.046	0.473	+45°/-45° Pol	4.092	1.449	+45°/-45° Pol	1	4	12	+45°/-45° Pol
	16	3.237	3.765	H/V Pol	-0.283	-0.670	+45°/-45° Pol	1.259	1.087	+45°/-45° Pol	2.028	1.765	+45°/-45° Pol	3.690	1.987	+45°/-45° Pol	1	4	16	+45°/-45° Pol
	18	6.355	2.278	+45°/-45° Pol	1.670	0.046	+45°/-45° Pol	5.175	2.015	+45°/-45° Pol	4.175	4.346	H/V Pol	7.112	2.864	+45°/-45° Pol	1	4	18	+45°/-45° Pol
	19	3.733	2.371	+45°/-45° Pol	0.276	-0.149	+45°/-45° Pol	1.576	2.983	H/V Pol	2.159	1.371	+45°/-45° Pol	3.654	1.957	+45°/-45° Pol	1	4	19	+45°/-45° Pol
	21	1.936	2.905	H/V Pol	1.248	-0.973	+45°/-45° Pol	2.058	0.662	+45°/-45° Pol	1.141	0.626	+45°/-45° Pol	5.438	1.606	+45°/-45° Pol	1	4	21	+45°/-45° Pol
	22	3.545	3.449	+45°/-45° Pol	-0.009	-0.977	+45°/-45° Pol	1.342	0.800	+45°/-45° Pol	2.881	0.870	+45°/-45° Pol	3.910	3.297	+45°/-45° Pol	0	5	22	+45°/-45° Pol
	24	3.741		-	-0.400	-0.929	+45°/-45° Pol	2.039	1.447	+45°/-45° Pol	2.534	0.496	+45°/-45° Pol	3.475	4.090	H/V Pol	1	3	24	+45°/-45° Pol
	26	13.589		-	7.234	6.561	+45°/-45° Pol	9.096	8.486	+45°/-45° Pol	10.091	5.728	+45°/-45° Pol	13.347	14.224	H/V Pol	1	3	26	+45°/-45° Pol
																	69	135		
		Qtd H/V Pol		10	Qtd H/V Pol		18	Qtd H/V Pol		13	Qtd H/V Pol		16	Qtd H/V Pol		11				
		Qtd +45°/-45° Pol		17	Qtd +45°/-45° Pol		26	Qtd +45°/-45° Pol		31	Qtd +45°/-45° Pol		31	Qtd +45°/-45° Pol		30				

Comparison Required C/N Ratio

		2-16 16QAM			2-16 QPSK			3-16 QPSK			4-16 QPSK			5-16 QPSK								
Height	Sites	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	Qtd H/V Pol	Qtd +45°/-45° Pol	Sites	Best		
2m	1	1.434	1.616	H/V Pol	0.737	1.879	H/V Pol	1.101		-	1.747	1.980	H/V Pol		+45°/-45° Pol	3		1	1	H/V Pol		
	3	2.010		-	-1.372	-0.121	H/V Pol	1.134	0.561	+45°/-45° Pol	1.666	0.160	+45°/-45° Pol	4.700	1.604	+45°/-45° Pol	1		3	3	+45°/-45° Pol	
	4	2.389		-	0.603	-0.310	+45°/-45° Pol	2.023	1.631	+45°/-45° Pol	1.302	1.679	H/V Pol	3.444	1.937	+45°/-45° Pol	1		3	4	+45°/-45° Pol	
	5		0.913	-	0.896	-0.059	+45°/-45° Pol	1.337		-	1.095	1.517	H/V Pol	1.170		-	1		1	5	Equals	
	7	1.888		-	0.395	1.941	H/V Pol	1.217	2.182	H/V Pol	0.872	2.165	H/V Pol		1.267	-	3		0	7	H/V Pol	
	8	2.978		-		0.631	-	6.703	3.563	+45°/-45° Pol	5.718	2.994	+45°/-45° Pol	3.368	3.384	H/V Pol	1		2	8	+45°/-45° Pol	
	10	0.929	2.609	H/V Pol	0.899	0.551	+45°/-45° Pol	1.277	0.930	+45°/-45° Pol	0.882	0.860	+45°/-45° Pol	1.172	0.919	+45°/-45° Pol	1		4	10	+45°/-45° Pol	
	11	2.342		-	0.955	2.781	H/V Pol	1.887	1.660	+45°/-45° Pol	1.400	2.760	H/V Pol	4.440	2.999	+45°/-45° Pol	2		2	11	Equals	
	12	3.853		-	-3.988	-1.080	H/V Pol	1.421	1.061	+45°/-45° Pol	2.841	1.503	+45°/-45° Pol	4.070	1.498	+45°/-45° Pol	1		3	12	+45°/-45° Pol	
	16	3.855	2.361	+45°/-45° Pol	0.563	-0.415	+45°/-45° Pol	0.937	0.976	H/V Pol	2.836	1.060	+45°/-45° Pol	4.203	1.998	+45°/-45° Pol	1		4	16	+45°/-45° Pol	
	18	3.737		-	1.600	-0.520	+45°/-45° Pol	1.486	1.575	H/V Pol	2.013	1.714	+45°/-45° Pol	4.458	2.651	+45°/-45° Pol	1		3	18	+45°/-45° Pol	
	19	3.313		-	-1.621	0.425	H/V Pol	1.886	2.238	H/V Pol	1.528	2.696	H/V Pol	3.511	3.287	+45°/-45° Pol	3		1	19	H/V Pol	
	21	2.673		-	3.771	2.115	+45°/-45° Pol	2.968	2.345	+45°/-45° Pol	2.883	3.380	H/V Pol	7.764	2.067	+45°/-45° Pol	1		3	21	+45°/-45° Pol	
	22	2.584		-	-0.885	1.162	H/V Pol	2.425	1.961	+45°/-45° Pol	2.339	2.865	H/V Pol	3.172	4.517	H/V Pol	3		1	22	H/V Pol	
	24	1.991		-	-0.134	-0.202	+45°/-45° Pol	2.594	1.346	+45°/-45° Pol	2.752	2.133	+45°/-45° Pol	2.784	3.332	H/V Pol	1		3	24	+45°/-45° Pol	
	26	11.697		-		4.708	H/V Pol	6.064	5.986	+45°/-45° Pol	11.279	6.775	+45°/-45° Pol	11.774	9.311	+45°/-45° Pol	1		3	26	+45°/-45° Pol	
5m	1	1.718	1.381	+45°/-45° Pol	1.998	1.218	+45°/-45° Pol	4.841		-	2.073	1.717	+45°/-45° Pol			-	0		3	1	+45°/-45° Pol	
	3	1.717	3.295	H/V Pol	-0.335	-1.279	+45°/-45° Pol	1.071	-0.821	+45°/-45° Pol	1.278	0.955	+45°/-45° Pol	2.409	1.842	+45°/-45° Pol	1		4	3	+45°/-45° Pol	
	4	2.506		-	-0.216	1.057	H/V Pol	1.384	2.162	H/V Pol	2.444	2.318	+45°/-45° Pol	3.731	3.672	+45°/-45° Pol	2		2	4	Equals	
	5	0.586	4.043	H/V Pol	-0.207	0.033	H/V Pol	0.807	0.488	+45°/-45° Pol	2.708	0.810	+45°/-45° Pol	2.083		-	2		2	5	Equals	
	7	3.536	4.057	H/V Pol	0.694	0.995	H/V Pol	1.235	2.091	H/V Pol	3.067	2.835	+45°/-45° Pol	2.246	3.466	H/V Pol	4		1	7	H/V Pol	
	8	5.879	1.471	+45°/-45° Pol		-0.364	-	2.370	2.945	H/V Pol	4.710	3.588	+45°/-45° Pol	4.624	5.693	H/V Pol	2		2	8	Equals	
	10	2.935	2.256	+45°/-45° Pol	0.603	-0.128	+45°/-45° Pol	1.856	0.861	+45°/-45° Pol	0.825	1.523	H/V Pol	5.048	3.955	+45°/-45° Pol	1		4	10	+45°/-45° Pol	
	11	3.033	2.170	+45°/-45° Pol	0.317	-0.439	+45°/-45° Pol	1.741	-0.052	+45°/-45° Pol	2.095	1.190	+45°/-45° Pol	3.894	2.591	+45°/-45° Pol	0		5	11	+45°/-45° Pol	
	12	3.012	2.744	+45°/-45° Pol	0.487	-1.313	+45°/-45° Pol	1.866	0.891	+45°/-45° Pol	1.025	2.066	H/V Pol	3.104	3.589	H/V Pol	2		3	12	+45°/-45° Pol	
	16	3.075	2.205	+45°/-45° Pol	-0.976	-0.488	H/V Pol	0.730	1.612	H/V Pol	2.307	2.482	H/V Pol	6.605	1.838	+45°/-45° Pol	3		2	16	H/V Pol	
	18	3.870	2.195	+45°/-45° Pol	2.872	1.449	+45°/-45° Pol	4.038	2.275	+45°/-45° Pol	2.986	3.479	H/V Pol	4.708	3.762	+45°/-45° Pol	1		4	18	+45°/-45° Pol	
	19	3.278	2.728	+45°/-45° Pol	-0.232	0.306	H/V Pol	0.753	1.900	H/V Pol	1.530	1.990	H/V Pol	4.656	3.555	+45°/-45° Pol	3		2	19	H/V Pol	
	21	4.950	2.381	+45°/-45° Pol	5.319	4.038	+45°/-45° Pol	5.552	1.902	+45°/-45° Pol	5.316	1.654	+45°/-45° Pol	4.305	4.633	H/V Pol	1		4	21	+45°/-45° Pol	
	22	3.326	2.161	+45°/-45° Pol	-0.459	-0.966	+45°/-45° Pol	0.631	1.826	H/V Pol	3.150	1.942	+45°/-45° Pol	3.951	2.879	+45°/-45° Pol	1		4	22	+45°/-45° Pol	
	24	2.979		-	-0.530	-1.291	+45°/-45° Pol	1.957	0.735	+45°/-45° Pol	1.684	1.287	+45°/-45° Pol	3.885	3.362	+45°/-45° Pol	0		4	24	+45°/-45° Pol	
	26	7.521		-	0.995	3.543	H/V Pol	8.168	4.186	+45°/-45° Pol	6.822	7.346	H/V Pol	3.294	12.859	H/V Pol	3		1	26	H/V Pol	
10m	1	1.900	1.353	+45°/-45° Pol	2.951	1.213	+45°/-45° Pol	2.473	1.937	+45°/-45° Pol	3.964	1.585	+45°/-45° Pol	5.060	1.862	+45°/-45° Pol	0		5	1	+45°/-45° Pol	
	3	1.518	2.451	H/V Pol	0.247	-1.593	+45°/-45° Pol	-0.255	0.058	H/V Pol	0.793	0.919	H/V Pol	2.916	2.175	+45°/-45° Pol	3		2	3	H/V Pol	
	4	2.120		-	-0.397	1.590	H/V Pol	2.453	2.088	+45°/-45° Pol	3.045	0.716	+45°/-45° Pol	2.841	3.358	H/V Pol	2		2	4	Equals	
	5	1.255	6.282	H/V Pol	-1.293	-0.797	H/V Pol	0.389	-0.080	+45°/-45° Pol	2.092	1.174	+45°/-45° Pol	1.992		-	2		2	5	Equals	
	7	-4.554	4.171	H/V Pol	0.441	1.933	H/V Pol	2.295	3.013	H/V Pol	4.632	2.121	+45°/-45° Pol	4.369	5.835	H/V Pol	4		1	7	H/V Pol	
	8	5.761		-		-0.067	-	1.962	1.335	+45°/-45° Pol	3.968	2.203	+45°/-45° Pol	5.247	3.713	+45°/-45° Pol	0		3	8	+45°/-45° Pol	
	10		3.555	-			-			-					-	0		0	10	Equals		
	11	5.338	1.306	+45°/-45° Pol	0.003	-0.821	+45°/-45° Pol	1.869	-0.535	+45°/-45° Pol	3.846	0.859	+45°/-45° Pol	6.481	2.699	+45°/-45° Pol	0		5	11	+45°/-45° Pol	
	12	3.484	1.859	+45°/-45° Pol	-0.793	-0.169	H/V Pol	1.152	1.124	+45°/-45° Pol	1.046	0.473	+45°/-45° Pol	4.092	1.449	+45°/-45° Pol	1		4	12	+45°/-45° Pol	
	16	3.237	3.765	H/V Pol	-0.283	-0.670	+45°/-45° Pol	1.259	1.087	+45°/-45° Pol	2.028	1.765	+45°/-45° Pol	3.690	1.987	+45°/-45° Pol	1		4	16	+45°/-45° Pol	
	18	6.355	2.278	+45°/-45° Pol	1.670	0.046	+45°/-45° Pol	5.175	2.015	+45°/-45° Pol	4.175	4.346	H/V Pol	7.112	2.864	+45°/-45° Pol	1		4	18	+45°/-45° Pol	
	19	3.733	2.371	+45°/-45° Pol	0.276	-0.149	+45°/-45° Pol	1.576	2.983	H/V Pol	2.159	1.371	+45°/-45° Pol	3.654	1.957	+45°/-45° Pol	1		4	19	+45°/-45° Pol	
	21	1.936	2.905	H/V Pol	1.248	-0.973	+45°/-45° Pol	2.058	0.662	+45°/-45° Pol	1.141	0.626	+45°/-45° Pol	5.438	1.606	+45°/-45° Pol	1		4	21	+45°/-45° Pol	
	22	3.545	3.449	+45°/-45° Pol	-0.009	-0.977	+45°/-45° Pol	1.342	0.800	+45°/-45° Pol	2.881	0.870	+45°/-45° Pol	3.910	3.297	+45°/-45° Pol	0		5	22	+45°/-45° Pol	
	24	3.741		-	-0.400	-0.929	+45°/-45° Pol	2.039	1.447	+45°/-45° Pol	2.534	0.496	+45°/-45° Pol	3.475	4.090	H/V Pol	1		3	24	+45°/-45° Pol	
	26	13.589		-	7.234	6.561	+45°/-45° Pol	9.096	8.486	+45°/-45° Pol	10.091	5.728	+45°/-45° Pol	13.347	14.224	H/V Pol	1		3	26	+45°/-45° Pol	
		Qtd H/V Pol		10	Qtd H/V Pol		18	Qtd H/V Pol		13	Qtd H/V Pol		16	Qtd H/V Pol		11	69	135				
		Qtd +45°/-45° Pol		17	Qtd +45°/-45° Pol		26	Qtd +45°/-45° Pol		31	Qtd +45°/-45° Pol		31	Qtd +45°/-45° Pol		30						

Comparison Required C/N Ratio
H/V Polarization x +45°/-45° Polarization

		2-16 16QAM			2-16 QPSK			3-16 QPSK			4-16 QPSK			5-16 QPSK						
Height	Sites	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	Qtd H/V Pol	Qtd +45°/-45° Pol	Sites	Best
2m	1	1.434	1.616	H/V Pol	0.737	1.879	H/V Pol	1.101		-	1.747	1.980	H/V Pol				3	0	1	H/V Pol
	3	2.010		-	-1.372	-0.121	H/V Pol	1.134	0.561	+45°/-45° Pol	1.666	0.160	+45°/-45° Pol	4.700	1.604	+45°/-45° Pol	1	3	3	+45°/-45° Pol
	4	2.389		-	0.603	-0.310	+45°/-45° Pol	2.023	1.631	+45°/-45° Pol	1.302	1.679	H/V Pol	3.444	1.937	+45°/-45° Pol	1	3	4	+45°/-45° Pol
	5		0.913	-	0.896	-0.059	+45°/-45° Pol	1.337		-	1.095	1.517	H/V Pol	1.170		-	1	1	5	Equals
	7	1.888		-	0.395	1.941	H/V Pol	1.217	2.182	H/V Pol	0.872	2.165	H/V Pol		1.267	-	3	0	7	H/V Pol
	8	2.978		-		0.631	-	6.703	3.563	+45°/-45° Pol	5.718	2.994	+45°/-45° Pol	3.368	3.384	H/V Pol	1	2	8	+45°/-45° Pol
	10	0.929	2.609	H/V Pol	0.899	0.551	+45°/-45° Pol	1.277	0.930	+45°/-45° Pol	0.882	0.860	+45°/-45° Pol	1.172	0.919	+45°/-45° Pol	1	4	10	+45°/-45° Pol
	11	2.342		-	0.955	2.781	H/V Pol	1.887	1.660	+45°/-45° Pol	1.400	2.760	H/V Pol	4.440	2.999	+45°/-45° Pol	2	2	11	Equals
	12	3.853		-	-3.988	-1.080	H/V Pol	1.421	1.061	+45°/-45° Pol	2.841	1.503	+45°/-45° Pol	4.070	1.498	+45°/-45° Pol	1	3	12	+45°/-45° Pol
	16	3.855	2.361	+45°/-45° Pol	0.563	-0.415	+45°/-45° Pol	0.937	0.976	H/V Pol	2.836	1.060	+45°/-45° Pol	4.203	1.998	+45°/-45° Pol	1	4	16	+45°/-45° Pol
	18	3.737		-	1.600	-0.520	+45°/-45° Pol	1.486	1.575	H/V Pol	2.013	1.714	+45°/-45° Pol	4.458	2.651	+45°/-45° Pol	1	3	18	+45°/-45° Pol
	19	3.313		-	-1.621	0.425	H/V Pol	1.886	2.238	H/V Pol	1.528	2.696	H/V Pol	3.511	3.287	+45°/-45° Pol	3	1	19	H/V Pol
	21	2.673		-	3.771	2.115	+45°/-45° Pol	2.968	2.345	+45°/-45° Pol	2.883	3.380	H/V Pol	7.764	2.067	+45°/-45° Pol	1	3	21	+45°/-45° Pol
	22	2.584		-	-0.885	1.162	H/V Pol	2.425	1.961	+45°/-45° Pol	2.339	2.865	H/V Pol	3.172	4.517	H/V Pol	3	1	22	H/V Pol
	24	1.991		-	-0.134	-0.202	+45°/-45° Pol	2.594	1.346	+45°/-45° Pol	2.752	2.133	+45°/-45° Pol	2.784	3.332	H/V Pol	1	3	24	+45°/-45° Pol
	26	11.697		-	4.708	8.264	H/V Pol	6.064	5.986	+45°/-45° Pol	11.279	6.775	+45°/-45° Pol	11.774	9.311	+45°/-45° Pol	1	3	26	+45°/-45° Pol
5m	1	1.718	1.381	+45°/-45° Pol	1.998	1.218	+45°/-45° Pol	4.841		-	2.073	1.717	+45°/-45° Pol			-	0	3	1	+45°/-45° Pol
	3	1.717	3.295	H/V Pol	-0.335	-1.279	+45°/-45° Pol	1.071	-0.821	+45°/-45° Pol	1.278	0.955	+45°/-45° Pol	2.409	1.842	+45°/-45° Pol	1	4	3	+45°/-45° Pol
	4	2.506		-	-0.216	1.057	H/V Pol	1.384	2.162	H/V Pol	2.444	2.318	+45°/-45° Pol	3.731	3.672	+45°/-45° Pol	2	2	4	Equals
	5	0.586	4.043	H/V Pol	-0.207	0.033	H/V Pol	0.807	0.488	+45°/-45° Pol	2.708	0.810	+45°/-45° Pol	2.083		-	2	2	5	Equals
	7	3.536	4.057	H/V Pol	0.694	0.995	H/V Pol	1.235	2.091	H/V Pol	3.067	2.835	+45°/-45° Pol	2.246	3.466	H/V Pol	4	1	7	H/V Pol
	8	5.879	1.471	+45°/-45° Pol		-0.364	-	2.370	2.945	H/V Pol	4.710	3.588	+45°/-45° Pol	4.624	5.693	H/V Pol	2	2	8	Equals
	10	2.935	2.256	+45°/-45° Pol	0.603	-0.128	+45°/-45° Pol	1.856	0.861	+45°/-45° Pol	0.825	1.523	H/V Pol	5.048	3.955	+45°/-45° Pol	1	4	10	+45°/-45° Pol
	11	3.033	2.170	+45°/-45° Pol	0.317	-0.439	+45°/-45° Pol	1.741	-0.052	+45°/-45° Pol	2.095	1.190	+45°/-45° Pol	3.894	2.591	+45°/-45° Pol	0	5	11	+45°/-45° Pol
	12	3.012	2.744	+45°/-45° Pol	0.487	-1.313	+45°/-45° Pol	1.866	0.891	+45°/-45° Pol	1.025	2.066	H/V Pol	3.104	3.589	H/V Pol	2	3	12	+45°/-45° Pol
	16	3.075	2.205	+45°/-45° Pol	-0.976	-0.488	H/V Pol	0.730	1.612	H/V Pol	2.307	2.482	H/V Pol	6.605	1.838	+45°/-45° Pol	3	2	16	H/V Pol
	18	3.870	2.195	+45°/-45° Pol	2.872	1.449	+45°/-45° Pol	4.038	2.275	+45°/-45° Pol	2.986	3.479	H/V Pol	4.708	3.762	+45°/-45° Pol	1	4	18	+45°/-45° Pol
	19	3.278	2.728	+45°/-45° Pol	-0.232	0.306	H/V Pol	0.753	1.900	H/V Pol	1.530	1.990	H/V Pol	4.656	3.555	+45°/-45° Pol	3	2	19	H/V Pol
	21	4.950	2.381	+45°/-45° Pol	5.319	4.038	+45°/-45° Pol	5.552	1.902	+45°/-45° Pol	5.316	1.654	+45°/-45° Pol	4.305	4.633	H/V Pol	1	4	21	+45°/-45° Pol
	22	3.326	2.161	+45°/-45° Pol	-0.459	-0.966	+45°/-45° Pol	0.631	1.826	H/V Pol	3.150	1.942	+45°/-45° Pol	3.951	2.879	+45°/-45° Pol	1	4	22	+45°/-45° Pol
	24	2.979		-	-0.530	-1.291	+45°/-45° Pol	1.957	0.735	+45°/-45° Pol	1.684	1.287	+45°/-45° Pol	3.885	3.362	+45°/-45° Pol	0	4	24	+45°/-45° Pol
	26	7.521		-	0.995	3.543	H/V Pol	8.168	4.186	+45°/-45° Pol	6.822	7.346	H/V Pol	3.294	12.859	H/V Pol	3	1	26	H/V Pol
10m	1	1.900	1.353	+45°/-45° Pol	2.951	1.213	+45°/-45° Pol	2.473	1.937	+45°/-45° Pol	3.964	1.585	+45°/-45° Pol	5.060	1.862	+45°/-45° Pol	0	5	1	+45°/-45° Pol
	3	1.518	2.451	H/V Pol	0.247	-1.593	+45°/-45° Pol	-0.255	0.058	H/V Pol	0.793	0.919	H/V Pol	2.916	2.175	+45°/-45° Pol	3	2	3	H/V Pol
	4	2.120		-	-0.397	1.590	H/V Pol	2.453	2.088	+45°/-45° Pol	3.045	0.716	+45°/-45° Pol	2.841	3.358	H/V Pol	2	2	4	Equals
	5	1.255	6.282	H/V Pol	-1.293	-0.797	H/V Pol	0.389	-0.080	+45°/-45° Pol	2.092	1.174	+45°/-45° Pol	1.992		-	2	2	5	Equals
	7	-4.554	4.171	H/V Pol	0.441	1.933	H/V Pol	2.295	3.013	H/V Pol	4.632	2.121	+45°/-45° Pol	4.369	5.835	H/V Pol	4	1	7	H/V Pol
	8	5.761		-		-0.067	-	1.962	1.335	+45°/-45° Pol	3.968	2.203	+45°/-45° Pol	5.247	3.713	+45°/-45° Pol	0	3	8	+45°/-45° Pol
	10		3.555	-			-			-						-	0	0	10	Equals
	11	5.338	1.306	+45°/-45° Pol	0.003	-0.821	+45°/-45° Pol	1.869	-0.535	+45°/-45° Pol	3.846	0.859	+45°/-45° Pol	6.481	2.699	+45°/-45° Pol	0	5	11	+45°/-45° Pol
	12	3.484	1.859	+45°/-45° Pol	-0.793	-0.169	H/V Pol	1.152	1.124	+45°/-45° Pol	1.046	0.473	+45°/-45° Pol	4.092	1.449	+45°/-45° Pol	1	4	12	+45°/-45° Pol
	16	3.237	3.765	H/V Pol	-0.283	-0.670	+45°/-45° Pol	1.259	1.087	+45°/-45° Pol	2.028	1.765	+45°/-45° Pol	3.690	1.987	+45°/-45° Pol	1	4	16	+45°/-45° Pol
	18	6.355	2.278	+45°/-45° Pol	1.670	0.046	+45°/-45° Pol	5.175	2.015	+45°/-45° Pol	4.175	4.346	H/V Pol	7.112	2.864	+45°/-45° Pol	1	4	18	+45°/-45° Pol
	19	3.733	2.371	+45°/-45° Pol	0.276	-0.149	+45°/-45° Pol	1.576	2.983	H/V Pol	2.159	1.371	+45°/-45° Pol	3.654	1.957	+45°/-45° Pol	1	4	19	+45°/-45° Pol
	21	1.936	2.905	H/V Pol	1.248	-0.973	+45°/-45° Pol	2.058	0.662	+45°/-45° Pol	1.141	0.626	+45°/-45° Pol	5.438	1.606	+45°/-45° Pol	1	4	21	+45°/-45° Pol
	22	3.545	3.449	+45°/-45° Pol	-0.009	-0.977	+45°/-45° Pol	1.342	0.800	+45°/-45° Pol	2.881	0.870	+45°/-45° Pol	3.910	3.297	+45°/-45° Pol	0	5	22	+45°/-45° Pol
	24	3.741		-	-0.400	-0.929	+45°/-45° Pol	2.039	1.447	+45°/-45° Pol	2.534	0.496	+45°/-45° Pol	3.475	4.090	H/V Pol	1	3	24	+45°/-45° Pol
	26	13.589		-	7.234	6.561	+45°/-45° Pol	9.096	8.486	+45°/-45° Pol	10.091	5.728	+45°/-45° Pol	13.347	14.224	H/V Pol	1	3	26	+45°/-45° Pol
																	69	134		
		Qtd H/V Pol		10	Qtd H/V Pol		18	Qtd H/V Pol		13	Qtd H/V Pol		16	Qtd H/V Pol		11				
		Qtd +45°/-45° Pol		17	Qtd +45°/-45° Pol		26	Qtd +45°/-45° Pol		31	Qtd +45°/-45° Pol		31	Qtd +45°/-45° Pol		29				

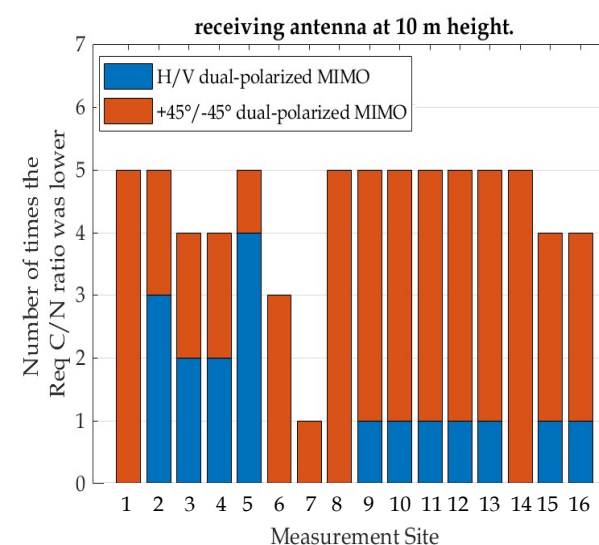
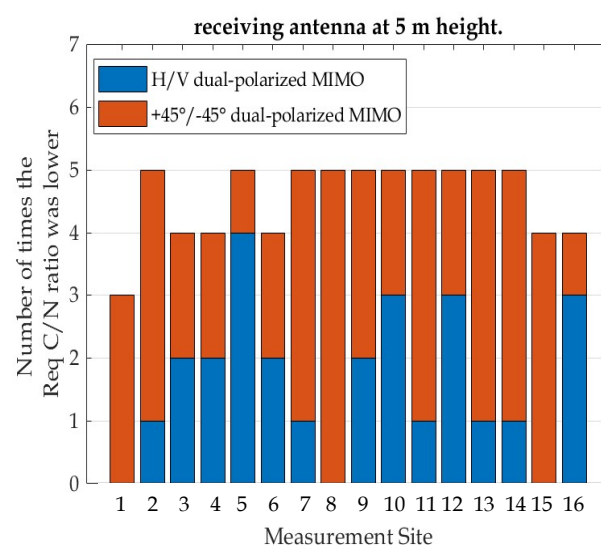
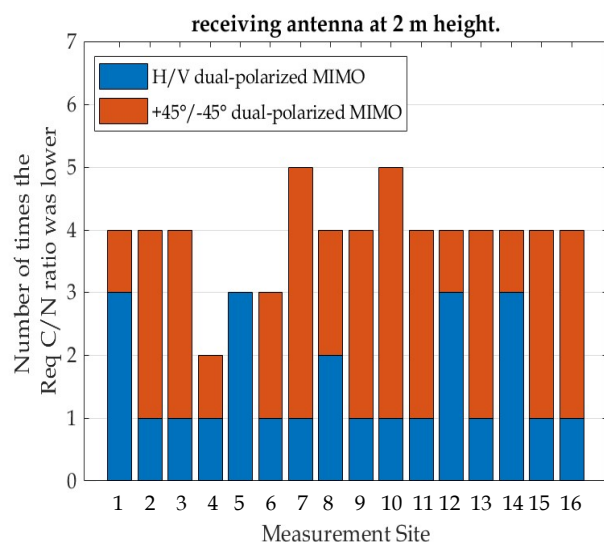
Comparison Required C/N Ratio

Height	Sites	2-16 16QAM			2-16 QPSK			3-16 QPSK			4-16 QPSK			5-16 QPSK			Qtd H/V Pol	Qtd +45°/-45° Pol	Sites	Best
		H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best	H/V Pol	+45°/-45° Pol	Best				
2m	1	1.434	1.616	H/V Pol	0.737	1.879	H/V Pol	1.101		-	1.747	1.980	H/V Pol			3	0	1	H/V Pol	
	3	2.010		-	-1.372	-0.121	H/V Pol	1.134	0.561	+45°/-45° Pol	1.666	0.160	+45°/-45° Pol	4.700	1.604	+45°/-45° Pol	1	3	3	+45°/-45° Pol
	4	2.389		-	0.603	-0.310	+45°/-45° Pol	2.023	1.631	+45°/-45° Pol	1.302	1.679	H/V Pol	3.444	1.937	+45°/-45° Pol	1	3	4	+45°/-45° Pol
	5		0.913	-	0.896	-0.059	+45°/-45° Pol	1.337		-	1.095	1.517	H/V Pol	1.170		-	1		5	Equals
	7	1.888		-	0.395	1.941	H/V Pol	1.217	2.182	H/V Pol	0.872	2.165	H/V Pol		1.267	-	3	0	7	H/V Pol
	8	2.978		-		0.631	-	6.703	3.563	+45°/-45° Pol	5.718	2.994	+45°/-45° Pol	3.368	3.384	H/V Pol	1	2	8	+45°/-45° Pol
	10	0.929	2.609	H/V Pol	0.899	0.551	+45°/-45° Pol	1.277	0.930	+45°/-45° Pol	0.882	0.860	+45°/-45° Pol	1.172	0.919	+45°/-45° Pol	1	4	10	+45°/-45° Pol
	11	2.342		-	0.955	2.781	H/V Pol	1.887	1.660	+45°/-45° Pol	1.400	2.760	H/V Pol	4.440	2.999	+45°/-45° Pol	2	2	11	Equals
	12	3.853		-	-3.988	-1.080	H/V Pol	1.421	1.061	+45°/-45° Pol	2.841	1.503	+45°/-45° Pol	4.070	1.498	+45°/-45° Pol	1	3	12	+45°/-45° Pol
	16	3.855	2.361	+45°/-45° Pol	0.563	-0.415	+45°/-45° Pol	0.937	0.976	H/V Pol	2.836	1.060	+45°/-45° Pol	4.203	1.998	+45°/-45° Pol	1	4	16	+45°/-45° Pol
	18	3.737		-	1.600	-0.520	+45°/-45° Pol	1.486	1.575	H/V Pol	2.013	1.714	+45°/-45° Pol	4.458	2.651	+45°/-45° Pol	1	3	18	+45°/-45° Pol
	19	3.313		-	-1.621	0.425	H/V Pol	1.886	2.238	H/V Pol	1.528	2.696	H/V Pol	3.511	3.287	+45°/-45° Pol	3	1	19	H/V Pol
	21	2.673		-	3.771	2.115	+45°/-45° Pol	2.968	2.345	+45°/-45° Pol	2.883	3.380	H/V Pol	7.764	2.067	+45°/-45° Pol	1	3	21	+45°/-45° Pol
	22	2.584		-	-0.885	1.162	H/V Pol	2.425	1.961	+45°/-45° Pol	2.339	2.865	H/V Pol	3.172	4.517	H/V Pol	3	1	22	H/V Pol
	24	1.991		-	-0.134	-0.202	+45°/-45° Pol	2.594	1.346	+45°/-45° Pol	2.752	2.133	+45°/-45° Pol	2.784	3.332	H/V Pol	1	3	24	+45°/-45° Pol
	26	11.697		-	4.708	8.264	H/V Pol	6.064	5.986	+45°/-45° Pol	11.279	6.775	+45°/-45° Pol	11.774	9.311	+45°/-45° Pol	1	3	26	+45°/-45° Pol
5m	1	1.718	1.381	+45°/-45° Pol	1.998	1.218	+45°/-45° Pol	4.841		-	2.073	1.717	+45°/-45° Pol			-	0	3	1	+45°/-45° Pol
	3	1.717	3.295	H/V Pol	-0.335	-1.279	+45°/-45° Pol	1.071	-0.821	+45°/-45° Pol	1.278	0.955	+45°/-45° Pol	2.409	1.842	+45°/-45° Pol	1	4	3	+45°/-45° Pol
	4	2.506		-	-0.216	1.057	H/V Pol	1.384	2.162	H/V Pol	2.444	2.318	+45°/-45° Pol	3.731	3.672	+45°/-45° Pol	2	2	4	Equals
	5	0.586	4.043	H/V Pol	-0.207	0.033	H/V Pol	0.807	0.488	+45°/-45° Pol	2.708	0.810	+45°/-45° Pol	2.083		-	2	2	5	Equals
	7	3.536	4.057	H/V Pol	0.694	0.995	H/V Pol	1.235	2.091	H/V Pol	3.067	2.835	+45°/-45° Pol	2.246	3.466	H/V Pol	4	1	7	H/V Pol
	8	5.879	1.471	+45°/-45° Pol		-0.364	-	2.370	2.945	H/V Pol	4.710	3.588	+45°/-45° Pol	4.624	5.693	H/V Pol	2	2	8	Equals
	10	2.935	2.256	+45°/-45° Pol	0.603	-0.128	+45°/-45° Pol	1.856	0.861	+45°/-45° Pol	0.825	1.523	H/V Pol	5.048	3.955	+45°/-45° Pol	1	4	10	+45°/-45° Pol
	11	3.033	2.170	+45°/-45° Pol	0.317	-0.439	+45°/-45° Pol	1.741	-0.052	+45°/-45° Pol	2.095	1.190	+45°/-45° Pol	3.894	2.591	+45°/-45° Pol	0	5	11	+45°/-45° Pol
	12	3.012	2.744	+45°/-45° Pol	0.487	-1.313	+45°/-45° Pol	1.866	0.891	+45°/-45° Pol	1.025	2.066	H/V Pol	3.104	3.589	H/V Pol	2	3	12	+45°/-45° Pol
	16	3.075	2.205	+45°/-45° Pol	-0.976	-0.488	H/V Pol	0.730	1.612	H/V Pol	2.307	2.482	H/V Pol	6.605	1.838	+45°/-45° Pol	3	2	16	H/V Pol
	18	3.870	2.195	+45°/-45° Pol	2.872	1.449	+45°/-45° Pol	4.038	2.275	+45°/-45° Pol	2.986	3.479	H/V Pol	4.708	3.762	+45°/-45° Pol	1	4	18	+45°/-45° Pol
	19	3.278	2.728	+45°/-45° Pol	-0.232	0.306	H/V Pol	0.753	1.900	H/V Pol	1.530	1.990	H/V Pol	4.656	3.555	+45°/-45° Pol	3	2	19	H/V Pol
	21	4.950	2.381	+45°/-45° Pol	5.319	4.038	+45°/-45° Pol	5.552	1.902	+45°/-45° Pol	5.316	1.654	+45°/-45° Pol	4.305	4.633	H/V Pol	1	4	21	+45°/-45° Pol
	22	3.326	2.161	+45°/-45° Pol	-0.459	-0.966	+45°/-45° Pol	0.631	1.826	H/V Pol	3.150	1.942	+45°/-45° Pol	3.951	2.879	+45°/-45° Pol	1	4	22	+45°/-45° Pol
	24	2.979		-	-0.530	-1.291	+45°/-45° Pol	1.957	0.735	+45°/-45° Pol	1.684	1.287	+45°/-45° Pol	3.885	3.362	+45°/-45° Pol	0	4	24	+45°/-45° Pol
	26	7.521		-	0.995	3.543	H/V Pol	8.168	4.186	+45°/-45° Pol	6.822	7.346	H/V Pol	3.294	12.859	H/V Pol	3	1	26	H/V Pol
10m	1	1.900	1.353	+45°/-45° Pol	2.951	1.213	+45°/-45° Pol	2.473	1.937	+45°/-45° Pol	3.964	1.585	+45°/-45° Pol	5.060	1.862	+45°/-45° Pol	0	5	1	+45°/-45° Pol
	3	1.518	2.451	H/V Pol	0.247	-1.593	+45°/-45° Pol	-0.255	0.058	H/V Pol	0.793	0.919	H/V Pol	2.916	2.175	+45°/-45° Pol	3	2	3	H/V Pol
	4	2.120		-	-0.397	1.590	H/V Pol	2.453	2.088	+45°/-45° Pol	3.045	0.716	+45°/-45° Pol	2.841	3.358	H/V Pol	2	2	4	Equals
	5	1.255	6.282	H/V Pol	-1.293	-0.797	H/V Pol	0.389	-0.080	+45°/-45° Pol	2.092	1.174	+45°/-45° Pol	1.992		-	2	2	5	Equals
	7	-4.554	4.171	H/V Pol	0.441	1.933	H/V Pol	2.295	3.013	H/V Pol	4.632	2.121	+45°/-45° Pol	4.369	5.835	H/V Pol	4	1	7	H/V Pol
	8	5.761		-		-0.067	-	1.962	1.335	+45°/-45° Pol	3.968	2.203	+45°/-45° Pol	5.247	3.713	+45°/-45° Pol	0	3	8	+45°/-45° Pol
	10		3.555	-			-			-					-	0	0	10	Equals	
	11	5.338	1.306	+45°/-45° Pol	0.003	-0.821	+45°/-45° Pol	1.869	-0.535	+45°/-45° Pol	3.846	0.859	+45°/-45° Pol	6.481	2.699	+45°/-45° Pol	0	5	11	+45°/-45° Pol
	12	3.484	1.859	+45°/-45° Pol	-0.793	-0.169	H/V Pol	1.152	1.124	+45°/-45° Pol	1.046	0.473	+45°/-45° Pol	4.092	1.449	+45°/-45° Pol	1	4	12	+45°/-45° Pol
	16	3.237	3.765	H/V Pol	-0.283	-0.670	+45°/-45° Pol	1.259	1.087	+45°/-45° Pol	2.028	1.765	+45°/-45° Pol	3.690	1.987	+45°/-45° Pol	1	4	16	+45°/-45° Pol
	18	6.355	2.278	+45°/-45° Pol	1.670	0.046	+45°/-45° Pol	5.175	2.015	+45°/-45° Pol	4.175	4.346	H/V Pol	7.112	2.864	+45°/-45° Pol	1	4	18	+45°/-45° Pol
	19	3.733	2.371	+45°/-45° Pol	0.276	-0.149	+45°/-45° Pol	1.576	2.983	H/V Pol	2.159	1.371	+45°/-45° Pol	3.654	1.957	+45°/-45° Pol	1	4	19	+45°/-45° Pol
	21	1.936	2.905	H/V Pol	1.248	-0.973	+45°/-45° Pol	2.058	0.662	+45°/-45° Pol	1.141	0.626	+45°/-45° Pol	5.438	1.606	+45°/-45° Pol	1	4	21	+45°/-45° Pol
	22	3.545	3.449	+45°/-45° Pol	-0.009	-0.977	+45°/-45° Pol	1.342	0.800	+45°/-45° Pol	2.881	0.870	+45°/-45° Pol	3.910	3.297	+45°/-45° Pol	0	5	22	+45°/-45° Pol
	24	3.741		-	-0.400	-0.929	+45°/-45° Pol	2.039	1.447	+45°/-45° Pol	2.534	0.496	+45°/-45° Pol	3.475	4.090	H/V Pol	1	3	24	+45°/-45° Pol
	26	13.589		-	7.234	6.561	+45°/-45° Pol	9.096	8.486	+45°/-45° Pol	10.091	5.728	+45°/-45° Pol	13.347	14.224	H/V Pol	1	3	26	+45°/-45° Pol
																69	134			

Análise do Limiar de C/N na polarização Slant

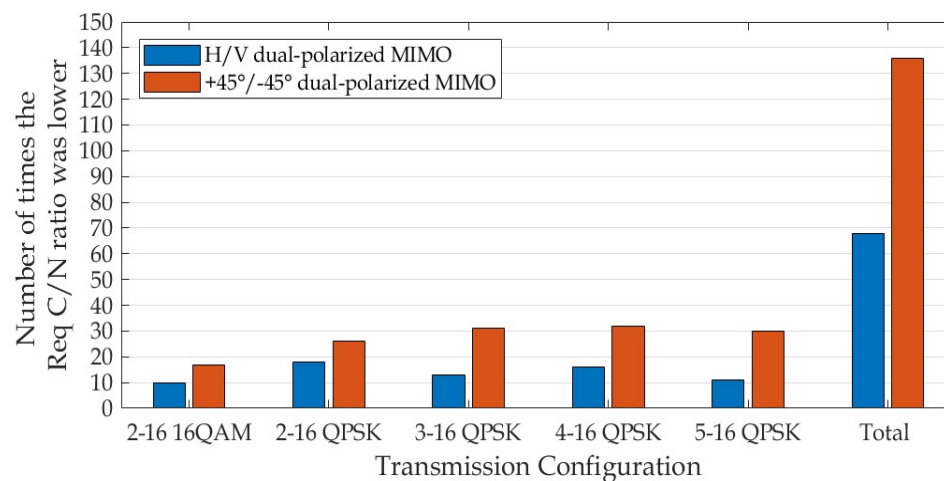
Os valores de limiar de C/N com polarização slant foram melhores do que com polarização H/V em todas as alturas da antena receptora.

Best C/N ratio at each measurement site all configurations



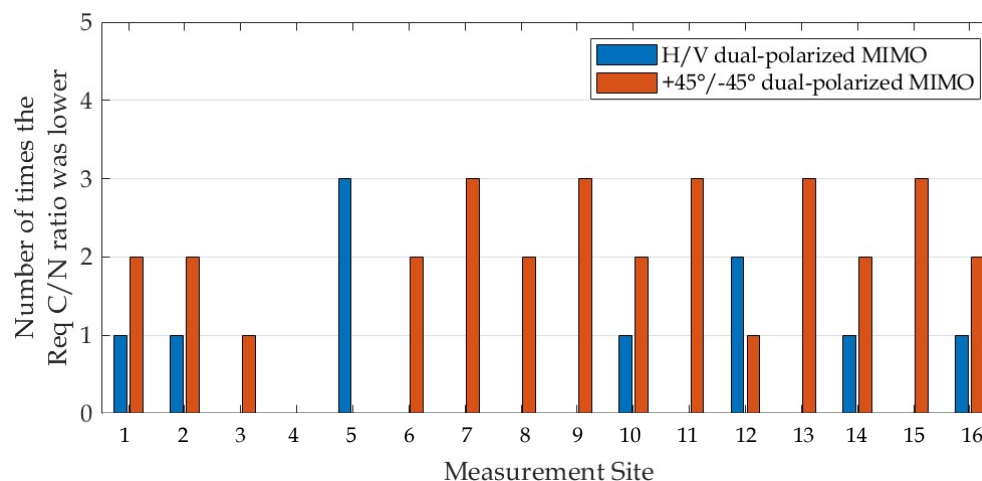
Análise do Limiar de C/N na polarização Slant

Os valores de limiar de C/N com polarização slant foram melhores do que com polarização H/V em todas as configurações do transmissor.



Análise do Limiar de C/N na polarização Slant

Os valores de limiar de C/N com polarização slant foram melhores do que com polarização H/V em quase todos os pontos de medição.



> REPLACE THIS LINE WITH YOUR MANUSCRIPT ID NUMBER (DOUBLE-CLICK HERE TO EDIT) <

1

Advanced ISDB-T - Next Generation Digital TV System: Field Test Performance in Brazil

Leonardo H. Gonsioroski, Amanda B. Santos, Natalia C. Fernandes, Pedro V. Gonzalez Castellanos, Leni J. Matos, Dianne S. V. Medeiros, Diogo M. F. Mattos, Luiz A. R. da Silva Mello

Abstract— The next-generation TV broadcasting systems must answer the demand for better audio and video quality, higher accessibility and interactivity, and personalized services on fixed and mobile TV devices. In Brazil, laboratory and field measurements tests are being performed to evaluate the performance of candidate technologies'. The Advanced ISDB-T is a promising technology from the Japan Broadcasting Corporation (NHK). It evolves from the current ISDB-T standard, already adopted in Brazil, increasing the system's flexibility, robustness, and spectrum efficiency. It also includes MIMO technologies to allow for high transmission rates. This work assesses the Advanced ISDB-T system performance in field tests, considering a 2x2 MIMO transmission through a Rayleigh channel, considering the requirements defined for the next generation of Brazilian Digital TV systems. We evaluate the channel power, threshold C/N ratio, and reception threshold on 20 measurement sites, including indoor and outdoor reception. The measurements of the parameter Condition Number, that quantifies the suitability of the radio channel for MIMO transmission, indicate that the channel was

pr
He
de
int
tec
br
diq

(S
[1
Br
SE
ini
of
sy:
tec

> REPLACE THIS LINE WITH YOUR MANUSCRIPT ID NUMBER (DOUBLE-CLICK HERE TO EDIT) <

1

Performance Analysis of the Advanced ISDB-T System with Low-Rate LDPC Codes

Leonardo H. Gonsioroski, Amanda B. Santos, Natalia C. Fernandes, Pedro V. Gonzalez Castellanos, Leni J. Matos, Luiz A. R. da Silva Mello

Abstract—Several researches have been developed on the application of low-density parity check (LDPC) code for forward error correction (FEC) in next generation of digital terrestrial broadcasting systems in order to allow transmission of high-volume content services, such as ultra-high-speed television definition (UHDTV). In this article the performance of the LDPC codes used by the Advanced ISDB-T system with 2x2 MIMO transmission is investigated in Brazil. Channel power, Signal-to-noise ratio threshold and receiving threshold was measured for four different low-rates LDPC code and two different types of modulation and three different receiving antenna heights. Field measurements are carried out at various outdoor measurement sites in urban areas.

Index Terms— low-density parity-check (LDPC), Advanced ISDB-T, multiple-input-multiple-output (MIMO), DTTB,

These technol
of forward error
Density Parity-Cl
capacity, for imp
signal reception n
of the propagatio
good bit error (BE
cause an error flo
cause serious issu
audio [5]. To reso
concatenated FE
code and Bose-C
code is used in D'

> REPLACE THIS LINE WITH YOUR MANUSCRIPT ID NUMBER (DOUBLE-CLICK HERE TO EDIT) <

1

A Study of the Effects of Slant Polarization on Reception for Next-Generation Digital Terrestrial TV Broadcasting

Leonardo H. Gonsioroski, Amanda B. Santos, Natalia C. Fernandes, Leni J. Matos, Luiz A. R. da Silva Mello, Alberto Botelho

Abstract— With the continuous technological evolution of wireless communication systems, television broadcasters are looking for technological alternatives that allow them to improve the user experience by providing more accessible, personalized and interactive services, on fixed and mobile devices, in addition to increasing the quality of audio and video. Within this context, Japan Broadcasting Corporation (NHK) has been conducting

and greater spectral efficiency, motivated the migration from analogue to digital broadcasting.

With the continuous technological evolution of wireless communication systems and the rapid growth of the internet, a diverse media landscape and a wide variety of services have changed the daily lives and expectations of users, which have

Análise do sistema usando modulação com constelação Não Uniforme.

- 12 pontos de medição outdoor
- 1 altura da antena receptora (10 m)
- 1 MODCOD (2/16 – 16QAM)
- 1 Polarização (+45°/-45°)

Obrigado!



The image shows a business card for Leonardo Henrique Gonsioroski, a Doctor in Telecommunications Engineering and Researcher. The card is presented in two identical, overlapping views. The left side of the card features a blue and white abstract graphic. The right side contains the following information:

Logo: The logo of the Universidade Estadual do Maricá (UEMA) is displayed, featuring a shield with a star and the motto "SCIENTIA AD VITAM". Below it is the logo of the Programa de Engenharia de Comunicações (PECS).

Name: **Leonardo Henrique Gonsioroski**

Title: Doutor em Engenharia de Telecomunicações
Pesquisador

Contact Information:

- Website: www.geticom.com
- Email: leonardo.gonsioroski@geticom.com
- Phone: (98) 9 8347-1218

Each contact item is accompanied by a small icon: a globe for the website, an envelope for email, and a telephone handset for the phone number.