

**Guia para avaliação do
Sistema de Rádio Digital
DRM na faixa de Onda
Média
2009**

Sumário

1 INTRODUÇÃO	5
1.1 AVALIAÇÃO DO SISTEMA DRM	5
2 PROCEDIMENTOS DE TESTE	6
2.1 INFORMAÇÕES DA ESTAÇÃO TRANSMISSORA	6
2.1.1 Potência e espectro do sinal analógico AM.....	7
2.2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO.....	8
2.3 CARACTERIZAÇÃO DO SINAL TRANSMITIDO	8
2.3.1 Potência e espectro do sinal DRM <i>simulcast</i>	8
2.3.2 Medições sobre o sinal DRM no ar	9
2.4 AVALIAÇÃO DA ROBUSTEZ E DA ÁREA DE COBERTURA DO SINAL DIGITAL	10
2.4.1 Avaliação da área coberta pela onda de superfície (dia e noite).....	10
2.4.2 Avaliação da área coberta pela onda ionosférica.....	17
2.5 TESTES DE COMPATIBILIDADE COM OS SINAIS ANALÓGICOS	17
2.5.1 Receptores analógicos de teste	17
2.5.2 Impacto na recepção do sinal analógico AM hospedeiro	18
2.5.3 Impacto na recepção de sinais AM em canais 1º e 2º adjacente	18
2.5.4 Avaliação noturna	20
1 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DRM	22
1.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO.....	22
1.2 MODOS DE TRANSMISSÃO	23
1.3 CODIFICAÇÃO.....	28
2 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	29
2.1 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO SERVIÇO DIGITAL	29
2.1.1 Qualidade objetiva do sinal recebido	30
2.1.2 Provável impacto das interferências na área de cobertura	31
2.2 AVALIAÇÃO DA COMPATIBILIDADE.....	34
2.2.1 Compatibilidade com a canalização AM em onda média	34
2.2.2 Impacto na recepção do sinal analógico AM hospedeiro	34
2.2.3 Impacto na recepção de sinais analógicos AM não-hospedeiros.....	35
REFERÊNCIAS	39

Lista de Figuras

Figura 2.1 – Ilustração das rotas radiais para aviação da área de cobertura do sinal DRM digital	11
Figura 2.2 – Exemplo de gráfico gerado nas medidas em movimento do sistema DRM realizadas pela UnB, em Brasília, 2006 [3]	14
Figura 2.3 – Exemplo de gráfico gerado nas medidas em pontos fixos do sistema DRM realizados pela UnB, em Brasília, 2006 [3]	15
Figura 2.4 – Exemplo de gráfico gerado nas rotas percorridas nos testes do sistema DRM realizados pela UnB, em Brasília, 2006 [3]	16

Apêndice I

Figura 1.1 - Arquitetura básica do sistema DRM [4]	22
Figura 1.2 - Configurações do sinal DRM	24
Figura 1.3 - Configurações de transmissão simultânea	25
Figura 1.4 - Símbolos e células OFDM	27
Figura 1.5 - Codificação de fonte do sistema DRM	28
Figura 2.1 - Possível interferência causada por emissora co-canal na área de cobertura do sinal digital.	32
Figura 2.2 - Possível interferência causada por emissora em 1º adjacente na área de cobertura do sinal digital.	32
Figura 2.3 - Possível interferência causada por emissora em 2º adjacente na área de cobertura do sinal digital.	33
Figura 2.4 - Ilustração da interferência potencial causada por um sinal DRM em um sinal analógico AM, quando ambos usam o mesmo canal (co-canal).....	35
Figura 2.5 - Ilustração da interferência potencial causada por um sinal DRM em um sinal analógico AM, quando a separação espectral entre as suas portadoras AM é de 10 kHz (1o adjacente).....	37
Figura 2.6 - Ilustração da interferência potencial causada por um sinal DRM em um sinal analógico AM, quando a separação espectral entre as suas portadoras AM é de 20 kHz (2o adjacente).....	38

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 – Formulário com informações técnicas da estação transmissora.	6
Tabela 2.2 – Parâmetros do sinal DRM digital.....	7
Tabela 2.3 – Formulário com informações de estações operando em canais adjacentes.	7
Tabela 2.4 – Parâmetros para medição do espectro do sinal analógico AM.	8
Tabela 2.5 – Parâmetros para medição do espectro do sinal DRM.	9
Tabela 2.6 – Parâmetros para medição do espectro do sinal DRM no ar.	9
Tabela 2.7 – Parâmetros para as medições de espectro na avaliação do ruído existente.....	13
Tabela 2.8 – Planilha de informações das medições.....	14
Tabela 2.9 – Parâmetros para as medições da área de cobertura pela onda ionosférica do sinal DRM.	17
Tabela 2.10 – Receptores analógicos utilizados nos testes.	18
Tabela 2.11 – Parâmetros para as medições de espectro na avaliação do impacto do sinal DRM simulcast na recepção do sinal analógico AM hospedeiro.....	18
Tabela 2.12 – Parâmetros para as medições de espectro na avaliação do impacto do sinal DRM simulcast na recepção de sinais analógicos adjacentes.	19

Apêndice I

Tabela 1.1 - Modos de transmissão do sistema DRM	26
Tabela 1.2 - Parâmetros OFDM dos modos de transmissão [4].....	27

1 INTRODUÇÃO

O propósito deste documento é apresentar, no Capítulo 2, os procedimentos de testes de campo para avaliação do Sistema DRM na faixa de Onda Média às emissoras autorizadas a testarem o sistema e futuras emissoras requerentes.

Contém ainda, neste documento, o Apêndice I - Critérios para Avaliação do Sistema de Radio Digital DRM - que tem o propósito de expor as bases do funcionamento do sistema, especificar e detalhar os critérios técnicos que fundamentam os Procedimentos de Testes de Campo para Avaliação do Sistema DRM.

1.1 AVALIAÇÃO DO SISTEMA DRM

O Sistema de Rádio Digital DRM – Digital Radio Mondiale foi aprovado pela União Internacional de Telecomunicações – UIT, pela Recomendação ITU R BS 1514.1, que trata de sistemas para radiodifusão sonora digital em frequências abaixo de 30 MHz. Esse sistema permite que uma emissora, que opere em amplitude modulada, tanto em OM quanto em OC, transmita o sinal digital em uma ou em ambas as bandas laterais adjacentes ao sinal analógico. Essa modalidade de transmissão simultânea é denominada *simulcast*, em inglês. Outra peculiaridade do sistema é que ele pode ser usado em canais de largura de banda de 5 kHz, 10 kHz ou 20 kHz.

A avaliação do sistema deve ser feita de duas formas:

- a) Avaliação do desempenho do serviço digital — especialmente, a robustez do sinal digital, a sua área de cobertura e a qualidade do áudio digital;
- b) Avaliação da compatibilidade do sinal DRM em modo *simulcast* com a canalização distribuída pelo Plano Básico de Distribuição de Canais de Radiodifusão Sonora em Onda Média – PBOM, isto é, avaliação da interferência mútua entre o sinal digital e os sinais analógicos existentes, incluindo aquele que hospeda o sinal digital.

2 PROCEDIMENTOS DE TESTE

2.1 INFORMAÇÕES DA ESTAÇÃO TRANSMISSORA

Tabela 2.1 – Formulário com informações técnicas da estação transmissora.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE OPERAÇÃO DA ESTAÇÃO				
FREQÜÊNCIA:	kHz	CLASSE:	CAMPO CARACTERÍSTICO, E _c :	mV/m
POTÊNCIA DIURNA/NOTURNA:		kW/:	kW	
LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO TRANSMISSORA				
CIDADE:			ZONA DE RUÍDO:	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS:				
TRANSMISSOR				
MODELO:		MARCA:		
POTÊNCIA NOMINAL;				
POTÊNCIA ANALÓGICA AUTORIZADA (diurna e noturna):				
EXCITADOR DRM				
MARCA:		TIPO:		
POTÊNCIA DIGITAL AJUSTADA:				
SISTEMA IRRADIANTE				
ONIDIRECIONAL OU DIRETIVO:				
SE DIRETIVO (n° torres, torres ativas, (S) separação entre elementos, (Psi) fases das correntes nas bases, (F) relação de campo, (az) azimutes relativos):				
TIPO BÁSICO (monopolo ou torres múltiplas, tipo PARAN):				
FORMA DE ALIMENTAÇÃO:				
RAZÃO DE ONDA ESTACIONÁRIA (f-15 kHz a f+15 kHz, com intervalos de 5 kHz):				

Tabela 2.2 – Parâmetros do sinal DRM simulcast

CARACTERÍSTICAS DO SINAL DRM SIMULCAST	
Parâmetros*	Valor
Largura de banda do sinal digital (kHz):	
Banda Lateral utilizada:	
Modo de Robustez OFDM:	
Tipo de modulação do canal MSC:	
Tipo de modulação da canal SDC:	
Índice de codificação médio:	
Interleaving:	
Taxa de transmissão (kbps):	
Qualidade do áudio:	

*Caso haja necessidade de realização de testes com diferentes parâmetros de transmissão, repetir o preenchimento da Tabela 4.2 para cada teste.

Tabela 2.3 – Formulário com informações de estações operando em canais adjacentes.

ESTAÇÕES EM CANAIS ADJACENTES								
Freq. kHz	Localidade/UF	Zona Ruído	Pot (D/N) kW	Classe	Lat.	Long.	Dist. km	Azimuth graus

2.1.1 Potência e espectro do sinal analógico AM

A potência de transmissão analógica da estação deve ser lida do equipamento de monitoração existente na estação. O sinal DRM digital deve estar desligado no instante da leitura.

Para avaliar a densidade espectral de potência (DEP) do sinal analógico AM um analisador de espectro deve ser conectado no ponto de monitoração da estação, na saída do sistema de transmissão. As medições que devem ser feitas e os parâmetros para sua execução são mostrados na Tabela 2.4. O sinal DRM digital deve estar desligado durante as medições. Os espectros medidos devem ser gravados.

Tabela 2.4 – Parâmetros para medição do espectro do sinal analógico AM.

Código da medida	Frequência central (FC)	Localização do marker	Span (kHz)	RBW (Hz)	VBW (Hz)	Vídeo AVG	Trace Max Hold	Comentários
A1	Portadora da estação	FC	50	10.000	3.000	100	off	Potência do sinal analógico AM – valor de referência
A2	Portadora da estação	FC	50	300	300	100	off	DEP média do sinal analógico AM
A3	Portadora da estação	FC	50	300	300	off	10 minutos	Valor de pico da DEP do sinal analógico AM

2.2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO

Descrever os principais equipamentos utilizados na realização dos testes, bem como suas características técnicas mais relevantes. Apresentar figura com o diagrama do sistema que foi utilizado para a recepção e avaliação do sinal DRM simulcast, incluindo a forma de ligação dos equipamentos e o detalhamento dos softwares utilizados para aquisição dos dados.

2.3 CARACTERIZAÇÃO DO SINAL TRANSMITIDO

2.3.1 Potência e espectro do sinal DRM *simulcast*

O sinal DRM *simulcast* pode ser gerado através de um único excitador, que produz ambos os sinais analógico e digital, ou por dois excitadores, um para gerar o sinal analógico e outro para gerar o digital. A potência relativa entre os sinais pode ser ajustada de acordo com as necessidades e objetivos dos testes. Nos testes realizados no México, a razão entre o sinal analógico e digital foi fixada em aproximadamente 16 dB [1].

Para avaliar a densidade espectral de potência (DEP) do sinal DRM em modo *simulcast* o analisador de espectro deve ser conectado no mesmo ponto de monitoração da estação usado para fazer as medições A1-A3 — veja Subitem 2.1.1 e Tabela 2.4. As medições que devem ser feitas e os parâmetros para sua execução são mostrados na Tabela 2.5. Os espectros medidos devem ser gravados.

Tabela 2.5 – Parâmetros para medição do espectro do sinal DRM simulcast.

Código da medida	Frequência central (FC)	Localização do marker	Span (kHz)	RBW (Hz)	VBW (Hz)	Vídeo AVG	Trace Max Hold	Comentários
H1	Portadora da estação	FC	50	20.000	3.000	100	off	Potência total do sinal <i>simulcast</i> – valor de referência
H2	Portadora da estação	FC	50	300	300	100	off	DEP média do sinal <i>simulcast</i>
H3	Portadora da estação	FC±10	50	300	300	100	off	DEP do sinal <i>simulcast</i>
H4	Portadora da estação	FC	50	300	300	off	10 minutos	Valor de pico da DEP do sinal <i>simulcast</i>

Deve ser verificada a conformidade das características espectrais do sinal DRM *simulcast* com os limites de espúrios de alta frequência estabelecidos pelo Regulamento Técnico para a Prestação do Serviço de Radiodifusão Sonora em Onda Média e em Onda Tropical e com as informações lançadas no formulário da Tabela 2.1.

2.3.2 Medições sobre o sinal DRM no ar

Além das medições realizadas na estação, deve-se realizar medidas da DEP do sinal DRM simulcast em um ponto distante entre 2 e 5 km da antena transmissora. Quando comparada com as medições feitas na estação, essas medições da DEP mostrarão o efeito que o casador de impedância, a linha de transmissão e a antena têm sobre o sinal DRM. A Tabela 2.6 mostra os parâmetros para essas medições.

Tabela 2.6 – Parâmetros para medição do espectro do sinal DRM no ar.

Código da medida	Frequência central (FC)	Localização do marker	Span (kHz)	RBW (Hz)	VBW (Hz)	Vídeo AVG	Trace Max Hold	Comentários
H5	Portadora da estação	FC	50	300	300	100	off	DEP média do sinal DRM no ar e valor de referência (<i>marker</i>)
H6	Portadora da estação	FC ± 10 kHz	50	300	300	100	off	O valor associado ao <i>marker</i> é o valor da DEP da banda lateral escolhida para os testes de acordo com a Figura 1.3 - Apêndice I

2.4 AVALIAÇÃO DA ROBUSTEZ E DA ÁREA DE COBERTURA DO SINAL DIGITAL

Na faixa de onda média, a recepção pode ser de onda de superfície ou de onda ionosférica, sendo que a segunda existe apenas no período noturno. As emissoras pertencentes às classes B e C têm garantia de proteção apenas para sua área de serviço primária, onde a recepção é por meio da onda de superfície. Contudo, as emissoras pertencentes à classe A têm geralmente garantia de proteção também para a sua área de serviço secundária, onde a recepção é por meio da onda ionosférica. Assim, para essas emissoras, a robustez e a área de cobertura do sinal digital devem ser avaliadas para as duas modalidades de recepção.

2.4.1 Avaliação da área coberta pela onda de superfície (dia e noite)

Para avaliar a área de cobertura que o sinal DRM simulcast propicia por meio da onda de superfície, deve-se escolher pelo menos quatro rotas radiais e, ao longo de cada uma delas, medir as seguintes grandezas:

- qualidade objetiva da recepção por meio do Áudio Q ou, pelo menos, da indicação do estado da recepção (digital ou analógica);
- intensidade do sinal (nível da intensidade do campo, em $\mu\text{V}/\text{m}$);
- intensidade do ruído e/ou dos sinais de emissoras interferentes localizadas em canais adjacentes (nível da intensidade do campo, em $\mu\text{V}/\text{m}$);
- gravar áudio para avaliação subjetiva posterior.

Cada rota radial deve ter seu início a cerca de 3 km da antena transmissora e deve-se se estender até pelo menos o contorno protegido para o sinal analógico AM da emissora — veja ilustração mostrada na Figura 2.1. Cada radial deve ser percorrida até o ponto em que a recepção do sinal DRM apresentar falha persistente ou até o contorno protegido do sinal analógico AM, o que ocorrer por último. Caso a referida falha persista antes de se alcançar o contorno protegido, as medições devem continuar até alcançá-lo. O objetivo é saber se a recepção analógica tem qualidade satisfatória nessa parte da rota e, conseqüentemente, se a cobertura do sinal analógico é maior do que a cobertura do sinal digital. Deve-se tomar o cuidado de observar se a falha na recepção não é devida a uma degradação transitória do sinal digital, como a causada, por exemplo, pela passagem por um túnel. Nesses casos, deve-se continuar a percorrer a rota até que a falha não seja temporária.

Escolher rotas que incluam:

- área urbana (área com alta densidade de prédios altos);

- área suburbana;
- área industrial;
- área rural,
- passagens sob viadutos e por túneis;
- passagens nas proximidades de redes de alta tensão.

Caso as rotas radiais não incluam todas esses tipos de área, deve-se escolher percursos adicionais que incluam os tipos de área não contemplados.

Recomenda-se que sejam gravados, ao longo de cada rota, os sinais de áudio entregues por um receptor DRM digital e por um rádio analógico de boa qualidade. Caso não seja possível a gravação ao longo de toda a rota, recomenda-se que se faça posteriormente gravações sem estar em movimento em alguns pontos mais relevantes de cada rota. Os sinais gravados devem ser avaliados subjetivamente.

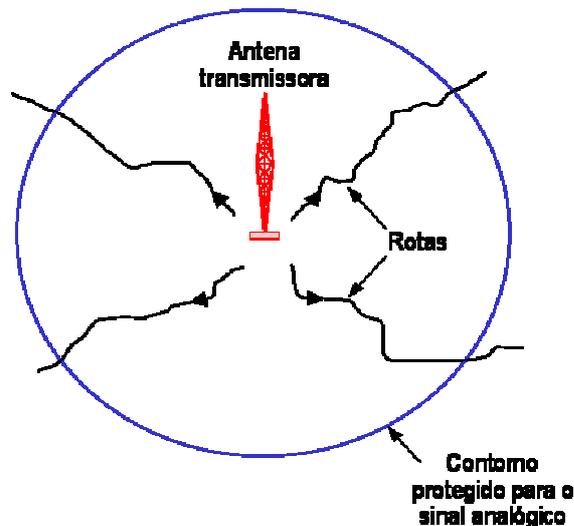


Figura 2.1 – Ilustração das rotas radiais para avaliação da área de cobertura do sinal DRM digital

Além das rotas radiais, recomenda-se também a realização de uma rota circular que mantenha uma distância média eqüidistante ao transmissor e rotas fechadas que contemplem diferentes tipos de ambiente urbano:

- residencial, com casas de no máximo 3 pavimentos e prédios isolados;
- prédios de altura mediana;
- prédios elevados ;

- industrial;
- terreno aberto.

Medição no interior de prédios e casas

Definidos os pontos de máxima cobertura do digital, realizar, preferencialmente, nos limites dessa área, medições no interior de prédios e casas, com receptores portáteis em movimento. Adicionalmente, realizar medições extras com a presença de ruído provocado por aparelhos eletrodomésticos comuns.

Medição do nível do ruído ou da interferência

Para que seja possível analisar posteriormente as causas da deterioração da recepção do sinal DRM digital em determinados pontos das rotas, deveriam ser feitas medições do nível do ruído e interferências presentes no canal onde o sinal digital está sendo transmitido e nos canais adjacentes.

Contudo, naturalmente tais medições não são possíveis de serem feitas na faixa de frequência ocupada pelo sinal DRM digital, quando se está fazendo medidas contínuas ao longo das rotas. Assim, sugere-se que, durante o percorrer das rotas, seja medido o nível do ruído e interferências presentes nas bandas dos segundos canais adjacentes da emissora em teste; isto é, nas seguintes faixas de frequência:

- (FC – 25 kHz) a (FC – 15 kHz): 2º canal adjacente inferior;
- (FC + 15 kHz) a (FC + 25 kHz): 2º canal adjacente superior.

Caso sejam identificados trechos das rotas onde a recepção do sinal DRM digital foi muito degradada ou foi interrompida devido provavelmente à existência de forte ruído ou interferência dentro da faixa do sinal DRM digital, recomenda-se que se retorne a esses trechos e que se façam medidas em pontos fixos. Nesse caso, medir a DEP nas condições especificadas na Tabela 2.7.

Tabela 2.7 – Parâmetros para as medições de espectro na avaliação do ruído existente.

Código da medida	Sinal IBOC digital	Frequência central (FC)	Localização do marker	Span (kHz)	RBW (Hz)	VBW (Hz)	Vídeo AVG	Trace Max Hold	Comentários
D1	No ar	Portadora da estação	FC	50	300	300	100	off	DEP média do sinal DRM <i>simulcast</i> e potência da portadora do sinal analógico AM ¹
D2	Fora do ar	Portadora da estação	FC ±10 kHz	50	300	300	100	off	Nível do ruído ² no canal adjacente que não transmita o sinal DRM, de acordo com a banda escolhida para os testes Figura 1.3 -Apêndice I

¹ Caso não se disponha de um analisador de espectro, medir a intensidade de campo do sinal analógico AM. Para isso, deve-se tirar do ar o sinal digital e deixar apenas o sinal analógico. Usar nessa medida uma largura de banda de medição (LBM) de 300 Hz ou de 10 kHz e frequência central igual à frequência da portadora da estação — usando LBM de 300 Hz estará se medindo a intensidade apenas da portadora do sinal AM e usando LBM de 10 kHz, a intensidade de todo o sinal AM.

² Caso não se disponha de um analisador de espectro, medir a intensidade de campo do ruído. Para isso, deve-se tirar do ar o sinal digital e deixar apenas sinal analógico AM. Usar nessa medida uma largura de banda de medição (LBM) de 10 kHz, preferencialmente, ou de 300 Hz. Duas medidas devem ser feitas: com a frequência central igual a FPE – 10 kHz (medida no canal adjacente inferior) e a FPE + 10 kHz (medida no canal adjacente superior), onde FPE é a frequência da portadora da estação.

Apresentação dos resultados

Para cada rota radial percorrida deve ser gerado um conjunto de gráficos como aquele mostrado nas Figura 2.2 e Figura 2.3. A qualidade objetiva do sinal DRM digital recebido é dado pelo AudioQ (ver Apêndice I, item 2.1.1, equação 2.1). Caso não seja possível registrar o valor do AudioQ ou de outro parâmetro relativo, deve-se registrar pelo menos o estado da recepção, isto é, registrar se no ponto de recepção está sendo possível a recepção digital ou apenas a recepção analógica.

Os gráficos das medidas devem demonstrar a variação do AudioQ e da Intensidade de campo de acordo com a variação temporal, em *frames* transmitidos e de acordo com a distância ao transmissor, em km, para medidas em movimento .

Para uma melhor visualização dos resultados devem ser gerados mapas da região das medições, em escala conveniente, mostrando a distribuição dos pontos fixos e das rotas percorridas identificando, nestas, o valor do AudioQ ou apenas o estado de recepção no percurso, de acordo com o exemplo da Figura 2.4.

Para as medidas fixas realizadas em pontos críticos, apresentar os resultados na forma de planilhas, conforme modelo mostrado na Tabela 2.8, com a identificação completa dos pontos de medição, localização, coordenadas geográficas, os valores das medidas, a identificação das eventuais gravações e demais informações úteis e necessárias.

Tabela 2.8 – Planilha de informações das medições.

PLANILHA DE RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE RÁDIO DIGITAL DRM									
RADIAL _____					FOLHA ____ DE ____				
Ponto n.º	Data Hora	Localização	Lat.	Long.	Azimute Distância	Estado da Recepção	Campo $\mu\text{V/m}$	Interferência	Comentários

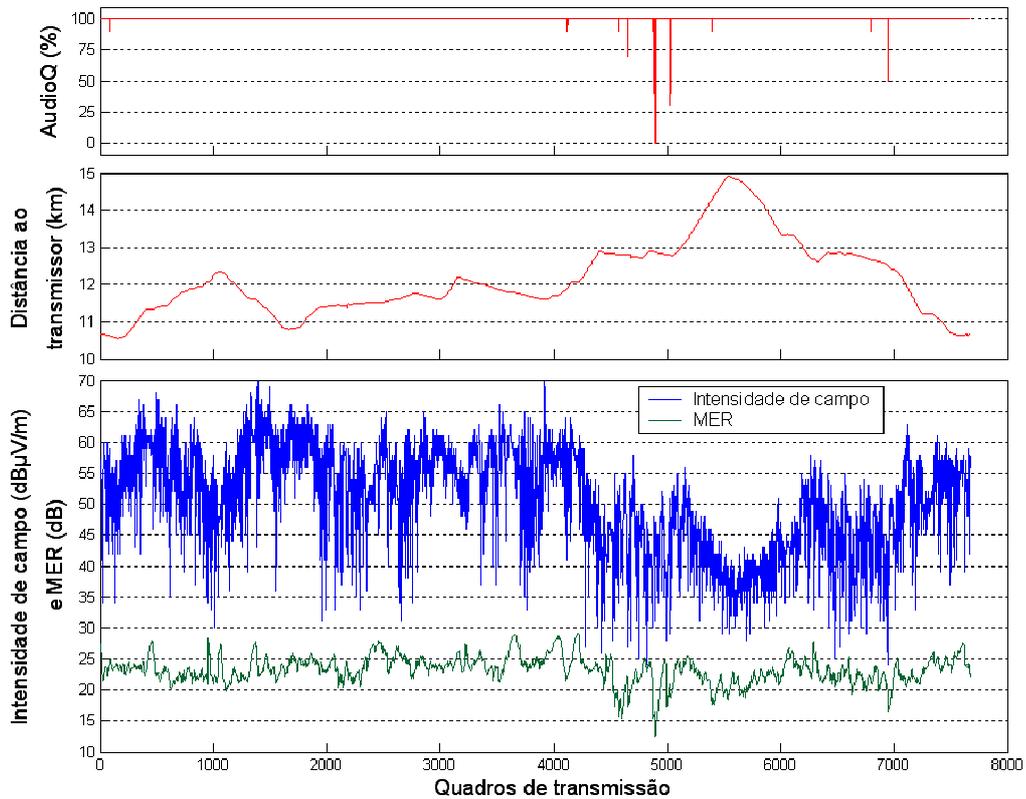


Figura 2.2 – Exemplo de gráfico gerado nas medidas em movimento do sistema DRM realizadas pela UnB, em Brasília, 2006 [3].

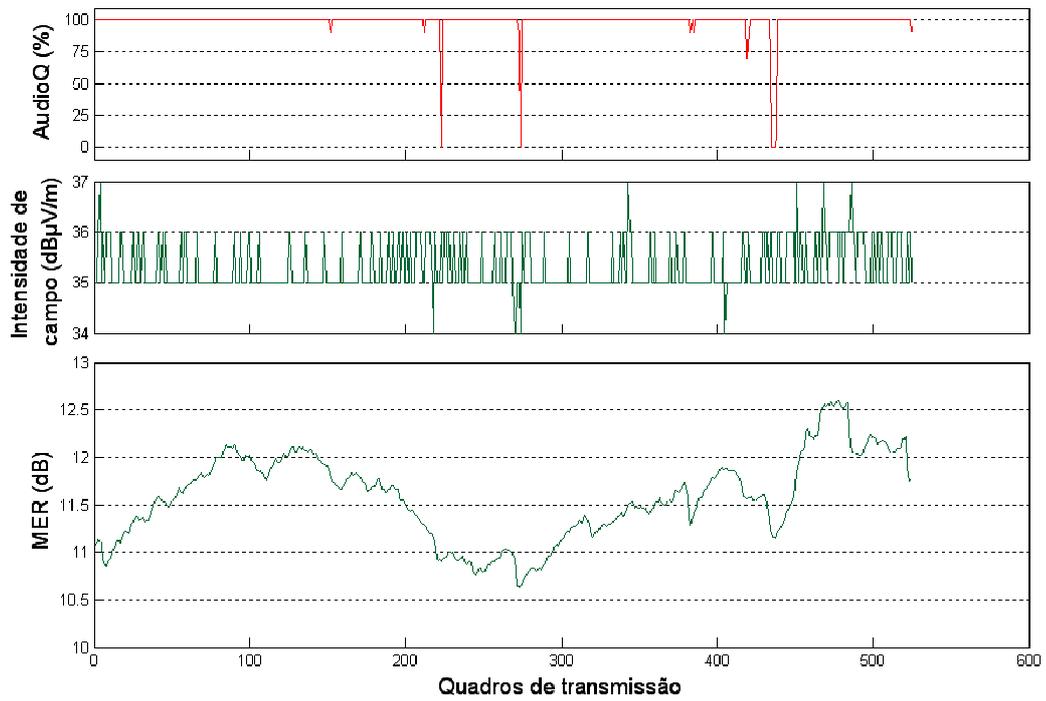


Figura 2.3 – Exemplo de gráfico gerado nas medidas em pontos fixos do sistema DRM realizadas pela UnB, em Brasília, 2006 [3].

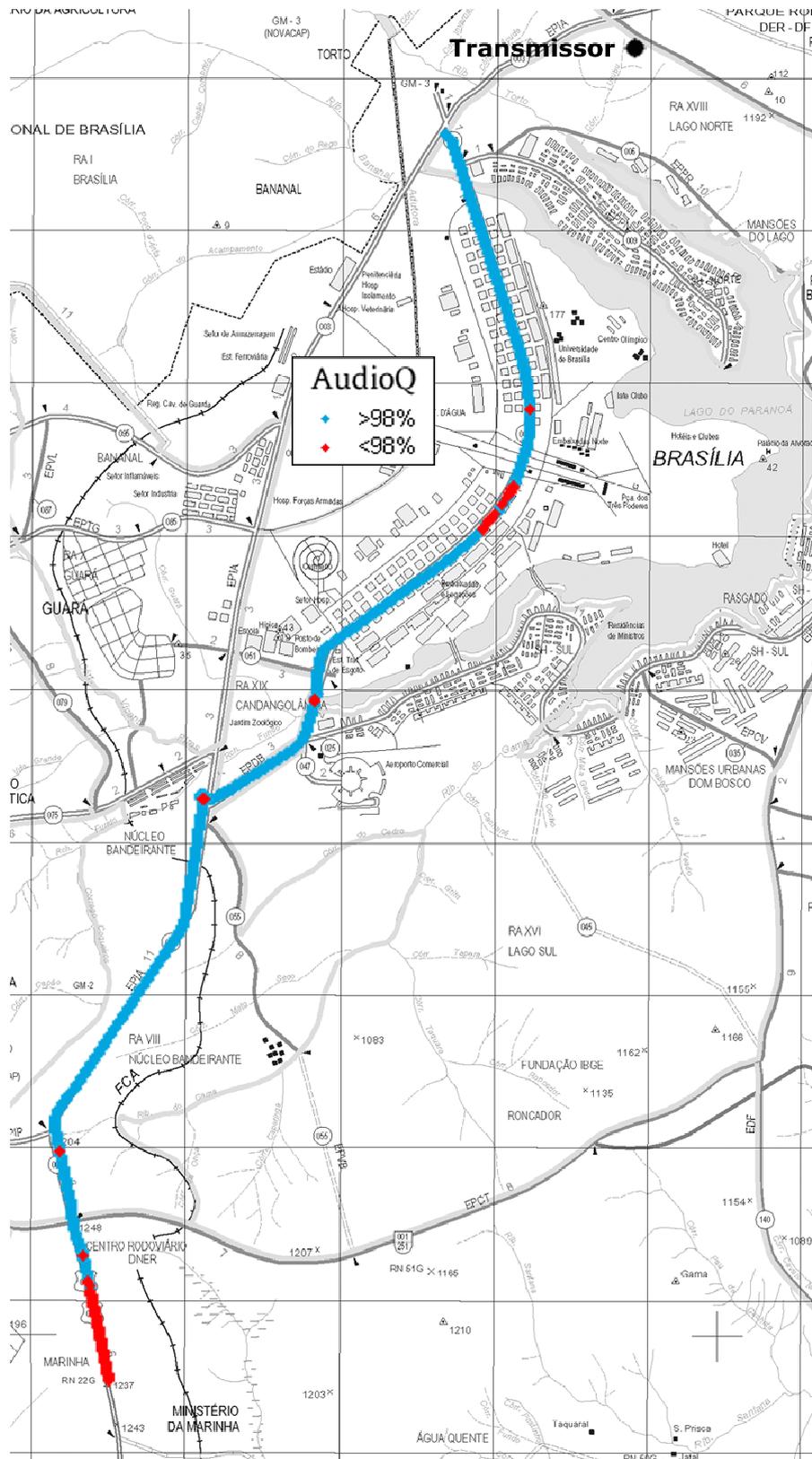


Figura 2.4 – Exemplo de gráfico gerado nas rotas percorridas nos testes do sistema DRM realizados pela UnB, em Brasília, 2006 [3].

2.4.2 Avaliação da área coberta pela onda ionosférica

Para as emissoras pertencentes à Classe A é necessário avaliar também a recepção do sinal DRM digital na área de serviço secundária, onde a recepção é conseguida por meio das ondas ionosféricas.

1. Escolher pelo menos 5 pontos de recepção distribuídos pela área de serviço secundária da emissora.
2. Gravar, em cada ponto de recepção escolhido, o sinal de áudio entregue por um receptor DRM digital e o sinal de áudio entregue por um rádio analógico. Cada gravação deverá ter uma duração mínima de 2 minutos. Para cada ponto, deve-se fazer pelo menos três gravações espaçadas de 2 duas horas — são sugeridas as seguintes horas: 19:00, 21:00 e 23:00. O rádio analógico deve ser um rádio de boa qualidade, podendo ser um rádio automotivo ou portátil.
3. Medir e gravar a DEP do sinal DRM digital da emissora, com os parâmetros mostrados na Tabela 2.9, no local em que as gravações forem realizadas e a cada gravação.
4. Realizar a avaliação subjetiva dos sinais de áudio gravados. Essa avaliação pode ser simplificada, mas deve-se intentar seguir tanto quanto possível as diretrizes da Recomendação ITU-R BS.1284-1 [9].

Tabela 2.9 – Parâmetros para as medições da área de coberta pela onda ionosférica do sinal DRM.

Código da medida	Frequência central (FC)	Span (kHz)	RBW (Hz)	VBW (Hz)	Vídeo AVG	Trace Max Hold	Comentários
D3	Portadora da estação	50	300	300	100	off	DEP média do sinal DRM em modo <i>simulcast</i>

2.5 TESTES DE COMPATIBILIDADE COM OS SINAIS ANALÓGICOS

2.5.1 Receptores analógicos de teste

A degradação que um sinal DRM digital causa na recepção de sinais analógicos depende do receptor analógico usado, especialmente da banda passante e da seletividade desse receptor. Assim, na realização dos testes de compatibilidade devem ser utilizados pelo menos três receptores analógicos (preencher Tabela 2.10) dos tipos a seguir especificados:

- um rádio automotivo;
- um rádio residencial de alta qualidade (hi-fi);
- um rádio portátil.

Tabela 2.10 – Receptores analógicos utilizados nos testes.

RECEPTORES ANALÓGICOS UTILIZADOS		
Marca	Modelo	Tipo

2.5.2 Impacto na recepção do sinal analógico AM hospedeiro

Para avaliar o impacto do sinal DRM digital na recepção do sinal analógico AM da própria emissora recomenda-se os seguintes procedimentos:

1. Escolher um ponto distante entre 2 e 5 km da antena transmissora, onde o sinal analógico recebido seja forte e livre de interferências, de modo que a qualidade do áudio entregue pelos rádios de teste seja a melhor possível.
2. Gravar durante 30 segundos a um minuto o sinal de áudio entregue pelos rádios analógicos de teste com o sinal DRM digital “fora do ar” e em seguida gravar durante igual tempo com o sinal DRM digital “no ar”. Repetir esse ciclo dez vezes, gravando preferencialmente diferentes tipos de material sonoro (música, fala, fala misturada com música).
3. No local em que as gravações forem realizadas, medir e gravar a DEP do sinal DRM *simulcast* e do sinal analógico AM, com os parâmetros mostrados na Tabela 2.11.
4. Realizar a avaliação subjetiva dos sinais de áudio gravados. Essa avaliação pode ser simplificada, mas deve-se buscar seguir tanto quanto possível as diretrizes da Recomendação ITU-R BS.1284-1 [9].

Tabela 2.11 – Parâmetros para as medições de espectro na avaliação do impacto do sinal DRM *simulcast* na recepção do sinal analógico AM hospedeiro.

Código da medida	Frequência central (FC)	Sinal DRM digital	Span (kHz)	RBW (Hz)	VBW (Hz)	Vídeo AVG	Trace Max Hold	Comentários
C1	Portadora da estação	No ar	50	300	300	100	off	DEP média do sinal DRM em modo <i>simulcast</i>
C2	Portadora da estação	Fora do ar	50	300	300	100	off	DEP média do sinal analógico AM

2.5.3 Impacto na recepção de sinais AM em canais 1º e 2º adjacente

Para avaliar o impacto do sinal DRM digital na recepção de sinais analógicos em canais 1º e 2º adjacente recomenda-se os seguintes procedimentos:

1. Verificar a existência de canais em primeiro e segundo adjacentes à emissora transmissora do sinal DRM digital dentro de um raio aproximado de 100 km.

2. Para cada emissora relevante, estimar o valor do contorno protegido (CP).
3. Se deslocar com o veículo de medição até o ponto fixo P1 na extremidade do CP da emissora relevante. O ponto P1 deve ser escolhido onde o CP cruza a rodovia mais próxima à reta imaginária que une os locais de instalação da emissora relevante e da emissora transmissora do sinal digital.
4. Medir e gravar a DEP do sinal analógico AM em canal adjacente, com os parâmetros mostrados na Tabela 2.12, para canal 1º adjacente, e na Tabela 2.13, para canal 2º adjacente, sempre com o sinal DRM desligado.
5. Gravar durante 30 segundos a um minuto o sinal de áudio entregue pelos rádios de teste. Repetir dez vezes, gravando preferencialmente diferentes tipos de material sonoro (música, fala, fala misturada com música).
6. Repetir o procedimento dos itens 4 e 5 com o sinal DRM ligado.
7. Realizar, posteriormente, a avaliação subjetiva dos sinais de áudio gravados. Essa avaliação pode ser simplificada, mas deve-se buscar seguir tanto quanto possível as diretrizes da Recomendação ITU-R BS.1284-1 [9].

Tabela 2.12 – Parâmetros para as medições de espectro na avaliação do impacto do sinal DRM *simulcast* na recepção de sinais analógicos em canais 1º adjacente.

Código da medida	Sinal IBOC digital	Frequência central (FC)	Localização do <i>marker</i>	Span (kHz)	RBW (Hz)	VBW (Hz)	Vídeo AVG	Trace Max Hold	Comentários
C3	Fora do ar	Portadora da estação interferente	Portadora da estação interferente	50	300	300	100	off	DEP média dos sinais analógicos AM e potência da portadora do sinal interferente ¹
C4	Fora do ar	Portadora da estação interferente	Portadora da estação interferida	50	300	300	100	off	DEP média dos sinais analógicos AM e potência da portadora do sinal interferido ²
C5	no ar	Portadora da estação interferente	Portadora da estação interferida	50	300	300	100	off	DEP média com a presença do sinal DRM digital interferente

¹ Caso não se disponha de um analisador de espectro, medir a intensidade de campo do sinal analógico AM interferente. Usar nessa medida uma largura de banda de medição (LBM) de 300 Hz ou de 10 kHz e frequência central (FC) igual à frequência da portadora da estação interferente — usando LBM de 300 Hz estará se medindo a intensidade da portadora do sinal AM interferente e usando LBM de 10 kHz, a intensidade de todo o sinal AM interferente.

² Caso não se disponha de um analisador de espectro, medir a intensidade de campo do sinal analógico AM interferido, conforme instruções acima.

Tabela 2.13 – Parâmetros para as medições de espectro na avaliação do impacto do sinal DRM digital na recepção de sinal analógico AM localizado no 2º canal adjacente.

Código da medida	Sinal DRM digital	Frequência central (FC)	Localização do marker	Span (kHz)	RBW (Hz)	VBW (Hz)	Vídeo AVG	Trace Max Hold	Comentários
C6	Fora do ar	Portadora da estação interferente ± 5 kHz*	Portadora da estação interferente	60	300	300	100	off	DEP média dos sinais analógicos AM e potência da portadora do sinal interferente ¹
C7	Fora do ar	Portadora da estação interferente ± 5 kHz*	Portadora da estação interferida	60	300	300	100	off	DEP média dos sinais analógicos AM e potência da portadora do sinal interferido ²
C8	no ar	Portadora da estação interferente ± 5 kHz*	Portadora da estação interferida $\pm 7,5$ kHz**	60	300	300	100	off	DEP média com a presença do sinal DRM digital interferente

* + 5 kHz, se a o sinal interferido estiver em canal adjacente superior, e -5 kHz, caso contrário.

** - 7,5 kHz, se a o sinal interferido estiver em canal adjacente superior, e +7,5 kHz, caso contrário.

¹ Caso não se disponha de um analisador de espectro, medir a intensidade de campo do sinal analógicos AM interferente. Usar nessa medida uma largura de banda de medição (LBM) de 300 Hz ou de 10 kHz e frequência central (FC) igual à frequência da portadora da estação interferente — usando LBM de 300 Hz estará se medindo a intensidade da portadora do sinal AM interferente e usando LBM de 10 kHz, a intensidade de todo o sinal AM interferente.

² Caso não se disponha de um analisador de espectro, medir a intensidade de campo do sinal analógicos AM interferido, conforme instruções acima.

2.5.4 Avaliação noturna

No período noturno, devido às ondas ionosféricas, é maior a probabilidade de um sinal DRM *simulcast* afetar a recepção de sinais analógicos AM de outras emissoras, localizadas no 1º ou no 2º canal adjacente (inferior ou superior) ao canal ocupado pelo sinal analógico AM hospedeiro do sinal DRM digital interferente.

Se o sinal analógico AM de uma dada emissora chega no contorno protegido de uma outra emissora localizada no 1º ou 2º canal adjacente com magnitude que resulte em razão D/I menor do que +15 dB, então, se a emissora interferente passar a transmitir sinal DRM digital, o sinal DRM digital provavelmente afetará a recepção da emissora em canal adjacente. Naturalmente, isso ocorrerá se o sinal interferente está chegando no contorno protegido da outra emissora por meio de onda de superfície ou onda ionosférica. Portanto, a emissora que iniciar a transmissão de sinal DRM digital deverá verificar se esse tipo de interferência está ocorrendo considerando os dois tipos de propagação: por meio de onda de superfície e por meio de onda ionosférica.

APÊNDICE I

Critérios para Avaliação do Sistema de Rádio Digital DRM na faixa de Onda Média

1 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DRM

Sistema de Rádio Digital DRM (*Digital Radio Mondiale*) para radiodifusão sonora em frequências abaixo de 30 MHz.

1.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

O diagrama de blocos mostrado na Figura 1.1 contém o princípio básico de funcionamento do sistema DRM, onde é diagramado o fluxo de informação do codificador ao excitador do transmissor [4].

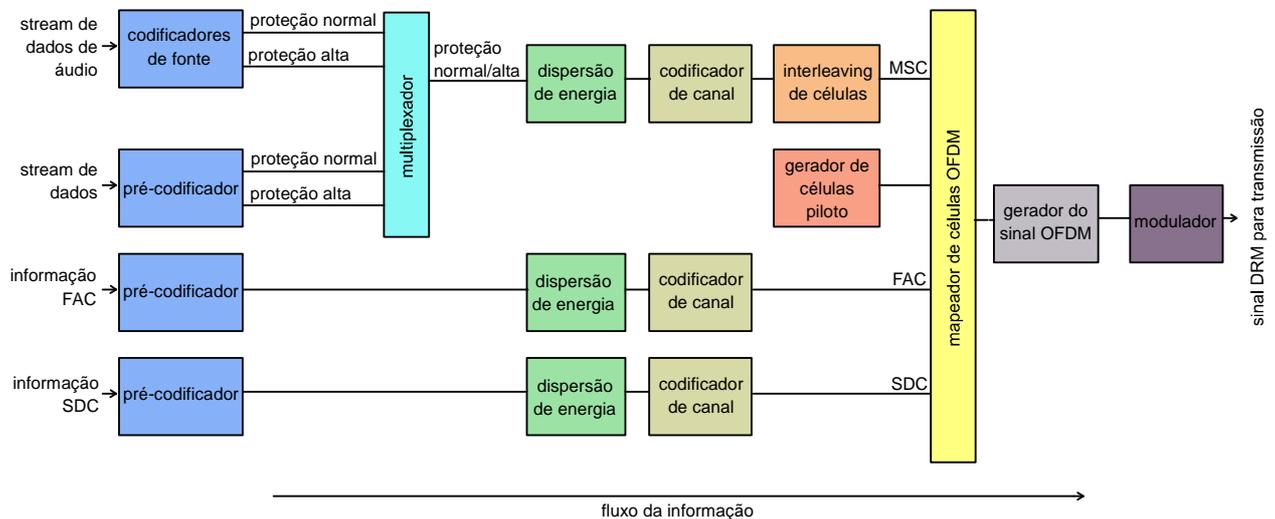


Figura 1.1 - Arquitetura básica do sistema DRM [4]

O sistema DRM apresenta tipos de canais de informação que podem ser visualizados na entrada do diagrama da Figura 1.1 [4]:

- MSC (*Main Service Channel*): é o serviço principal do sistema que contém os *streams* de áudio da programação principal e de dados relativos à programação, que são posteriormente multiplexados;
- FAC (*Fast Access Channel*): o canal de informação de acesso rápido carrega informações sobre os parâmetros do canal que possibilitam ao receptor efetivamente começar a decodificar o sinal, além de informações sobre os serviços multiplexados.

- SDC (*Service Description Channel*): canal que carrega informações para determinar os tipos de serviços transportados no canal MSC como: informações de hora e data, rótulos, descrição do múltiplex, áudio, anúncios e etc.

O diagrama de blocos tem o seguinte princípio [4] :

- O codificador de fonte de áudio e os pré-codificadores de dados fazem a adaptação dos streams de entrada para um formato apropriado para transmissão digital. As saídas dos codificadores de fonte e pré-codificadores podem ser compostas por duas partes que requerem dois níveis de proteção diferentes no codificador de canal. .
- O multiplexador combina os níveis de proteção de todos os serviços de áudio e dados.
- A técnica de dispersão de energia faz um complemento seletivo determinístico de bits para reduzir a possibilidade de padrões sistemáticos resultem em irregularidades indesejadas no sinal transmitido, ou seja, reduz a possibilidade de transmissão de seqüência muito longa de um mesmo bit.
- O codificador de canal adiciona informação redundante, fornecendo robustez aos dados, e define o mapeamento da informação codificada digitalmente em células QAM.
- O interleaving de células distribui células QAM consecutivas em uma seqüência de células separadas aleatoriamente no tempo e na freqüência para fornecer mais robustez na transmissão canais dispersivos no tempo e na freqüência.
- O gerador de células piloto acrescenta informações que permitem ao receptor obter informação do canal e fazer demodulação coerente do sinal..
- O mapeador de células OFDM coleta as diferentes classes de células e as posiciona em um grid tempo-freqüência.
- O gerador do sinal OFDM transforma cada conjunto de células com o mesmo índice de tempo em uma representação do sinal no domínio do tempo contendo várias subportadoras.
- O modulador converte a representação digital do sinal OFDM no sinal analógico que será transmitido . Essa operação envolve conversão digital-analógica e filtragem e outras técnicas para adequação aos requerimentos espectrais da ITU-R.

1.2 MODOS DE TRANSMISSÃO

No Brasil o sistema DRM pode ser implementado de três maneiras distintas [4] :

- Ocupando os canais já destinados à radiodifusão sonora analógica, na modalidade de transmissão totalmente digital , compatível com os planos de distribuição de canais.
- Transmissão *simulcast*, ocupando 10kHz da banda lateral inferior do sinal analógico, totalizando 20 kHz de banda (vide Figura 1.3).
- Transmissão *simulcast*, ocupando 10kHz da banda lateral superior do sinal analógico, totalizando 20 kHz de banda (vide Figura 1.3).

A Figura 1.2 mostra as possíveis configurações do sinal DRM totalmente digital.

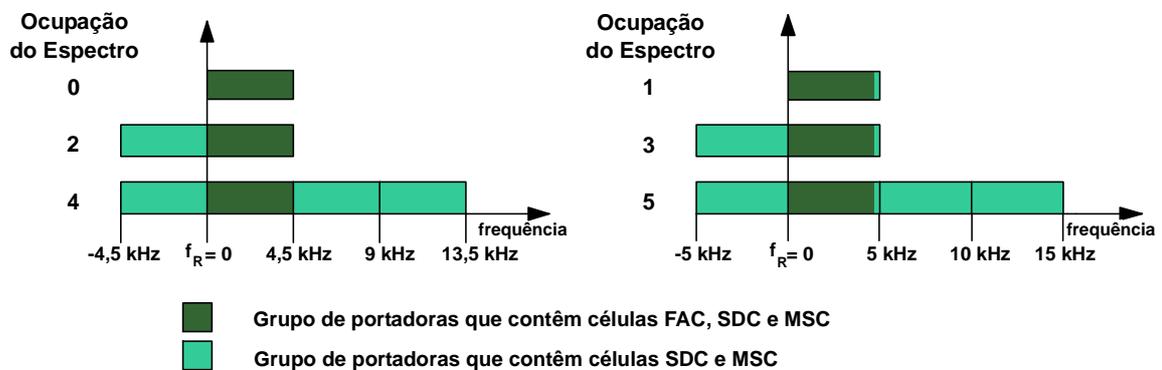


Figura 1.2 - Configurações do sinal DRM

A transmissão simultânea dos sinais analógico (AM) e digital (DRM) pode ser feita de modo DSB (*Double Side Band*), VSB (*Vestigial Side Band*) ou SSB (*Single Side Band*). A Figura 1.3 ilustra algumas configurações possíveis para transmissão *simulcast*, que pode ser feita por dois transmissores separados ou através da combinação dos sinais em um único transmissor.

Apesar das diversas possibilidades de transmissão *simulcast*, apenas as configuração apontadas na Figura 1.3 foram testadas em campo.

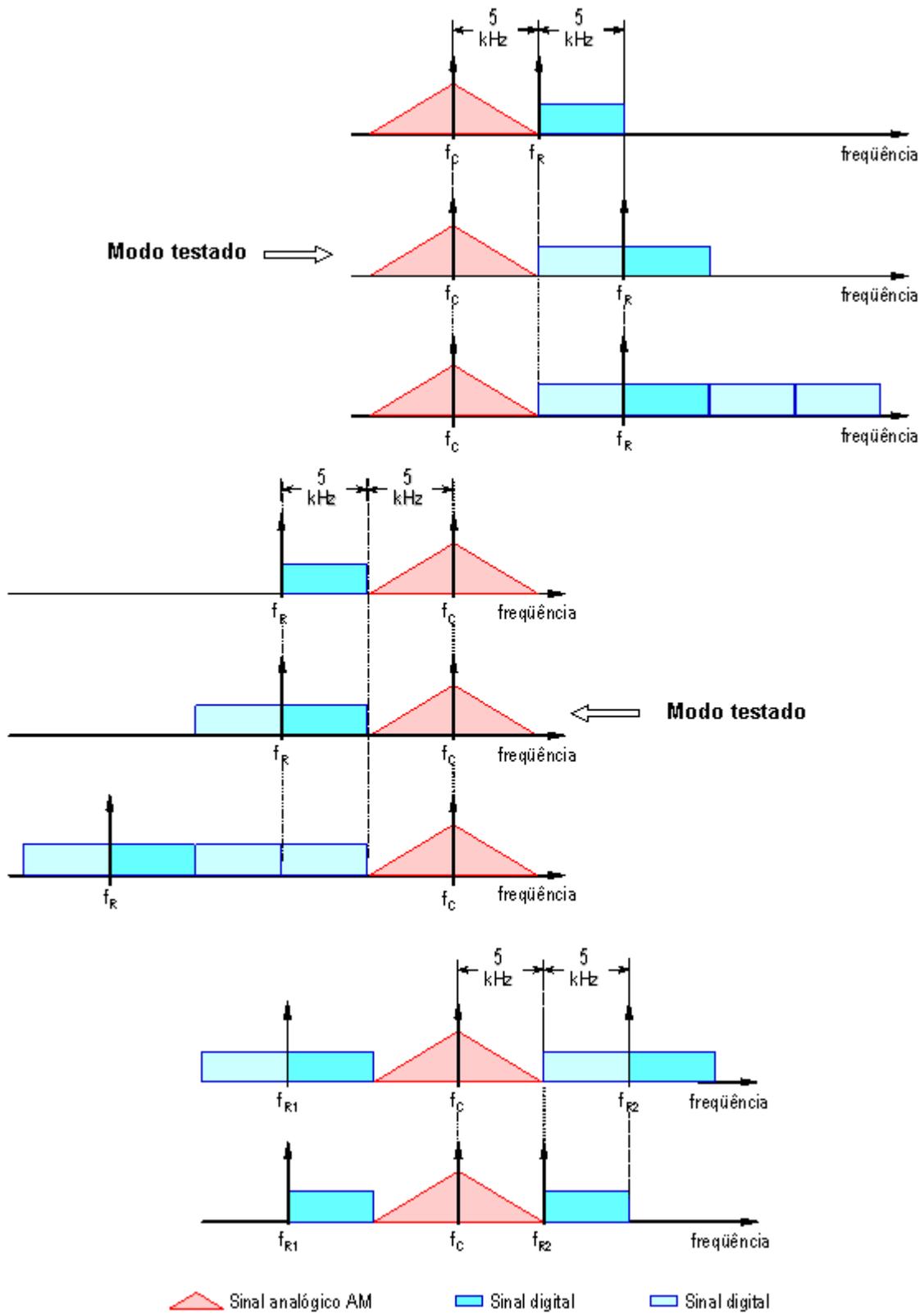


Figura 1.3 - Configurações de transmissão simultânea

Além das possibilidades de ocupação espectral descritas anteriormente, o sistema DRM apresenta modos de robustez que definem os parâmetros relativos a capacidade (taxa de bits úteis) e a robustez ao ruído, multipercurso e efeito Doppler. Estes modos de transmissão estão presentes na Tabela 1.1 de acordo com a destinação típica em que os modos são submetidos.

Tabela 1.1 - Modos de transmissão do sistema DRM

Modo de Transmissão	Condições de Propagação
A	Canais Gaussianos com desvanecimento mínimo
B	Canais seletivos no tempo e na frequência, com atrasos longos
C	Semelhante ao modo B, porém com alto efeito Doppler
D	Semelhante ao modo B, porém com atraso e efeito Doppler severos

O modo de transmissão A é aplicado para transmissão em canais típicos de onda média (durante o dia) e onda longa, cuja propagação é baseada essencialmente por ondas terrestres ou de superfície. Os outros três são aplicados para transmissão em canais típicos de onda curta e onda média à noite, em que a propagação por ondas ionosféricas é relevante.

O sinal transmitido é organizado em super frames de transmissão. Cada super frame de transmissão consiste em três frames de transmissão, sendo que cada frame de transmissão tem duração T_f igual a 400 ms e é composto por N_s símbolos OFDM, numerados de 0 a N_s-1 . Todos os símbolos carregam dados e informação de referência.

Cada símbolo OFDM é constituído por K subportadoras e transmitido com duração T_s . O índice k de cada subportadora pertence ao intervalo $[K_{\min}, K_{\max}]$. T_s é a soma da duração da parte útil (T_u) do símbolo e da duração do intervalo de guarda (T_g). O intervalo de guarda consiste na repetição do final da parte útil do símbolo, inserida antes deste. O espaçamento entre portadoras adjacentes é $1/T_u$.

Um símbolo do sinal OFDM é dividido em células, cada célula correspondendo à modulação de uma subportadora na duração de um símbolo.

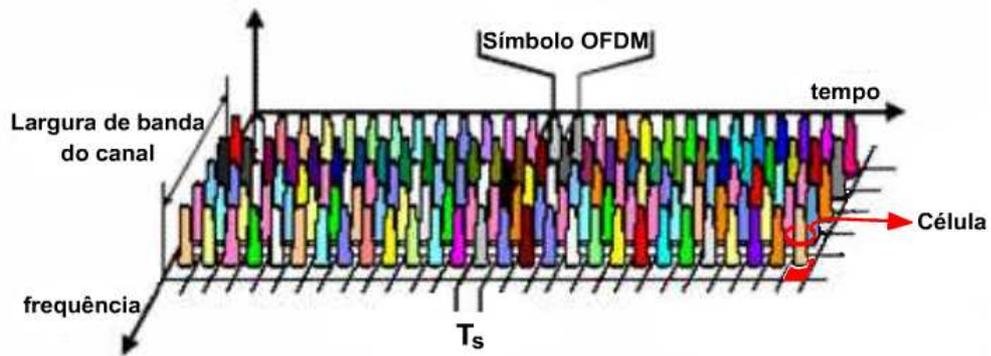


Figura 1.4 - Símbolos e células OFDM

Os principais parâmetros dos modos de transmissão estão descritos na Tabela 1.2.

Tabela 1.2 - Parâmetros OFDM dos modos de transmissão [4]

Parâmetro	Modo de transmissão			
	A	B	C	D
Espaçamento entre portadoras (Δf_p)	41,667 Hz	46,875 Hz	68,182 Hz	107,143 Hz
Duração da parte útil do símbolo ($T_u = 1/\Delta f_p$)	24 ms	21,333 ms	14,667 ms	9,333 ms
Intervalo de guarda (T_g)	2,667 ms	5,333 ms	5,333 ms	7,333 ms
Duração do símbolo OFDM ($T_s = T_u + T_g$)	26,667 ms	26,667 ms	20 ms	16,667 ms
T_g/T_u	1/9	1/4	4/11	11/14

Da Tabela 1.2, verifica-se que o modo A é o que possibilita maior capacidade de dados e menor robustez, pois a duração do intervalo de guarda é o menor e a duração da parte útil é o maior de todos os modos. Os modos B e C possuem o mesmo intervalo de guarda, porém B possui maior capacidade de dados que C, pois a duração da parte útil do símbolo é maior para o modo B que para o C. O modo D apresenta maior intervalo de guarda e menor comprimento da parte útil, sendo assim o modo de maior robustez. Conseqüentemente, o modo D é o que possibilita a menor taxa de dados de todos os modos.

1.3 CODIFICAÇÃO

O sinal de áudio do sistema DRM utiliza a tecnologia MPEG-4, possibilitando a codificação de áudio e voz com baixa taxa de bits provendo qualidade equiparada ao FM analógico.

A codificação de fonte consiste em aproveitar a redundância do sinal para reduzir a quantidade de dados a ser transmitida. O sistema DRM oferece três esquemas de codificação de fonte, sendo todas elas subconjuntos do MPEG-4:

- AAC (*Advanced Audio Coding*) para codificação de áudio para transmissão monofônica ou estereofônica;
- CELP (*Code Excited Linear Prediction*) para codificação de voz em casos em que é necessária alta robustez ou quando só é possível utilizar baixa taxa de bits;
- HVXC (*Harmonic Vector eXcitation Coding*) para codificação de voz para transmissão robusta e com taxa de bits muito baixa.

A Figura 1.5 a seguir ilustra tais codificações.

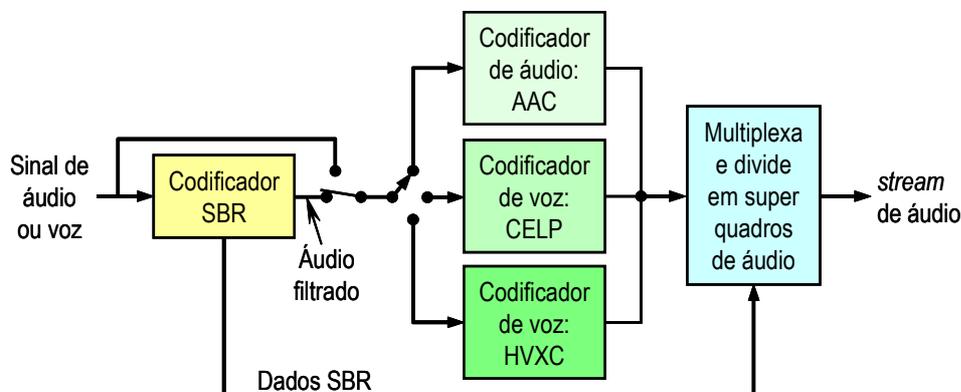


Figura 1.5 - Codificação de fonte do sistema DRM

Além das técnicas de codificação supracitadas, o sistema DRM utiliza a técnica SBR (*Spectral Band Replication*). Essa técnica se baseia na presença de correlação entre as altas e as baixas frequências de um sinal de áudio. A técnica consiste em separar as altas e baixas frequências de um sinal de áudio eliminando posteriormente as altas frequências e enviando somente as baixas frequências para o codificador de fonte. No receptor, as baixas frequências juntamente com algumas informações, possibilitam o receptor recuperar as informações referentes às altas frequências.

2 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

O sistema de radiodifusão digital DRM, assim como o sistema americano HD Radio, opera na mesma faixa de frequência destinada à radiodifusão analógica AM, inclusive por meio da transmissão *simulcast*. Assim, para que haja uma completa avaliação do impacto do sistema sobre a canalização distribuída pelo Plano Básico de Distribuição de Canais de Radiodifusão Sonora em Onda Média – PBOM faz-se necessária a realização de testes de acordo com os critérios abaixo:

- avaliação do desempenho do serviço digital — especialmente, a robustez do sinal digital, a sua área de cobertura e a qualidade do áudio digital;
- avaliação da compatibilidade do sinal DRM com a canalização distribuída pelo PBOM — isto é, avaliação da interferência mútua entre o sinal digital e os sinais analógicos AM existentes, incluindo aquele que hospeda o sinal digital.

2.1 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO SERVIÇO DIGITAL

A avaliação do desempenho do serviço digital do sinal DRM compreende a avaliação dos seguintes quesitos:

- **Qualidade do áudio digital transmitido.** A qualidade do áudio transmitido é caracterizada basicamente pela sua largura espectral (ou largura de banda) e pelo número de canais. Na radiodifusão digital em onda média, a largura da banda de transmissão é muito pequena, por isso o sinal de áudio precisa ser codificado a taxas de bits muito baixas, geralmente menores do que 40 kbps e, às vezes, em torno ou menores do que 20 kbps. Isso obriga que se reduza a largura espectral do áudio codificado e pode não ser possível a transmissão de áudio estereofônico.
- **Robustez do sinal digital.** A robustez de um sinal de rádio é caracterizada pela sua capacidade para suportar a interferência de outros sinais de rádio (especialmente sinais localizados no mesmo canal e no primeiro e segundo canais adjacentes, inferiores e superiores) e para suportar os efeitos deteriorantes do canal. Na radiodifusão em onda média por meio de onda de superfície, as principais causas de deterioração da recepção são as interferências de outras emissoras, os ruídos atmosféricos, ruídos causados pelo homem e a atenuação causada por estruturas tais como pontes, viadutos e túneis. Quando a recepção é por meio de onda ionosférica, os efeitos do multipercurso podem também causar degradação significativa.
- **Área de cobertura do sinal digital.** A área de cobertura de uma emissora de rádio é a área em torno da antena transmissor, na qual o sinal pode ser recebido com uma qualidade mínima especificada. A sua extensão depende da potência de transmissão, da robustez do sinal

transmitido, do nível das interferências e do nível de outras deteriorações sofridas pelo sinal radiado.

Os sinais digitais são geralmente mais robustos do que os sinais analógicos. Na transmissão DRM *simulcast*, a potência média contida no sinal digital é apenas 2,5%, aproximadamente, da potência média do sinal analógico AM [1]. Apesar disso, é esperado que a área de cobertura do sinal DRM digital seja praticamente a mesma área de cobertura do sinal analógico AM.

2.1.1 Qualidade objetiva do sinal recebido

A área de cobertura de uma emissora de rádio, como anteriormente descrita é a área em torno da antena transmissora na qual o sinal pode ser recebido com uma qualidade mínima especificada. Em princípio, essa qualidade mínima deveria ser especificada por meio de uma medida subjetiva de qualidade para o áudio recebido. Contudo, medidas desse tipo são muito difíceis de serem realizadas, por isso procura-se estabelecer relações entre tais medidas e uma medida objetiva de qualidade, que seja mais fácil de ser realizada. Para radiodifusão analógica, a medida objetiva usada é a razão sinal-ruído medida na entrada do receptor. Para radiodifusão digital, uma medida mais apropriada é algum tipo de taxa de erro dos dados recebidos.

As degradações sofridas pelo sinal DRM na transmissão — devidas ao ruído, interferências e multipercurso — causam principalmente interrupções no sinal de áudio apresentado ao ouvinte. Nos testes com o sistema DRM, para avaliar de forma objetiva a degradação causada pela transmissão ao sinal de áudio entregue ao ouvinte, tem-se utilizado uma figura de mérito denominada AudioQ, assim definida:

$$\text{AudioQ} = \frac{\text{Número de quadros de áudio corretamente decodificados}}{\text{Número de quadros de áudio recebidos}} \quad (2.1)$$

No sistema DRM, cada quadro de áudio tem duração de 40 ms. O sinal DRM transmitido é, por sua vez, constituído de quadros de transmissão com duração de 400 ms. Portanto, cada quadro de transmissão contém 10 quadros de áudio. A cada conjunto de bits que representa um quadro de áudio são acrescentados oito bits CRC (*cyclic redundancy check*) que permitem ao receptor verificar a integridade do quadro de áudio recuperado [4].

Não há ainda uma definição clara de qual deve ser o valor mínimo de AudioQ para que uma recepção possa ser considerada de boa qualidade e do intervalo de tempo (ou quantidade de quadros de áudio) sobre o qual a medida deve ser feita. Em alguns campanhas de testes DRM, foi considerado que uma AudioQ igual ou superior a 98% é suficiente para que a recepção seja classificada como de

boa qualidade: ou seja, uma recepção em que as deteriorações ou interrupções sofridas pelo áudio tocado não são percebidas pelo ouvinte ou, pelo menos, não o incomodam [1] .

2.1.2 Provável impacto das interferências na área de cobertura

Um dos fatores que limita a área de cobertura do sinal de uma emissora de rádio é a interferência de sinais de outras emissoras com sinal analógico ou digital. Portanto, é preciso avaliar a robustez do sinal DRM digital em relação aos efeitos de três tipos de sinais interferentes:

- sinal interferente co-canal, ou seja, localizado no mesmo canal utilizado pelo sinal desejado;
- sinal interferente localizado no 1º canal adjacente àquele utilizado pelo sinal desejado;
- sinal interferente localizado no 2º canal adjacente àquele utilizado pelo sinal desejado;

A localização dos sinais, nesse caso, corresponde à localização da portadora do sinal analógico AM e considera a separação de 10 kHz entre portadoras de canais consecutivos, estabelecida no Regulamento Técnico para Emissoras de Radiodifusão Sonora em Onda Média [5] .

A seguir, será feita uma análise do provável impacto causado por cada um desses tipos de sinal interferente na recepção do sinal DRM digital.

Interferência co-canal

No Brasil, os sinais analógicos AM das emissoras em operação devem satisfazer uma a relação de proteção co-canal de 40 dB, durante o período diurno , e de 26 dB, durante o período noturno [5] . Como o sinal DRM digital ocupa um dos canais adjacentes da portadora analógica, a relação de proteção exigida atualmente pela norma é suficiente para garantir que interferências causadas por sinais co-canais a emissora transmissora do sinal *simulcast* não serão relevantes para degradação da área de cobertura digital. Esta conclusão é possível de ser inferida, pois, estes sinais co-canais não iram sobrepor a banda ocupada pelas portadoras OFDM do sinal DRM.

Caso ocorra uma situação em que emissoras co-canais transmitem o sinal DRM (vide Figura 2.1) não haverá degradação da recepção das portadoras digitais, pois mesmo que a transmissão do sinal digital seja no mesmo canal adjacente, a relação de 40 dB ou de 26 dB entre os sinais digitais serão suficientes, pois, de acordo com [6] , a relação entre sinais co-canais digitais requerida é de 15.3 dB.

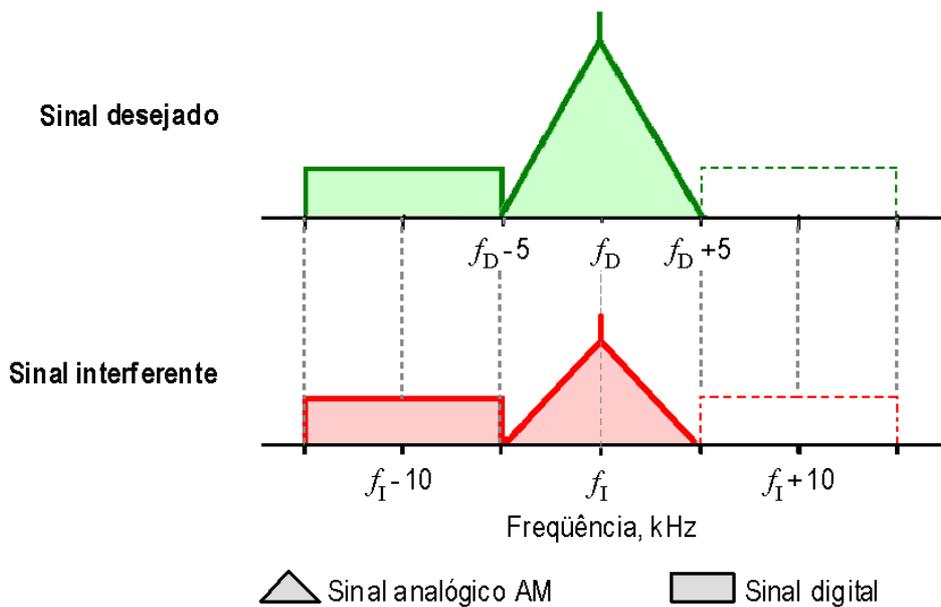


Figura 2.1 - Possível interferência causada por emissora co-canal na área de cobertura do sinal digital.

Interferência localizada no 1º canal adjacente

No Brasil, os sinais analógicos AM das emissoras em operação devem satisfazer uma relação de proteção para canais em primeiro adjacente de 6 dB [5]. Assim, caso haja uma emissora em primeiro adjacente cuja distância em relação à emissora transmissora do sinal DRM seja relevante, é possível que haja degradação da área de cobertura digital pois o sinal desta emissora será co-canal a banda destinada às portadoras digitais, como pode ser visto na Figura 2.2.

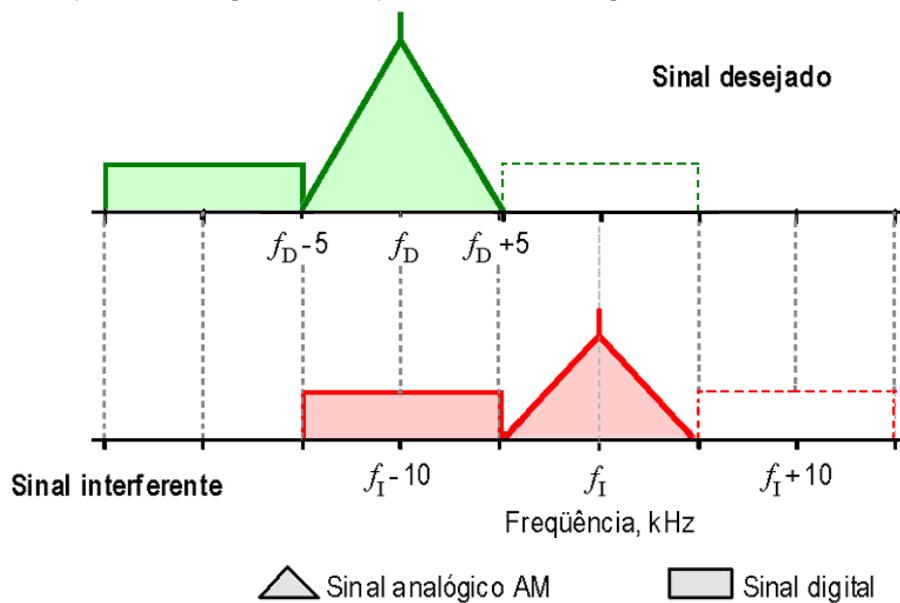


Figura 2.2 - Possível interferência causada por emissora em 1º adjacente na área de cobertura do sinal digital.

Para esta situação, caso a relação de proteção esteja no limite de 6 dB exigido, o sinal digital será interferido por um sinal co-canal com potência de 10 dB acima, considerando uma relação entre o sinal digital e a portadora analógica é de 16 dB. À noite, devido à propagação por onda ionosférica, a probabilidade de ocorrer interferências é ainda maior, contudo, pode-se optar pelo modo de robustez que ofereça a proteção desejada. É importante frisar que é possível diminuir sensivelmente esta probabilidade de impacto já que o sinal digital pode ser alocado tanto na banda lateral superior como na inferior.

Interferência localizada no 2º canal adjacente

No Brasil, os sinais analógicos AM das emissoras em operação devem satisfazer uma relação de proteção para canais em segundo adjacente de $-29,5$ dB [5]. Assim, caso haja uma emissora em segundo adjacente cuja distância em relação à emissora transmissora do sinal DRM seja relevante, é possível que haja degradação da área de cobertura digital pois o sinal desta emissora estará em um canal em primeiro adjacente a banda destinada às portadoras digitais, como pode ser visto na Figura 2.3.

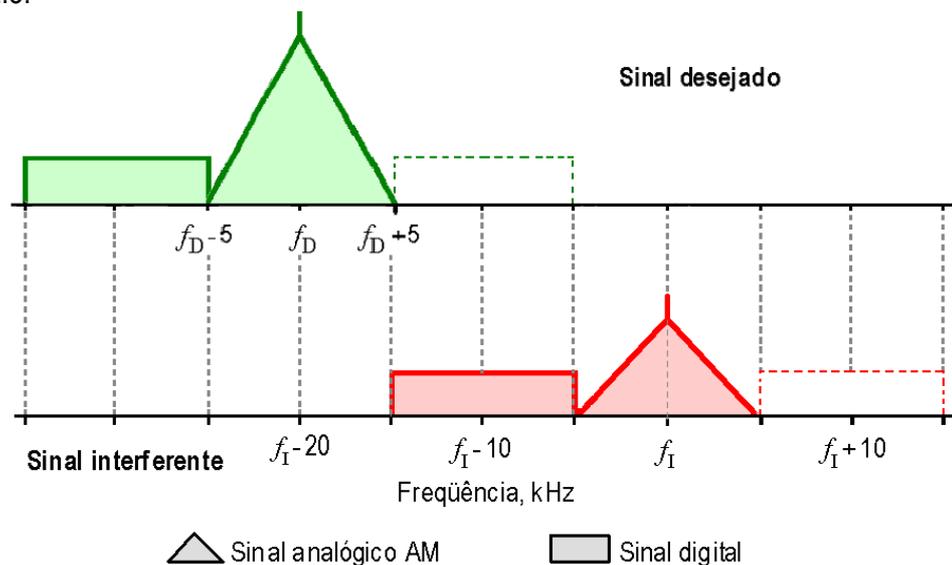


Figura 2.3 - Possível interferência causada por emissora em 2º adjacente na área de cobertura do sinal digital.

Para esta situação, caso a relação de proteção esteja no limite de $-29,5$ dB exigido, o sinal digital será interferido por um sinal em primeiro adjacente com potência de 45,5dB acima, pois a relação entre o sinal digital e a portadora analógica é de 16dB. No pior caso, em que há interferência co-canal entre sinais digitais, a relação D/I entre os sinais digitais será de $-29,5$ dB, situação na qual

não será possível a recepção digital já que tal razão extrapola sensivelmente o limite de 15,3 dB estabelecido em [6] .

É importante frisar que é possível diminuir sensivelmente esta probabilidade de impacto já que o sinal digital pode ser alocado tanto na banda lateral superior como na inferior. Além disso, os receptores digitais modernos são muito seletivos permitindo que interferências provenientes de canais adjacentes sejam bastante atenuadas.

2.2 AVALIAÇÃO DA COMPATIBILIDADE

A avaliação da compatibilidade do sinal DRM em modo *simulcast* com a canalização analógica distribuída pelo PBOM compreende a avaliação dos seguintes itens:

- impacto interferente do sinal DRM no sinal analógico AM hospedeiro;
- impacto interferente do sinal DRM em sinais analógicos AM localizados no mesmo canal (co-canal) ou em canais adjacentes ao canal do sinal analógico AM hospedeiro do sinal DRM *simulcast*;

2.2.1 Compatibilidade com a canalização AM em onda média

O espectro do sinal DRM em modo *simulcast*, assim como o espectro do sistema americano IBOC Híbrido, fica completamente abaixo dos limites atuais para as emissões de uma emissora analógica AM, estabelecidos pela Anatel [5] . Assim, o radiodifusor que já dispõe de uma emissora AM não precisa conseguir a outorga de um novo canal para a transmissão do sinal DRM digital: ele pode usar o canal que já dispõe.

Contudo, deve ser avaliado o impacto interferente que o sinal DRM digital pode ter sobre a recepção de uma emissora analógica AM existente a ponto de reduzir sua área de cobertura, como será discutido a seguir.

2.2.2 Impacto na recepção do sinal analógico AM hospedeiro

De acordo com o exposto no Capítulo 2, o sinal DRM *simulcast* pode ser gerado em diferentes configurações. Em qualquer das configurações o sinal DRM ocupa uma das bandas laterais adjacentes ao sinal analógico. Os testes realizados no México utilizaram os modos apontados na Figura 1.3 com uma relação de 16 dB entre o sinal analógico e o sinal DRM digital (cerca de 2,5%). Com esta configuração não houve degradação na recepção do sinal AM analógico hospedeiro [1] . Este valor foi

estabelecido de modo a balancear a área de cobertura digital e analógica e, ao mesmo tempo, garantir que o sinal DRM não interfira na recepção analógica.

2.2.3 Impacto na recepção de sinais analógicos AM não-hospedeiros

Com relação a sinais analógicos AM não hospedeiros, existem três tipos de compatibilidade que precisam ser avaliados: co-canal, 1º canal adjacente e 2º canal adjacente.

Impacto na recepção de sinais AM localizados em co-canais

A adição do sinal DRM digital ao sinal analógico AM de uma emissora não deverá causar interferência adicional significativa na recepção do sinal analógico AM de outras emissoras que utilizam o mesmo canal da emissora “interferente”. Isso se deve a dois fatos:

- a potência do sinal digital interferente é muito menor (da ordem de 2,5%) do que a potência do sinal analógico AM interferente (hospedeiro do sinal digital), que por sua vez deve ter um nível muito menor do que o nível do sinal interferido, dentro do contorno protegido desse último — no Brasil, é estabelecida uma relação de proteção de 40 dB, para o período diurno, e de 26 dB, para o período noturno;
- a banda lateral do sinal digital interferente, não coincide espectralmente com o sinal analógico AM interferido (ou desejado) — veja ilustração mostrada na Figura 2.4.

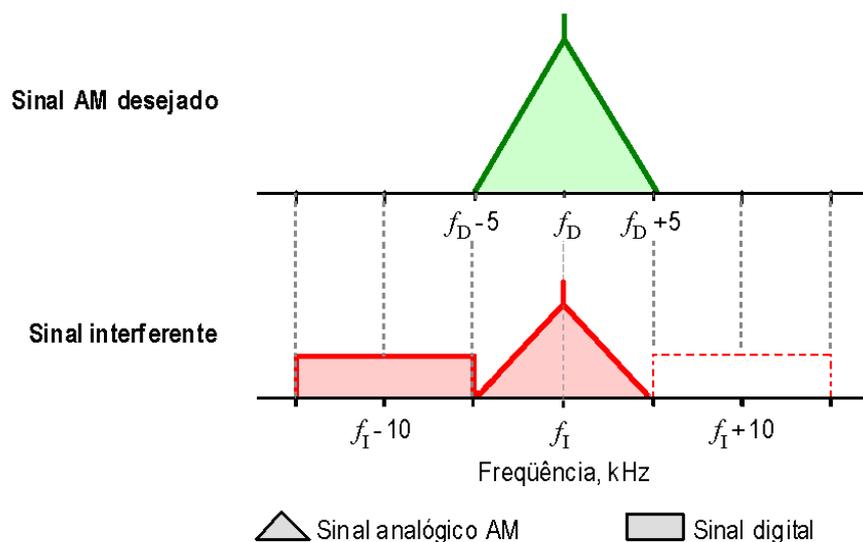


Figura 2.4 - Ilustração da interferência potencial causada por um sinal DRM em um sinal analógico AM, quando ambos usam o mesmo canal (co-canal).

Impacto na recepção de sinais AM localizados no 1º canal adjacente

A Figura 2.5 ilustra o caso em que uma emissora AM (emissora desejada) está sofrendo a interferência de um sinal DRM cuja portadora AM está separada de 10 kHz da portadora AM do sinal desejado. É importante notar que o sinal analógico AM interferente é, para o sinal analógico AM desejado, uma interferência em canal adjacente, contudo o sinal DRM digital representa uma interferência co-canal. Portanto, a recepção do sinal analógico AM desejado será deteriorada devido à presença do sinal DRM digital interferente, independente de quão estreita possa ser a banda passante do receptor analógico AM. O nível da interferência digital é primariamente dependente da razão D/I.

No Brasil, uma emissora AM é protegida de interferência localizada em seu 1º canal adjacente por uma razão D/I no seu contorno protegido de no mínimo +6 dB [5]. Por outro lado, essa mesma emissora é protegida de interferência co-canal por uma razão D/I no seu contorno protegido de no mínimo +40 dB, durante o período diurno, e +26 dB, durante o período noturno.

Suponha a seguinte situação: o nível do sinal analógico AM de uma emissora desejada é, no seu contorno protegido, aproximadamente 6 dB maior do que o nível do sinal analógico AM de uma emissora interferente localizada no 1º canal adjacente. Nessa situação, em relação às bandas laterais do sinal DRM interferente que coincidem com o sinal analógico AM desejado, a razão D/I será de aproximadamente +22 dB [7] — esse valor é obtido utilizando a razão de 16 dB entre a emissora analógica e digital do sinal *simulcast* [1].

Essa razão D/I é razoavelmente menor do que os +26 dB exigidos atualmente para o período noturno e muito menor do que os +40 dB, para o período diurno. Portanto, nessa situação, é provável que a presença do sinal DRM digital interferente cause uma significativa piora na qualidade da recepção do sinal analógico AM desejado, em parte da sua área de cobertura. É importante mencionar ainda que a qualidade subjetiva do áudio entregue por um receptor analógico AM é mais afetada por um sinal digital interferente do que por um sinal analógico AM interferente [8].

Nota 1: Apesar da suposta interferência, é possível que o radiodifusor escolha a banda lateral na qual transmitirá o sinal DRM digital [1], pois de acordo com a Figura 1.3, o sinal digital pode ser alocado na banda lateral inferior ou superior (vide linha tracejada das Figuras 3.1, 3.2 e 3.3). Assim, de acordo com a distribuição de canais do PBOM para a região, pode-se diminuir consideravelmente a probabilidade de interferência em canais adjacentes simplesmente escolhendo adequadamente a banda a ser alocada para transmissão digital.

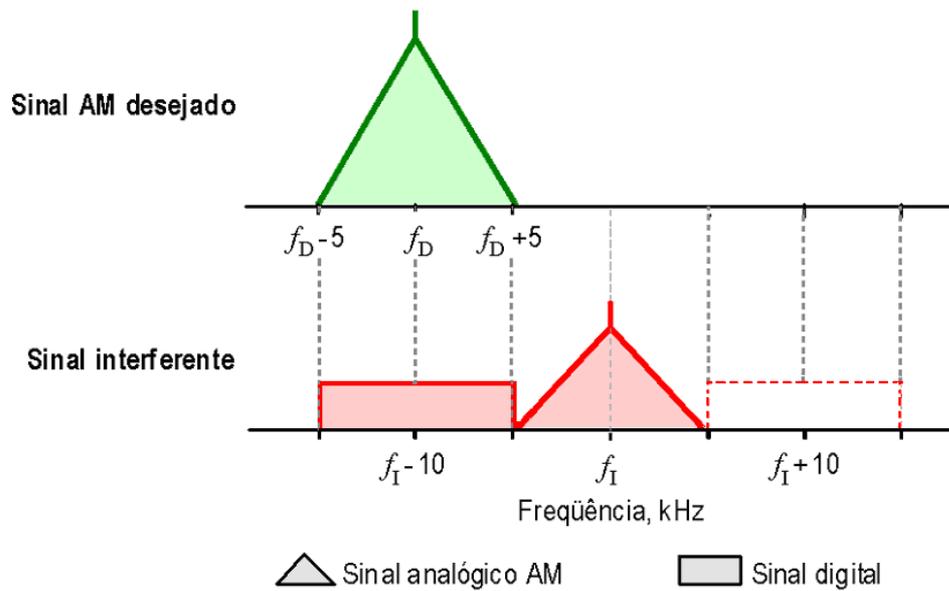


Figura 2.5 - Ilustração da interferência potencial causada por um sinal DRM em um sinal analógico AM, quando a separação espectral entre as suas portadoras AM é de 10 kHz (1ª adjacente).

Impacto na recepção de sinais AM localizados no 2º canal adjacente

A Figura 2.6 ilustra o caso em que uma emissora AM (emissora desejada) está sofrendo a interferência de um sinal DRM cuja portadora AM está separada de 20 kHz da portadora AM do sinal desejado. Nesse caso, o sinal DRM constitui uma interferência localizada no 1º canal adjacente, embora o sinal analógico AM interferente esteja no 2º canal adjacente. Portanto, a deterioração causada pelo sinal DRM digital interferente à qualidade da recepção do sinal analógico AM desejado será dependente da seletividade do receptor analógico usado e, naturalmente, da razão D/I no ponto de recepção.

As normas atuais da Anatel permitem uma razão de D/I de -29,5 dB no contorno protegido de uma emissora AM, quando o sinal interferente (analógico AM) está localizado no 2º canal adjacente ao da emissora desejada [5]. Por outro lado, para um sinal analógico AM interferente localizado no 1º canal adjacente, é especificada uma razão D/I mínima de +6 dB.

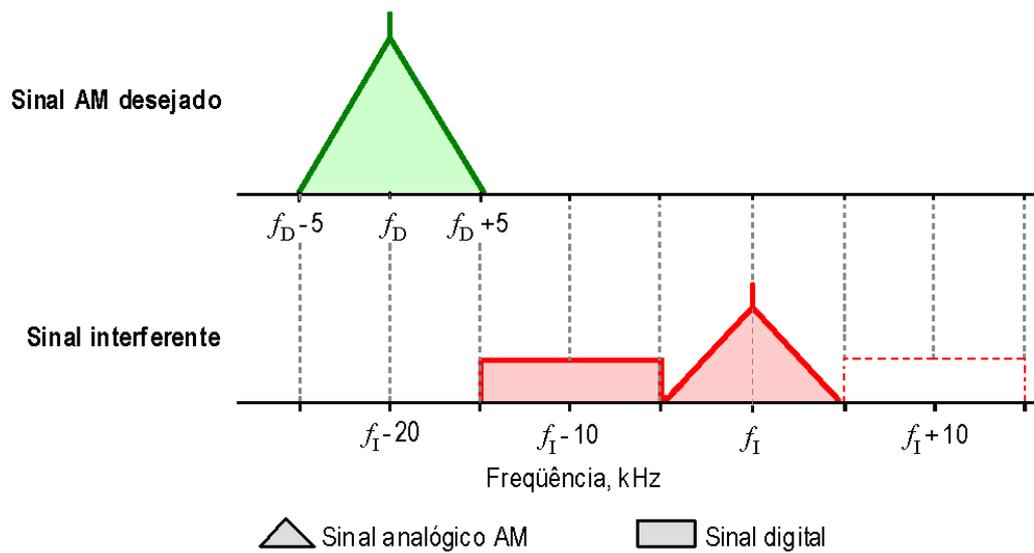


Figura 2.6 - Ilustração da interferência potencial causada por um sinal DRM em um sinal analógico AM, quando a separação espectral entre as suas portadoras AM é de 20 kHz (2º adjacente).

Assim, se o nível do sinal analógico AM de uma emissora desejada for, no seu contorno protegido, 29,5 dB menor do que o nível do sinal analógico AM de uma emissora interferente localizada no seu 2º canal adjacente, a banda lateral do sinal DRM digital localizada no 1º canal adjacente constituirá um sinal interferente para o qual a razão D/I será de aproximadamente - 13,5 dB [7] — esse valor é obtido utilizando a razão de 16 dB entre a emissora analógica e digital do sinal *simulcast* [1]. Essa razão D/I é muito menor do que os +6 dB exigidos atualmente pelas normas da Anatel. Conseqüentemente, nessa situação, é esperado que a qualidade da recepção do sinal analógico AM desejado seja, em parte da sua área de cobertura, afetada pela presença do sinal DRM digital interferente¹.

¹ Vide **Nota 1**, pg. 36.

REFERÊNCIAS

- [1] ITU-R, Document 6E/403-E, *Digital Radio Mondiale (DRM): MW Simulcast Tests in México D.F., August 2006*.
- [2] Planejamento dos Testes com o Sistema DRM em Onda Média em Brasília, parceria entre UnB, Radiobrás e Consórcio DRM.
- [3] NEVES, RAFAEL GRANJA, Radiodifusão Local na Faixa de 26 MHz Usando DRM – Resultados de Testes em Brasília [Distrito Federal] 2007.
- [4] ETSI: “*Digital Radio Mondiale (DRM): System Specification*”, Version 2.1.1, 2004-06.
- [5] Anatel, Regulamento Técnico para Emissoras de Radiodifusão Sonora em Onda Média e Ondas Tropicais (Resolução nº116, de 20 de março de 1999, D.O.U. 26/03/1999 – Alterada pela resolução nº 363, de 20 de abril de 2004).
- [6] Rec. ITU-R BS.1615, “*Planning Parameters for digital sound broadcasting at frequencies below 30 MHz, 2003*”.
- [7] Estudo de Compatibilidade.
- [8] ITU – Doc. 6E/301-E, *RF Protection Ratios for Digital Sound Broadcasting Below 30 MHz*, março de 2003.
- [9] Rec. ITU-R BS.1248-1, *General methods for the subjective assessment of sound quality*, 2003.