

# Testes de Campo com Sistema 5G Broadcast no Brasil

Amanda Beatriz Cunha dos Santos, Leonardo Henrique Gonsioroski, Natália C. Fernandes, Luiz da Silva Mello

**Resumo**— A televisão tem sido a plataforma de melhor custo-benefício para informar, educar e entreter as pessoas em todo o mundo. Nos últimos anos novos padrões de TV Digital avançados vêm sendo desenvolvidos e implementados. O Brasil vem avaliando essas novas tecnologias como forma de estruturar e desenvolver seu novo padrão de TV digital de próxima geração. Este trabalho apresenta os resultados dos testes de campo com a tecnologia que vem sendo desenvolvida pelo 3rd Generation Partnership Project (3GPP), o 5G Broadcast. Foram realizadas medições *outdoor* no canal de 568 MHz em 11 pontos *outdoor* e 2 pontos *indoor* da cidade do Rio de Janeiro. Resultados potência recebida, limiar de relação CNR e de limiar de recepção são apresentados.

**Palavras-Chave**— 5G Broadcast, TV Digital, FeMBMS.

**Abstract**— Television has been the most cost-effective platform for informing, educating and entertaining people around the world. In recent years new advanced Digital TV standards have been developed and implemented. Brazil has been evaluating these new technologies as a way of structuring and developing its new next-generation digital TV standard. This work presents the results of field tests with the technology being developed by 3rd Generation Partnership Project (3GPP), the 5G Broadcast. Outdoor measurements were carried out on the 568 MHz channel at 11 outdoor points and 2 indoor points in the city of Rio de Janeiro. Power received, CNR ratio threshold and reception threshold results are presented.

**Keywords**— 5G Broadcast, Digital TV, FeMBMS.

## I. INTRODUÇÃO

Vivemos um momento de transformação e evolução tecnológica impulsionado pelos avanços na ciência de dados e nas telecomunicações, especialmente nas comunicações móveis. A quinta geração das comunicações móveis (5G) traz consigo um conjunto de vantagens que afetam diferentes áreas de negócio, assim, nos próximos anos, veremos uma revolução significativa nos mais diversos setores da economia mundial e vamos experimentar uma ampla gama de soluções tecnológicas.

Da mesma forma, os sistemas de *broadcasting* de todo mundo têm evoluído, buscando se adequar as exigências dos usuários e elevando a qualidade dos serviços oferecidos. Assim, a qualidade de áudio e vídeo, recepção em dispositivos fixos e móveis, acessibilidade dos serviços, personalização e

Amanda Santos, Centro de Estudos em Telecomunicações-CETUC, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, e-mail: amandabiacs@gmail.com; Leonardo Gonsioroski, Departamento de Engenharia de Computação, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís - MA, e-mail: gonsioroski@uema.br; Natália Fernandes, Departamento de Engenharia Elétrica e de Telecomunicações, Universidade Federal Fluminense, e-mail: nataliafc@id.uff.br; Luiz da Silva Mello, Centro de Estudos em Telecomunicações-CETUC, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, e-mail: larsmello@cetuc.puc-rio.br. Este trabalho foi parcialmente financiado por Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); e por Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) processo (152361/2020-0).

interatividade são requisitos que devem ser atendidos pelos novos padrões de TV Digital.

No Brasil, o Ministério das Comunicações incumbiu o Fórum do Sistema Brasileiro de Televisão Digital Terrestre (Fórum SBTVD) de coordenar o Projeto TV 3.0, com objetivo de desenvolver e implementar a próxima geração do padrão de TV Digital brasileiro. O Fórum SBTVD definiu os requisitos obrigatórios para as tecnologias candidatas, considerando a Camada Física *Over-The-Air*, Camada de Transporte, Codificação de Vídeo, Codificação de Áudio, Legendas e Codificação de Aplicativo [1] e lançou uma Chamada de Propostas (CfP) em julho de 2020 [2]. Com isso, quatro diferentes tecnologias se candidataram para as avaliações de camada física dentro do Projeto TV 3.0: o padrão japonês ISDB-T Avançado (*Advanced Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial*) desenvolvido pela DiBEG [3], o padrão norte-americano ATSC 3.0 (*Advanced Television Systems Committee*) [4], o padrão chinês DTMB-A (*Digital Terrestrial Multimedia Broadcast-Advanced*) desenvolvido pela DTNEL [5] e a tecnologia de 5G Broadcast, baseada no padrão de transmissão conhecido como Serviço Aprimorado de Transmissão/Multidifusão Multimídia (FeMBMS, *Further evolved Multimedia Broadcast Multicast Service*), definido no Release 14 do 3GPP [6], que tem sido desenvolvido e aprimorado pelo grupo de empresas Qualcomm/Rohde & Schwarz e GmbH/Kathrein.

Dentre os requisitos de camada física impostos pelo Projeto TV 3.0, as tecnologias candidatas deveriam ser capazes de: operar com esquema de Reuso-1, o que gera a necessidade do sistema ser robusto o suficiente para trabalhar com  $\text{CNR} \leq 0$  dB; utilização de antenas transmissoras e receptoras com Múltiplas Entradas e Múltiplas Saídas (MIMO, *Multiple Input Multiple Output*) 2x2 e alcançar taxas de transmissão que suportem imagens com Ultra-Alta Definição (UHD, *Ultra-High Definition*).

Neste trabalho apresentaremos os resultados preliminares dos testes de campo com a tecnologia 5G Broadcast, que foram realizados de forma a investigar o desempenho da tecnologia frente aos requisitos de camada física exigidos no Projeto TV 3.0. As medições foram realizadas com antenas horizontalmente polarizadas. O transmissor foi instalado no topo do morro de Sumaré na cidade do Rio de Janeiro, a 800 metros acima do nível do mar e a recepção foi feita em 11 pontos *outdoor* e 2 pontos *indoor* da cidade com antenas de recepção colocada a aproximadamente 2 metros de altura acima do solo.

O cenário de teste apresenta topografia heterogênea e uma paisagem irregular, com muitas regiões de sombra eletromagnética onde a difração desempenha um papel importante no planejamento da cobertura. Foram avaliados

diversos cenários ao ar livre, recepção em regiões próximas ao mar, cânions de edificações com e sem tráfego de veículos e regiões com vegetação significativa.

O desempenho do sistema foi avaliado obtendo-se a potência de recepção em diversos pontos da cidade do Rio de Janeiro, o limiar de Relação Portadora-Ruído (CNR, *Carrier-Noise Ratio*) e o limiar de recepção em que o sistema era capaz de operar com taxa de erro de pacotes igual a zero.

A Seção II apresenta a evolução da tecnologia 5G Broadcast ao longo dos últimos anos e suas principais características sistêmicas. A Seção III discute como foram realizados os testes de campo de camada física com a tecnologia no Brasil. A Seção IV discute os resultados. A Seção V conclui o artigo.

## II. TECNOLOGIA 5G BROADCAST

O 5G Broadcast é baseado no FeMBMS que permite a distribuição de conteúdo de mídia linear em células de até 60 quilômetros de raio, mantendo o tradicional esquema de radiodifusão Torres Altas e Potências Altas (HPHT, *High-Power High-Tower*). É capaz de fornecer serviços audiovisuais *free-to-air* de um ou diferentes transmissores de Redes de Frequência Única (SFN, *Single Frequency Networks*) para vários receptores usando o chipset 4G/5G já presente no *smartphone* para receber serviços lineares de TV e rádio.

### A. Evolução

Os primeiros passos para utilizar as redes de comunicações celulares para transmitir serviços de *multicast e broadcast*, foram dados pelo Projeto de Parceria de 3ª geração (3GPP, *3rd Generation Partnership Project*) ainda na terceira geração de sistemas de comunicações móveis (3G). Na época o 3GPP padronizou os Serviços *Multicast* de Transmissão Multimídia evoluídos (eMBMS, *evolved Multimedia Broadcast Multicast Services*) em seu *Release 9*, com objetivo de fornecer serviços de transmissão ao vivo de alta qualidade para um grande número de usuários simultâneos. Esse padrão ficou conhecido como *LTE Broadcast* [7].

Como o eMBMS foi planejado para uso em uma rede celular com várias Torres Baixas de Baixa Potência (LPLT, *Low-Power Low-Tower*), o 3GPP passou a focar no desenvolvimento de uma Rede *Multicast/Broadcast* de Frequência Única (MBSFN, *Multicast/Broadcast Single-Frequency Network*) e algumas melhorias funcionais para eMBMS. Mas apenas em 2017, a fim de ampliar as aplicações do eMBMS para cobrir redes HPHT, o 3GPP apresenta no *Release 14* a evolução do eMBMS, que foi chamado de FeMBMS e inclui uma série de inovações necessárias para oferecer serviços de *broadcasting* terrestre de alta qualidade sobre a estrutura eMBMS, incluindo recursos especiais para emissoras. Esse serviço ficou conhecido como *LTE eTV (enhanced TV)*.

O FeMBMS é um desenvolvimento adicional do modo de transmissão LTE eMBMS, que permite a distribuição eficiente de serviços de transmissão ao vivo de alta qualidade, bibliotecas de mídia e redes sociais para milhões de dispositivos conectados. Ao implantar uma topologia de rede HPHT como uma sobreposição para redes celulares, a distribuição de conteúdo de mídia e entretenimento será mais eficiente e econômica em comparação com as atuais estruturas de rede móvel. Este conceito permite uma nova dimensão de eficiência porque o conteúdo *multicast* consome a capacidade da rede apenas uma

vez enquanto entrega conteúdo para centenas ou mesmo milhares de assinantes ao mesmo tempo enviados por um único transmissor.

Apesar dessas melhorias, o FeMBMS possuía algumas limitações para ser transmitido em 5G, pois não atendia a todos os requisitos do *Release 15* do 3GPP [8], tais como, suporte à cobertura de grandes áreas do SFN para estações com raio de célula de 100 km e para dar suporte à mobilidade de até 250 km/h. Dessa forma, em 2019, é apresentado no *Release 16* do 3GPP [9], importantes melhorias para que a capacidade do FeMBMS fosse aprimorada o suficiente para satisfazer todos os requisitos para transmissão em 5G, passando a se chamar *LTE-based 5G Terrestrial Broadcasting*, que também ficou popularmente conhecido como *5G Broadcast*.

No *Release 17* [10] o 3GPP especificou melhorias na arquitetura 5G usando a interface aérea *New Radio (NR)* para os serviços de *multicast/broadcast*, passando assim a ser chamado de Serviço *Multicast and Broadcast (MBS, Multicast and Broadcast Service)*. Nos *Releases 18 e 19*, o 3GPP tem desenvolvido estudos e trabalhos normativos para MBS para aprimorar ainda mais a arquitetura 5G MBS.

### B. Arquitetura 5G Broadcast

A Figura 1 mostra de forma simplificada a arquitetura de rede do 5G Broadcast. A rede núcleo é chamada de Central de Controle e Serviço *Broadcast (BSCC, Broadcast Service and Control Center)* e possui três entidades lógicas específicas: o Centro de Serviço *Broadcast/Multicast (BM-SC, Broadcast/Multicast Service Center)*, o MBMS-GW (MBMS-Gateway) e a Entidade de Coordenação *Multicell/multicast (MCE, Multicell/multicast Coordination Entity)*.

O BM-SC é o ponto de entrada do conteúdo no EPC (*Evolved Packet Core*) e é responsável, dentre outras coisas, pelo gerenciamento do tráfego, pela configuração da transmissão e autenticação e criptografia do usuário e pela sincronização dos dados transmitidos entre as estações base LTE (eNBs) para MBSFN.

O MBMS-GW está localizado entre o BM-SC e todos os eNBs, e distribui os dados eMBMS para estações base usando IP *multicast* e gera sinalização de controle de sessão para a entidade de gerenciamento de mobilidade (interface de plano de usuário M1). Quando o BM-SC inicia uma sessão, o MBMS-GW aloca um endereço IP *multicast* ao qual os eNBs devem se juntar para receber os dados.

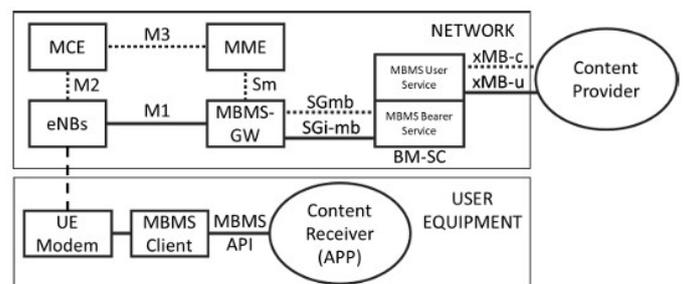


Fig. 1. Arquitetura simplificada do Sistema 5G Broadcast [6].

O MCE é responsável por coordenar o uso da transmissão MBSFN dentro da mesma área MBSFN. Aloca recursos de

rádio em tempo e frequência para eMBMS e decide a configuração da transmissão de rádio. O MCE pode ser centralizado em uma única entidade lógica ou distribuído e implementado em todos os eNBs.

O MBMS-API é uma interface de programação de aplicativos eMBMS entre o cliente MBMS e o aparelho que receberá o conteúdo (*smartphone*, TV, etc), enquanto a interface xMB é a interface de programação entre o provedor de conteúdo e a BM-SC.

### C. Quadro OFDM

No *Release 14* a estrutura de quadro OFDM do eMBMS possuía variações de espaçamento de subportadoras de 1,25 kHz a 15 kHz e de prefixo cíclico estendido que iam de 16,66  $\mu$ s até 200  $\mu$ s, conforme mostrado na Tabela I. No *Release 16*, dois novos modos com espaçamento de subportadora de 0,37 kHz e duração de CP de 300  $\mu$ s, e 2,5 kHz com duração de CP de 100  $\mu$ s, são adicionados para o suporte de grande distância entre locais SFN e espaçamento de subportadora de 2,5 kHz para o suporte de alta mobilidade, respectivamente.

TABELA I. PARÂMETROS OFDM DO 5G BROADCAST [11].

Release 3GPP	Espaçamento entre sub-portadoras	Duração do Símbolo OFDM	Tamanho do Prefixo Cíclico	Distância entre Células
14	15 kHz	66,6 $\mu$ s	16,6 $\mu$ s	5 km
	7,5 kHz	133,3 $\mu$ s	33,3 $\mu$ s	10 km
	1,25 kHz	800 $\mu$ s	200 $\mu$ s	60 km
16	2,5 kHz	400 $\mu$ s	100 $\mu$ s	30 km
	0,37 kHz	2700 $\mu$ s	300 $\mu$ s	90 km

### D. Esquema de Modulação e Codificação

O 5G Broadcast adota códigos turbo como e QPSK são atualmente adotados. A capacidade do canal de 5 MHz para as diferentes Esquemas de Modulação e Codificação (MCS, *Modulation and Coding Schemes*) permitidas pelo sistema 5G Broadcast foram derivadas do 3GPP TS 36.213 versão 16.3.0 *Release 16* [15]. A Tabela II apresenta os valores de taxa de código e a capacidade de transmissão para os esquemas que utilizam modulação QPSK.

TABELA II. PARÂMETROS OFDM DO 5G BROADCAST [12].

Índice MCS	Modulação	Codificação	Capacidade (Mbps) no canal de 5MHz
0	QPSK	0,113	0,663
1	QPSK	0,151	0,881
2	QPSK	0,183	1,069
3	QPSK	0,236	1,381
4	QPSK	0,300	1,755
5	QPSK	0,369	2,161
6	QPSK	0,433	2,535
7	QPSK	0,519	3,034
8	QPSK	0,583	3,409
9	QPSK	0,668	3,908

## III. TESTES NO BRASIL

Durante a fase 2 do projeto TV 3.0, testes de camada física *over-the-air* foram realizados na cidade do Rio de Janeiro com as quatro tecnologias candidatas selecionadas da fase 1. Este artigo apresenta os resultados preliminares dos testes realizados com o *Release 14* da tecnologia 5G Broadcast.

### A. Setup de Transmissão

A infraestrutura de transmissão foi montada no morro do sumaré e a antena de transmissão foi posicionada a aproximadamente 800 m de altura. Além da antena, o setup de transmissão contou com um *gateway* BSCC, um *encoder* SDE900, um amplificador de potência PMU901-UHF e um transmissor TCE 901 operando a 200W de potência. Todos os equipamentos eram da marca Rohde & Schwarz. A Figura 2 mostra a instalação do transmissor 5G Broadcast. A configuração aplicada ao transmissor está na Tabela III. Usando essa configuração, a taxa de dados nominal apresentada no transmissor foi de 3,886 Mbps ligeiramente diferente da apresentada na Tabela II. O sistema testado operava apenas em configuração SISO.



Fig. 2. Setup de Transmissão do sistema 5G Broadcast.

TABELA III. PARÂMETROS OFDM DO 5G BROADCAST [12].

Modulação	QPSK
Constelação	Constelação Uniforme
Correção de Erro	Codificação Turbo com taxa de codificação de 0,668 no receptor
FFT	512, separação da sub-portadora de 1,25 kHz
Relação GI	Prefixo Cíclico Prolongado - 200 $\mu$ s
Largura de Banda	5MHz
MCS	02 e 09
Taxa de Bits	3.886 Mbps@SISO

### B. Setup de Recepção

A infraestrutura de recepção foi montada em uma unidade móvel. Dentro da unidade móvel o setup de recepção foi organizado de forma a atender os testes exigidos no escopo do Projeto TV 3.0.

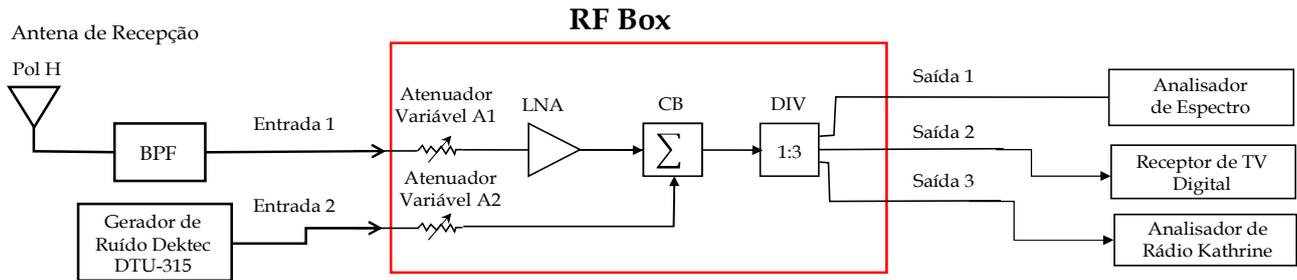


Fig. 3. Caixa de RF.

O setup de recepção era formado por um GPS, uma antena omnidirecional, um gerador de sinal Dektec modelo DTU-315, um analisador de rádio TSMW com *software* Kathrine SW KSA, computadores, uma caixa de RF, além de filtros, cabos e adaptadores. O gerador de sinal Dektec modelo DTU-315 era utilizado para gerar um sinal AWGN que seria somado ao sinal recebido durante a avaliação de limiar de relação CNR. A caixa de RF foi um acessório montado para permitir as análises de limiar de relação CNR e limiar de recepção. Dentro da caixa de RF, temos um combinador e um divisor de RF, dois atenuadores variáveis e um amplificador de baixo ruído (LNA, *Low Noise Amplifier*). A estrutura da caixa de RF é mostrada na Figura 3.

Testes em laboratório forneceram o ganho LNA igual a 23 dB, para faixa de operação de 568 MHz. Foi realizada uma calibração de toda a caixa de RF para avaliar ganhos/perdas do sinal recebido e do ruído inserido em cada uma das três saídas da caixa de RF. Esses resultados são apresentados na Tabela IV. O sinal recebido pela antena após passar pelos filtros passa pelo atenuador, depois pelo LNA e é enviado para o analisador de sinal com o *software* Kathrine SW KSA e um analisador de espectro. O analisador da Kathrine registra e mede a potência recebida, a taxa de erro de modulação (MER, *Modulation Error Rate*), a taxa de erro de bit (BER, *Bit Error Rate*), a forma do sinal recebido e a constelação QPSK do sinal recebido. O analisador de espectro registra a potência do sinal no canal de 5MHz e a potência do ruído inserido pelo gerador de sinal Dektec modelo DTU-315.

Para análise de potência de sinal recebido, o gerador de ruído e os atenuadores ficavam desligados. O sinal registrado no analisador de espectro era subtraído do ganho do LNA e somado a perdas de cabos e conectores.

TABELA IV. PARÂMETROS OFDM DO 5G BROADCAST [12].

SAÍDAS	SINAL (Ganho)	RUÍDO (Perda)
S1 - Receptor de TV 3.0	9.4 dB	14.8 dB
S2 - Analisador de Espectro	9.2 dB	14.8 dB
S3 - Analisador Rádio Kathrine	9.2 dB	14.8 dB

C. Metodologia de Medição

Foram medidos 11 pontos *outdoor* e 2 pontos *indoor* com 5G Broadcast. A operação adequada do sistema foi avaliada por teste de Limiar de Visibilidade (TOV, *Threshold Of Visibility*). O vídeo utilizado para a realização dos testes foi gerado em DekTec TR 101-290 e pelo *software* StreamXpress. Utilizamos um vídeo de teste de barras de cor em movimento (SMPTE/EBU), como mostra a Figura 4.

O sinal recebido era registrado durante 30s em cada ponto de medição. Os valores de intensidade de campo elétrico, MER e BER eram fornecidos pelo *software* KSA. Os valores médio, mínimo e máximo de campo elétrico foram calculados com base nas amostras em dBµV/m fornecidas pelo *software* KSA. O limiar de relação CNR era medido injetando-se no sistema um sinal AWGN. A potência do sinal AWGN é então incrementada em passos de 0,5 dBm, até que é verificado pelo teste TOV congelamento da imagem ou aparição de pixels errados. Daí a potência do sinal AWGN é reduzida até que a imagem do vídeo não contenha mais erros. A relação CNR é então registrada. Esse limiar de CNR em que o sistema opera sem erros é um dos parâmetros mais importantes de análise de performance do sistema, pois dentro dos requisitos de camada física definidos pelo Projeto 3.0, está a capacidade do sistema de TV operar com Reuso-1, e para isso é necessária uma relação CNR menor ou igual a 0.

D. Ambiente de Medição

O local escolhido para as medições foi a região da Barra da Tijuca no Rio de Janeiro. Foram escolhidos 11 pontos com características diferentes. A Figura 4 mostra o local de cada ponto de medição.

O cenário de teste apresenta topografia heterogênea e uma paisagem irregular, com muitas regiões de sombra eletromagnética onde a difração desempenha um papel importante no planejamento da cobertura. Foram avaliados diversos cenários ao ar livre, recepção em regiões próximas ao mar, cânions de edificações com e sem tráfego de veículos e regiões com vegetação significativa.



Fig. 4. Ambiente de Medições.

IV. RESULTADOS

A Tabela V mostra os principais parâmetros medidos nos pontos *outdoor* e no ponto *indoor*. É importante dizer que todos os parâmetros são valores médios calculados das medidas gravadas durante 1 minuto.

TABELA V. PONTOS MEDIDOS E PRINCIPAIS PARÂMETROS DE COBERTURA E SERVIÇO [12].

Ponto	RSSI (dBm)	E (dBmV/m)	MER	CNR (dB)	BER	Limiar de Recepção			Limiar de CNR		
						RSSI	MER	CNR (dB)	MER	CNR (dB)	
Outdoor	O1	-76.4	30.6	10.9	11.9	$2.10^{-5}$	-	-	-	-	-
	O2	-83.2	23.8	2.7	1.9	0.2038	-83,6	2,2	1,6	1,8	4,5
	O3	-78.2	28.8	1.1	1.2	0.2179	-	-	-	-	-
	O4	-53.2	53.8	22.7	23.4	0	-87,6	6,4	6,5	4,8	1,1
	O5	-61.3	45.7	19.8	20.4	0	-86,8	5,4	5,3	5,15	5
	O6	-84.1	22.9	8.25	8.6	0.0027	-	-	-	-	-
	O7	-59.3	47.7	20.7	21.1	0	-85,7	6,45	6,6	5,7	5,7
	O8	-64.95	42.05	19.7	19.8	0	-85,8	8,1	8,4	7,3	7,7
	O9	-66	41	18.5	19.1	0	-80,7	10	10,5	5,5	5,6
	O10	-76.9	30.1	14.6	15.3	0	-	-	-	-	-
	O11	-74.9	32.1	8.3	8.4	0.0056	-81,9	6,1	6,1	4,6	4,2
Indoor	I1	69.4	37.6	16.1	15.7	0.0002	-82,2	8,7	9	9,4	9,7
	I2	-69.2	37.8	14.9	14.3	0	-85,40	4,9	5,7	6,4	7

Nos pontos *outdoor* O1, O3, O6 e O10 a potência do sinal recebido era tal que o sistema já operava em seu limiar de recepção e de relação CNR. Nestes pontos foi observado que o sinal chegava ao receptor severamente desvanecido pelo efeito de multipercurso gerado ao intenso tráfego de veículos e construções próximas. Apesar da relação CNR do sistema ainda ser considerada muito alta, o sistema operou no limite nesses pontos, mostrando ser muito sensível ao desvanecimento seletivo em frequência. A Figura 4 mostra o sinal recebido no ponto O3 e a constelação QPSK do sinal recebido, mostra o baixo valor de MER. Quanto menor é a MER, maior será a amplitude do vetor de erro (EVM, Error Vector Magnitude) e consequentemente pior será o desempenho do sistema. A Figura 5 mostra um exemplo de sinal recebido no ponto O4 onde o sistema conseguiu operar no menor valor de limiar de relação CNR.

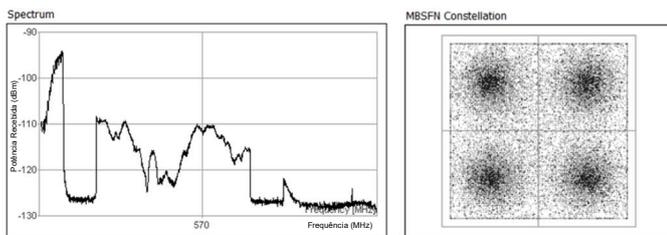


Fig. 4. Sinal Recebido e Constelação QPSK no Ponto O3.

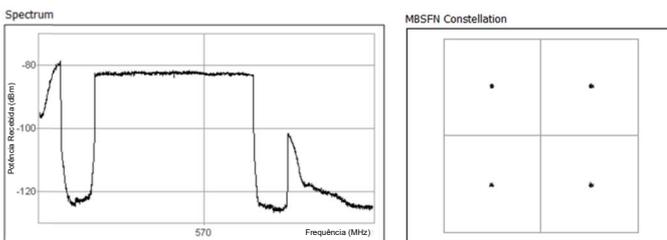


Fig. 5. Sinal Recebido e Constelação QPSK no Ponto O4.

Nos demais pontos, que estavam em regiões menos tráfego de veículos e menos construções ao redor da antena receptora, o sistema operou satisfatoriamente, entretanto, os resultados de limiar de CNR ainda são elevados em relação aos requisitos

exigidos para operar com Reuso-1. Nos pontos de medição *indoor*, o sistema operou em média com um limiar de recepção e um limiar de relação CNR, maior que nos locais abertos.

### V. CONCLUSÕES

Este trabalho focou em apresentar os resultados preliminares de testes de campo com o sistema 5G *Broadcast*. Os testes avaliaram a intensidade de campo elétrico, o limiar de relação CNR no qual o sistema operava sem erros, e o limiar de recepção em diversos pontos do bairro da Barra da Tijuca no Rio de Janeiro. Medidas de BER e MER também foram registradas ao longo da campanha de medições para fundamentar os resultados obtidos.

O sistema operou satisfatoriamente em todos os pontos, inclusive nas medições realizadas dentro de apartamentos, como os casos dos pontos I1 e I2. No entanto, dos 11 pontos de medições *outdoor*, em apenas 7 foi possível a avaliação dos parâmetros de limiar de relação CNR e Limiar de recepção. Tais pontos se situavam em locais mais abertos e próximos da orla marítima, sendo caracterizados por serem pontos onde não havia muito multipercurso. Em geral pontos onde o sinal recebido teve potência menor do que -75 dBm não puderam ter os limiares de relação CNR e recepção medidos. O sistema 5G *Broadcast* se mostrou sensível ao desvanecimento seletivo em frequência, provavelmente porque o MCS09 foi inicialmente destinado a antenas em posições elevadas. O limiar de recepção médio foi de -83,9 dB. Também é fundamental ressaltar que a condição de  $CNR \leq 0$  não foi observada em nenhum dos testes.

### REFERÊNCIAS

- [1] L. H. Gonsioroski et al., "Advanced ISDB-T—Next Generation Digital TV System: Performance in Field Tests in Brazil," in *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 69, no. 2, pp. 538-551, June 2023, doi: 10.1109/TBC.2022.3226657.
- [2] "Projeto TV 3.0." Fórum SBTVD. Julho de 2020. [Online]. Disponível: [https://forumsbtvd.org.br/tv3\\_0/](https://forumsbtvd.org.br/tv3_0/) (Acesso: 04 abr. 2022).
- [3] 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.
- [4] R. Chernock, J. C. Whitaker and Y. Wu, "ATSC 3.0—The Next Step in the Evolution of Digital Television," in *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 63, no. 1, pp. 166-169, March 2017, doi: 10.1109/TBC.2017.2652018.
- [5] J. Song, C. Zhang, et al., "Key Technologies and Measurements for DTMB-A System," *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 65, no. 1, 2019, pp. 53–64.
- [6] "3rd Generation Partnership Project (3GPP)", Release 14 TR 21.914 , 2017.
- [7] "Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); Stage 1", 3GPP, Mar. 2017.
- [8] "3rd Generation Partnership Project (3GPP)", Release 15 TR 23.502 , 2018.
- [9] "3rd Generation Partnership Project (3GPP)", Release 16 TS 29.542 , 2021.
- [10] "3rd Generation Partnership Project (3GPP)", Release 17 TS 23.501 , 2022.
- [11] LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical channels and modulation - 3GPP TS 36.211 version 16.6.0 Release 16/ETSI TS 136 211 V16.6.0 (2021-8)
- [12] LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Layer procedures - 3GPP TS 36.213 version 16.3.0 Release 16 / ETSI TS 136 213 V16.3.0 (2020-11).