

RELATÓRIO DOS TESTES REALIZADOS EM BRASÍLIA COM O SISTEMA DRM COM TRANSMISSÕES HÍBRIDAS EM ONDAS MÉDIAS

Agosto de 2008

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABELAS	vi
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Escopo e objetivos dos testes	1
2 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DRM.....	2
3 SISTEMA DE TRANSMISSÃO	4
4 SISTEMA DE MEDIÇÃO	8
5 METODOLOGIA DE TESTE	9
6 MEDIÇÕES REALIZADAS	10
6.1 MEDIÇÕES AO LONGO DA ROTA RADIAL SUDESTE	11
6.2 MEDIÇÕES EM ÁREAS ESPECÍFICAS.....	14
6.2.1 Medições na Asa Norte	14
6.2.2 Medições em Sobradinho	23
6.2.3 Medições no setor industrial do Gama.....	27
7 ANÁLISES E CONCLUSÕES	36
8 COMENTÁRIOS FINAIS	38
Apêndice A – ROTAS DE TESTE	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Configurações DRM híbridas <i>simulcast</i> utilizadas nos testes.....	2
Figura 3.1 – Localização da antena transmissora da Rádio Nacional AM de Brasília.	5
Figura 3.2 – Configuração da estação da Rádio Nacional AM, após a instalação do excitador DRM.	6
Figura 3.3 – Espectro do sinal híbrido, com o sinal digital DRM posicionado abaixo do sinal analógico AM.....	7
Figura 3.4 – Espectro do sinal híbrido, com o sinal digital DRM posicionado acima do sinal analógico AM.....	7
Figura 4.1 – Veículo de medição utilizado nos testes.	8
Figura 4.2 – Sistema de recepção e de medida que será utilizado na realização dos testes.....	8
Figura 6.1 – Mapa com as rotas radiais.	11
Figura 6.2 – Resultados das medições em movimento para o sinal digital DRM realizadas ao longo da rota radial sudeste: gráficos do estado da recepção, da distância ao transmissor, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.	12
Figura 6.3 – Fotografia do local distante 74,6 km do transmissor, na rota radial sudeste, onde foram realizadas medições com recepção fixa.	13
Figura 6.4 – Resultados das medições fixas para o sinal digital DRM realizadas a 74,6 km do transmissor, na rota radial sudeste: gráficos do estado da recepção, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.	14
Figura 6.5 – Mapa mostrando a rota da Asa Norte, com a indicação do estado da recepção DRM ao longo dessa rota.	15
Figura 6.6 – Medições em movimento para o sinal digital DRM realizadas em rota localizada na Asa Norte: gráficos do estado da recepção, da distância ao transmissor, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.....	16
Figura 6.7 – Fotografia do ponto P1 da Asa Norte, onde foram realizadas medições fixas.	18
Figura 6.8 – Medições fixas para o sinal digital DRM realizadas no ponto P1 Asa Norte: gráficos do estado da recepção, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.	18
Figura 6.9 – Fotografia do ponto P2 da Asa Norte, onde foram realizadas medições fixas.	19
Figura 6.10 – Medições fixas para o sinal digital DRM realizadas no ponto P2 Asa Norte: gráficos do estado da recepção, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.	19
Figura 6.11 – Fotografia do ponto P3 da Asa Norte, onde foram realizadas medições fixas.	20
Figura 6.12 – Medições fixas para o sinal digital DRM realizadas no ponto P3 Asa Norte: gráficos do estado da recepção, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.	20
Figura 6.13 – Fotografia do ponto P4 da Asa Norte, onde foram realizadas medições fixas.	21

Figura 6.14 – Medições fixas para o sinal digital DRM realizadas no ponto P4 Asa Norte: gráficos do estado da recepção, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.	21
Figura 6.15 – Fotografia do ponto P5 da Asa Norte, onde foram realizadas medições fixas.	22
Figura 6.16 – Medições fixas para o sinal digital DRM realizadas no ponto P5 Asa Norte: gráficos do estado da recepção, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.	22
Figura 6.17 – Mapa mostrando a rota de Sobradinho.	23
Figura 6.18 – Medições em movimento para o sinal digital DRM realizadas em rota localizada em Sobradinho: gráficos do estado da recepção, da distância ao transmissor, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.	24
Figura 6.19 – Medições fixas para o sinal digital DRM realizadas no ponto P1 de Sobradinho: gráficos do estado da recepção, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.	25
Figura 6.20 – Medições fixas para o sinal digital DRM realizadas no ponto P2 de Sobradinho: gráficos do estado da recepção, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.	25
Figura 6.21 – Medições fixas para o sinal digital DRM realizadas no ponto P3 de Sobradinho: gráficos do estado da recepção, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.	26
Figura 6.22 – Medições fixas para o sinal digital DRM realizadas no ponto P4 de Sobradinho: gráficos do estado da recepção, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.	26
Figura 6.23 – Mapa mostrando a rota percorrida na cidade do Gama.	27
Figura 6.24 – Medições para o sinal digital DRM realizadas em movimento em rota localizada no Gama: gráficos do estado da recepção, da distância ao transmissor, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.	28
Figura 6.25 – Fotografia do ponto P1 do Gama, onde foram realizadas medições fixas.	29
Figura 6.26 – Medições fixas para o sinal digital DRM realizadas no ponto P1 do Gama: gráficos do estado da recepção, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.	30
Figura 6.27 – Espectro do sinal híbrido medido no ponto P1 do Gama.	30
Figura 6.28 – Fotografia do ponto P2 do Gama, onde foram realizadas medições fixas.	31
Figura 6.29 – Medições fixas para o sinal digital DRM realizadas no ponto P2 do Gama: gráficos do estado da recepção e da intensidade de campo elétrico versus tempo.	32
Figura 6.30 – Espectro do sinal híbrido medido no ponto P2 do Gama.	32
Figura 6.31 – Fotografia do ponto P3 do Gama, onde foram realizadas medições fixas.	33

Figura 6.32 – Medições fixas para o sinal digital DRM realizadas no ponto P3 do Gama: gráficos do estado da recepção, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.	34
Figura 6.33 – Espectro do sinal híbrido medido no ponto P3 do Gama.	34
Figura 6.34 – Fotografia do ponto P4 do Gama, onde foram realizadas medições fixas e que estava distante de P1 aproximadamente 100 m.	35
Figura 6.35 – Medições fixas para o sinal digital DRM realizadas no ponto P4 do Gama: gráficos do estado da recepção, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.	36
Figura A.1 – Rotas escolhidas para realização das medidas.	40
Figura A.2 – Rotas radiais.	40
Figura A.3 – Rotas circular sobre o contorno de 100 mV/m.	44
Figura A.4 – Rota circular sobre o contorno de 10 mV/m.	44
Figura A.5 – Rota central do Plano Piloto.	46
Figura A.6 – Rota do Lago Norte.	47
Figura A.7 – Rota da Asa Norte.	48
Figura A.8 – Rota 10: Águas Claras, Taguatinga Sul e Samambaia.	49
Figura A.9 – Rota 11: Taguatinga Norte e Ceilândia.	50
Figura A.10 – Rota 12: Sobradinho.	51
Figura A.11 – Rota 13: Setor Industrial do Gama.	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Configuração DRM utilizada na transmissão em Brasília.....	4
Tabela 3.1 – Características da estação transmissora da Rádio Nacional AM de Brasília e do excitador DRM que foi instalado nessa estação.	6
Tabela 4.1 – Principais equipamentos de medidas.	9
Tabela A.1 – Rotas ao longo das quais se pretendia fazer medições.	39
Tabela A.2 - Pontos da rota radial sudoeste (rota 1) onde seriam feitas medidas com recepção fixa.....	41
Tabela A.3 - Pontos da rota radial nordeste (rota 2) onde seriam feitas medidas com recepção fixa.....	41
Tabela A.4 – Pontos da rota radial noroeste (rota 3) onde seriam feitas medidas com recepção fixa.....	42
Tabela A.5 – Pontos da rota radial sudeste (rota 4) onde seriam feitas medidas com recepção fixa.....	42
Tabela A.6 – Pontos da rota circular para 100 mV/m onde seriam feitas medidas com recepção fixa.....	43
Tabela A.7 – Pontos da rota circular para 10 mV/m onde seriam feitas medidas com recepção fixa.....	45
Tabela A.8 – Pontos da rota central do Plano Piloto onde seriam feitas medidas com recepção fixa.....	45
Tabela A.9 – Pontos da rota do Lago Norte onde seriam feitas medidas com recepção fixa.....	46
Tabela A.10 – Pontos da rota da Asa Norte onde seriam feitas medidas com recepção fixa.	47
Tabela A.11 – Pontos da rota 10 onde seriam feitas medidas com recepção fixa.	49
Tabela A.12 – Pontos da rota 11 onde seriam feitas medidas com recepção fixa.	50
Tabela A.13 – Pontos da rota de Sobradinho (rota 12) onde seriam feitas medidas com recepção fixa.	51
Tabela A.0.14 – Pontos da rota do Gama (rota 13) onde seriam feitas medidas com recepção fixa.....	52

1 INTRODUÇÃO

Esse documento é o relatório final sobre os testes realizados em Brasília com o sistema de radiodifusão digital DRM (Digital Radio Mondiale), com transmissão híbrida *simulcast* em onda média. A realização desses testes resultou de uma cooperação entre a Radiobrás, a Universidade de Brasília (UnB) e o Consórcio DRM. O Ministério das Comunicações, por meio da Secretaria de Serviços de Comunicação Eletrônica, também teve importante participação no trabalho realizado.

Para a realização dos testes, foi instalado um excitador DRM na estação da Rádio Nacional AM de Brasília, que passou a transmitir por um período tempo um sinal híbrido constituído de um sinal analógico AM e de um sinal digital DRM, ambos transportando o mesmo programa radiofônico. A Rádio Nacional AM de Brasília transmite na frequência de 980 kHz, com uma potência de 50 kW, no período diurno. A transmissão híbrida foi realizada por um período de apenas três semanas, do dia 12 de outubro de 2007 a 1 de novembro de 2007, tendo sido interrompida devido a uma avaria no transmissor da Rádio Nacional AM, causada por uma descarga elétrica.

1.1 Escopo e objetivos dos testes

O sinal híbrido transmitido pela Rádio Nacional AM podia ter uma das configurações espectrais mostradas na Figura 1.1. A largura espectral do sinal digital DRM foi de 10 kHz e pôde ser transmitido na faixa de frequência adjacente superior ou inferior àquela ocupada pelo sinal analógico AM. A potência do sinal digital DRM foi aproximadamente 16 dB menor que a potência da portadora do sinal analógico AM. Essa relação de 16 dB propicia um compromisso satisfatório entre a cobertura do sinal digital DRM e a degradação que ele causa na recepção do sinal analógico AM hospedeiro [1, 2]. Com esse nível de potência, o sinal híbrido fica contido dentro da máscara espectral que especifica, em função da frequência, os limites para as emissões de uma estação AM [3].

Os objetivos originalmente estabelecidos para os testes foram os seguintes:

1. avaliar o desempenho da transmissão digital DRM, isto é, avaliar a sua área de cobertura, a sua robustez e a qualidade do áudio transmitido;
2. avaliar o impacto interferente do sinal digital DRM na recepção do sinal analógico AM que compõe o sinal híbrido *simulcast*;
3. avaliar, na medida do possível, o impacto interferente do sinal digital DRM na recepção de sinais AM de outras emissoras que utilizam canais adjacentes àquele utilizado pela Rádio Nacional AM.

Contudo, a interrupção extremamente prematura das transmissões comprometeu severamente o atingimento desses objetivos.

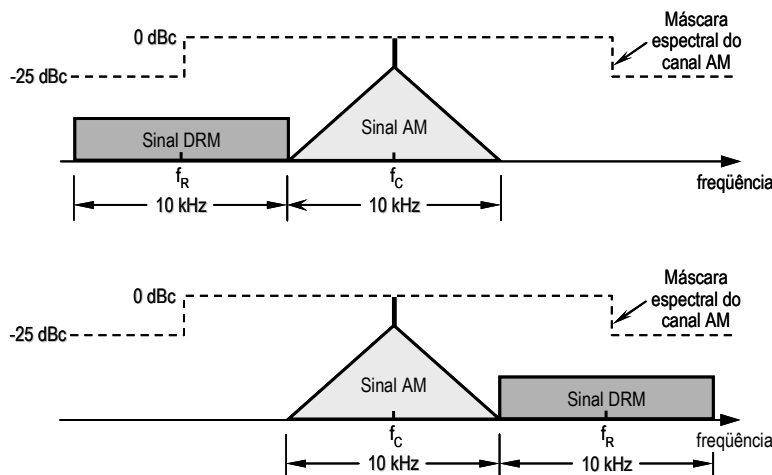


Figura 1.1 – Configurações DRM híbridas *simulcast* utilizadas nos testes.

2 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DRM

O sistema de radiodifusão digital DRM (Digital Radio Mondiale) pode ser utilizado em qualquer radiofrequência inferior a 30 MHz — isto é, pode ser usado nas faixas LF, MF e HF — para substituir a radiodifusão analógica baseada na modulação de amplitude (AM) [1, 4]. Ele tem a aprovação da União Internacional de Telecomunicações (UIT) e é um padrão ETSI (European Telecommunications Standards Institute) [4,6]. Está prevista para o ano de 2008 a conclusão de uma extensão do sistema DRM para operar na faixa de frequência entre 30 e 120 MHz. Essa versão ou extensão do sistema DRM tem o nome DRM Plus (DRM+) [7]. Os sinais do DRM+ ocupam uma banda com largura de 95 kHz e provê taxas de bits de 35 kbps a 185 kbps.

O sistema DRM permite que vários parâmetros do sistema possam ser alterados de forma a privilegiar a qualidade do áudio transmitido ou a robustez da transmissão em relação aos efeitos dos ruídos, interferências, multipercurso e efeito Doppler. Os principais parâmetros alteráveis são: o modo de transmissão OFDM (*orthogonal frequency division modulation*), as modulações utilizadas, a taxa de codificação para controle de erros e a extensão do *interleaving*. Quanto maior a robustez propiciada pela configuração escolhida menor é a taxa de bits de transmissão efetiva disponível e, conseqüentemente, mais baixa é a qualidade do áudio transmitido. Além dos parâmetros anteriormente citados, é possível escolher uma dentre seis larguras espectrais para o sinal digital DRM; são elas: 4,5 kHz, 5 kHz, 9 kHz, 10 kHz, 18 kHz ou 20 kHz.

Os modos de transmissão OFDM oferecidos pelo sistema DRM são quatro e são identificados pelas letras A, B, C e D. Esses modos se diferenciam na separação entre as portadoras OFDM, na duração dos símbolos OFDM e na duração do intervalo de guarda OFDM [4]. O modo A é o menos robusto e é recomendado para radiodifusão em onda média por meio de onda de superfície. Por isso, esse foi o modo de transmissão OFDM utilizado nos testes em Brasília.

Como foi informado na Introdução, o sinal digital DRM transmitido em Brasília teve largura espectral de 10 kHz. A escolha dessa largura espectral se deveu primeiramente ao fato de se considerar que essa é a largura de um canal AM no Brasil e, portanto, o sinal digital DRM ocupou o canal adjacente (inferior ou superior) àquele ocupado pelo sinal analógico AM da emissora — veja ilustração mostrada na Figura 1.1. Um sinal digital DRM com largura espectral de 20 kHz teria a vantagem de disponibilizar uma capacidade de transmissão muito maior, contudo, é provável que muitos transmissores e sistemas radiantes em uso atualmente não tenham uma resposta de frequência larga o bastante para permitir uma transmissão híbrida com um sinal digital DRM de 20 kHz. Por último, a adição de um sinal digital DRM de 20 kHz a um sinal analógico AM existente poderá causar interferência inaceitável na recepção do sinal analógico AM de uma emissora que utiliza o segundo canal adjacente àquele da emissora que está transmitindo o sinal DRM.

Os componentes de informação multiplexados e transmitidos pelo sistema DRM são divididos em três canais lógicos: o canal de acesso rápido ou FAC (*Fast Access Channel*), o canal de descrição de serviço ou SDC (*Service Description Channel*) e o canal de serviço principal ou MSC (*Main Service Channel*) [1, 4]. O MSC contém os serviços (áudio e dados) e, por isso, detém a maior parte da capacidade de transmissão do sinal DRM. As portadoras que transportam dados do MSC podem utilizar a modulação 16-QAM ou a 64-QAM. O SDC contém a descrição de como decodificar os serviços contidos no MSC. As portadoras que transportam os dados do SDC sempre usam uma modulação mais robusta (isto é, de menor ordem) do que aquela utilizada pelo MSC. Assim, o MSC e o SDC utilizam, respectivamente, 64-QAM e 16-QAM ou 16-QAM e 4-QAM.

O canal de acesso rápido (ou FAC) transporta dados que informam ao receptor a largura espectral do sinal DRM, as modulações usadas com o SDC e com o MSC, o comprimento do embaralhamento (*interleaving*), quantos serviços contém o MSC e o nome desses serviços. O receptor decodifica primeiro o FAC, para depois decodificar o SDC e o MSC. Como o FAC transporta os dados mais críticos do sistema, ele requer maior robustez, que é conseguida com o uso da modulação 4-QAM e de um código FEC mais robusto [4].

Grupos de células OFDM do MSC, e também do SDC, são embaralhadas no tempo com a finalidade de reduzir os efeitos do desvanecimento de curto termo. A extensão (quantidade de células) do embaralhamento pode ser longa ou curta, o que corresponde a um intervalo de tempo de aproximadamente 0,8 s ou 2,4 s, respectivamente [4].

Na transmissão feita em Brasília pela Rádio Nacional AM, a configuração DRM utilizada foi aquela mostrada na Tabela 2.1. Essa configuração foi utilizada em testes similares realizados na Cidade do México, que mostraram ser essa uma configuração apropriada para uma transmissão híbrida *simulcast* em onda média. Pretendia-se realizar testes também com outras configurações mais e menos robustas do que aquela mostrada na Tabela 2.1, contudo, isso não foi possível devido à interrupção prematura das transmissões.

Tabela 2.1 – Configuração DRM utilizada na transmissão em Brasília.

Modo de robustez OFDM	Largura espectral (kHz)	Modulação		Inter_leaving	Taxa do código FEC	Taxa de bits (kbps)
		MSC	SDC			
A	10	64-QAM	16-QAM	Longo (2,4 s)	0,5	22,1

Quanto à codificação de canal do tipo FEC (*forward error correction*), para identificação e correção de bits recuperados com o erro pelo receptor, foi utilizada uma combinação de códigos que resulta em taxa média é igual 0,5. Essa é a combinação de códigos com taxa média mais baixa que o sistema DRM oferece e, conseqüentemente, é a que propicia maior proteção.

O sistema DRM usa o codificador MPEG-4 HE-AAC (High Efficiency – Advanced Audio Coding) para a codificação de áudio — ele oferece também dois codificadores de voz para serviços com transmissão exclusiva de voz [1, 4]. A taxa de 22,1 kbps, disponibilizada pela configuração DRM mostrada na Tabela 2.1, é suficiente para o codificador HE-AAC prover um áudio com qualidade próxima daquela do áudio de uma emissora FM. O sistema DRM oferece o uso de um esquema denominado estéreo paramétrico, em que um sinal de áudio monofônico é codificado e transmitido juntamente com uma informação auxiliar extraída do áudio estereofônico original. O decodificador usa, então, essa informação auxiliar para converter o áudio monofônico em um áudio estereofônico. Esse esquema foi utilizado nas transmissões feitas em Brasília.

3 SISTEMA DE TRANSMISSÃO

A estação da Rádio Nacional AM de Brasília está localizada a aproximadamente 9 km do centro de Brasília, no Setor de Oficinas Sul. A Figura 3.1 mostra um mapa com a sua localização. A Tabela 3.1 contém algumas informações sobre essa estação e sobre o excitador DRM que nela foi instalado para permitir a geração e transmissão do sinal híbrido. A Figura 3.2 mostra, de forma simplificada, a configuração da estação transmissora da Rádio Nacional AM após a instalação do excitador DRM.

O excitador DRM, em cuja entrada o sinal de áudio analógico é aplicado, gera dois sinais para o transmissor AM. Um deles é um sinal de RF que é conectado à entrada de RF externa da placa do oscilador do transmissor AM. Esse sinal é uma portadora modulada em fase pelo sinal digital DRM e ele substitui a portadora que é normalmente gerada pela referida placa do transmissor AM. O segundo sinal gerado pelo excitador DRM é de banda básica e é conectado à placa de entrada analógica do transmissor AM, em substituição ao áudio analógico. Esse sinal é denominado envoltória e o transmissor AM o usa para modular em amplitude a portadora de RF, que já foi previamente modulada em fase pelo excitador DRM. Desse modo, o sinal na saída do transmissor AM é um sinal híbrido DRM.

A Figura 3.3 e a Figura 3.4 mostram dois espectros medidos no ponto de monitoração (ou sonda) da estação da Rádio Nacional AM. Nos dois casos, a potência do sinal digital DRM foi aproximadamente 16 dB menor (ou quarenta vezes menor) que a potência da portadora do sinal analógico. As potências ERP dos sinais analógico AM e digital DRM eram aproximadamente de 50 kW e 1,25 kW, respectivamente.



Figura 3.1 – Localização da antena transmissora da Rádio Nacional AM de Brasília.

Tabela 3.1 – Características da estação transmissora da Rádio Nacional AM de Brasília e do excitador DRM que foi instalado nessa estação.

Emissora		Rádio Nacional AM de Brasília
Radiodifusor		Radiobrás
Localização da estação transmissora		Setor de Oficinas Sul, Brasília, DF
Coordenadas do ponto onde está localizada a antena transmissora		Latitude: 15°49'26,75" S Longitude: 47°57'47,05" W
Transmissor	Fabricante	Harris Corporation
	Modelo	DX 50
	Potência	50 kW
Frequência da portadora AM		980 kHz
Sistema radiante		Antena monopolo vertical de 94 m de altura
Excitador DRM	Fabricante	TRANSRADIO
	Modelo	DMOD2

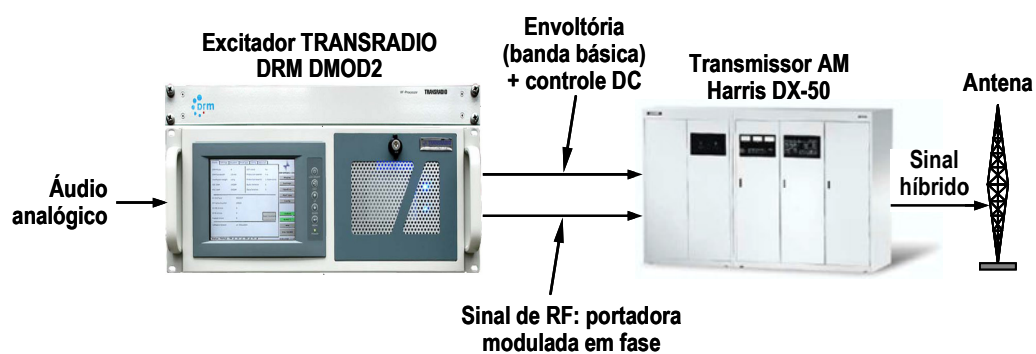


Figura 3.2 – Configuração da estação da Rádio Nacional AM, após a instalação do excitador DRM.

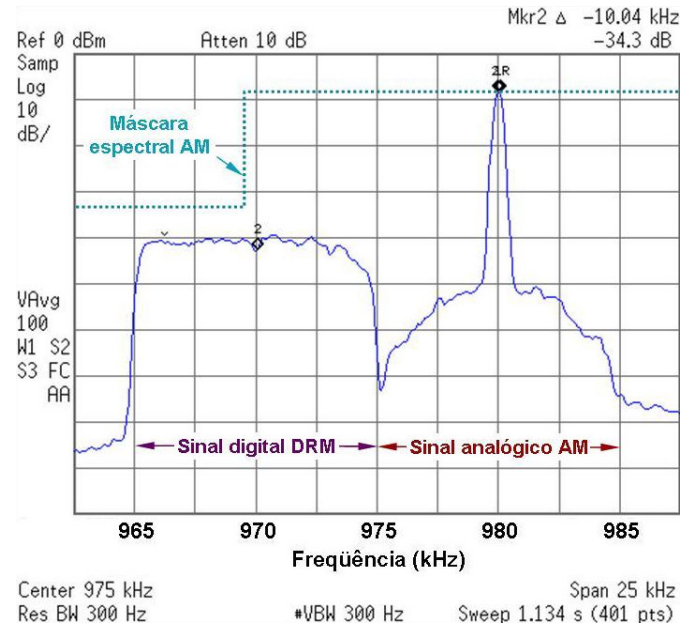


Figura 3.3 – Espectro do sinal híbrido, com o sinal digital DRM posicionado abaixo do sinal analógico AM.

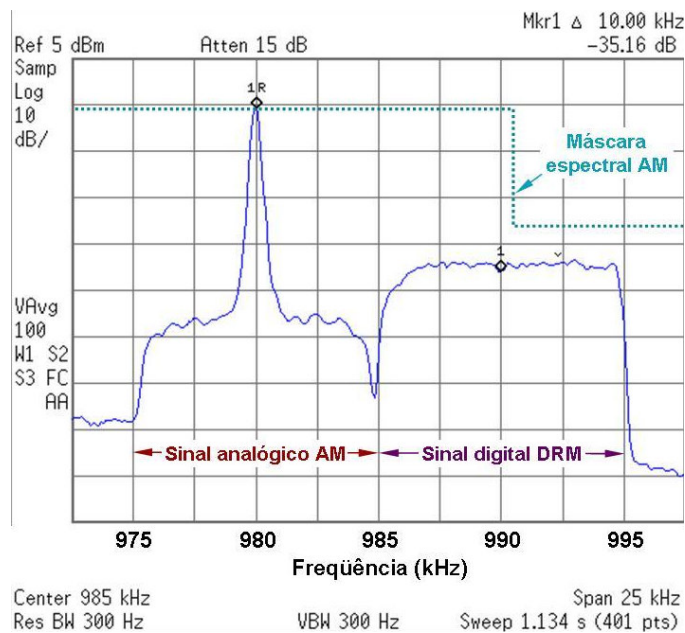


Figura 3.4 – Espectro do sinal híbrido, com o sinal digital DRM posicionado acima do sinal analógico AM.

4 SISTEMA DE MEDIÇÃO

Para realizar as medidas de campo, uma estação móvel de medida foi montada em um veículo do tipo perua *van*, do qual é mostrada uma fotografia na Figura 4.1. Um diagrama de bloco do sistema de medidas que foi instalado nesse veículo é mostrado na Figura 4.2. As especificações dos principais equipamentos que compõem esse sistema são apresentadas na Tabela 4.1.



Figura 4.1 – Veículo de medição utilizado nos testes.

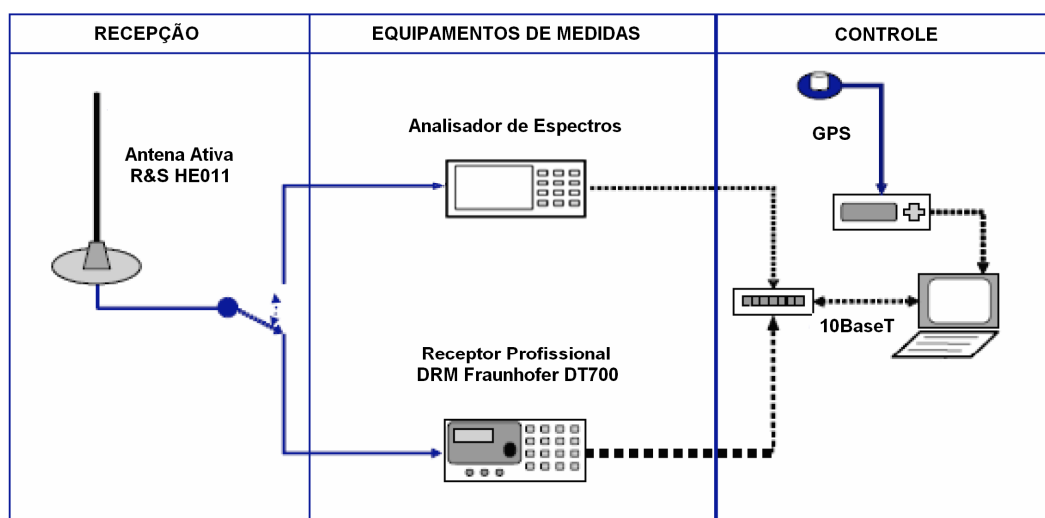


Figura 4.2 – Sistema de recepção e de medida que será utilizado na realização dos testes.

Tabela 4.1 – Principais equipamentos de medidas.

Antena de recepção	Fabricante	Rohde-& Schwarz
	Modelo	R&S HE010
	Tipo	Antena ativa – monopolo curto
Receptor de monitorização DRM	Fabricante	Fraunhofer Institut Integrierte Schaltungen (IIS)
	Modelo	DT 700
Analisador de espectro	Fabricante	Agilent Technologies
	Série	STD ESA-E
	Modelo	E4402B (9 kHz – 3 GHz)

O receptor DT700 é capaz de medir diversos parâmetros do sinal recebido, entre eles os seguintes:

- intensidade do sinal recebido, representada pela intensidade do campo elétrico;
- razão sinal-ruído do sinal digital DRM na recepção;
- integridade dos quadros de áudio recuperados.

A medida de razão sina-ruído é baseada na *modulation error ratio* (MER) [5] , que é uma medida da qualidade do sinal recebido que inclui, na realidade, toda a deterioração presente no sinal que chega ao circuito de decisão do receptor e não apenas a deterioração causada pelo ruído. Assim, essa medida fornece uma indicação da capacidade do receptor para decodificar corretamente o sinal. O receptor DT700 calcula a MER a cada 400 ms, ou seja, a cada quadro de transmissão do sinal DRM.

5 METODOLOGIA DE TESTE

Pretendia-se realizar dois tipos de avaliação com o sistema DRM; a saber:

- avaliação de desempenho — isto é, avaliação da robustez do sinal digital DRM, da sua área de cobertura e da qualidade do áudio digital que ele transmite;
- avaliação de compatibilidade com os sinais analógicos AM existentes — isto é, avaliação da interferência mútua entre o sinal digital e os sinais analógicos AM existentes, incluindo aquele que compõe com ele o sinal híbrido *simulcast*.

A área de cobertura de um sinal digital de radiodifusão pode ser definida como a área contida dentro de um contorno tal que em toda, ou em quase toda, essa área a recepção do sinal ocorre sem perdas ou interrupções perceptíveis. A extensão dessa área depende de vários fatores, tais como a potência efetivamente radiada e, no caso da radiodifusão em ondas médias por meio de onda terrestre, a condutividade elétrica do solo. Outro fator importante é a capacidade do sinal

radiado de resistir às deteriorações que ele pode sofrer até chegar ao receptor. Na radiodifusão em ondas médias por meio de onda terrestre, os ruídos gerados pelo homem, os ruídos atmosféricos e a interferência de outros sinais são as principais causas de deterioração do sinal. Além disso, estruturas tais como pontes, viadutos e túneis podem atenuar fortemente o sinal e, conseqüentemente, a recepção do sinal sob essas estruturas pode ficar muito prejudicada.

Um dos objetivos dos testes era avaliar a robustez do sinal digital DRM em relação às deteriorações anteriormente citadas. É sabido que os sinais digitais são mais robustos que os sinais analógicos — nesse caso, que os sinais analógicos AM. O esquema híbrido testado transmite um sinal digital DRM com uma potência aproximadamente 16 dB menor que a do sinal analógico AM — isto é, a potência do primeiro é aproximadamente igual a 2,5% da potência do segundo. Apesar de sua potência muito menor, era esperado que o sinal digital DRM fosse recebido em quase toda a área de cobertura do sinal analógico AM.

A avaliação da cobertura propiciada pelo sinal digital DRM seria feita por meio da recepção desse sinal ao longo de 13 rotas, que estão descritas no Apêndice A. As rotas escolhidas são de três tipos; a saber: radial, circular e em áreas específicas. As rotas radiais seriam utilizadas para avaliar a extensão da área de cobertura do sinal digital DRM. As rotas circulares e as rotas em áreas específicas seriam utilizadas para avaliar a recepção do sinal digital DRM nos diversos ambientes encontrados em Brasília e avaliar a robustez desse sinal em relação a fatores e elementos degradantes da recepção, tais como ruído, túneis, linhas de alta tensão, etc.

As grandezas do sinal digital DRM medidas foram as seguintes:

- intensidade do sinal digital DRM recebido (nível da intensidade do campo elétrico, em dB μ V/m);
- razão sinal-ruído do sinal digital DRM recebido;
- integridade dos dados recuperados para cada quadro de áudio transmitido.

Além disso, o áudio recuperado pelo receptor DRM foi gravado para posterior avaliação subjetiva.

6 MEDIÇÕES REALIZADAS

Devido à interrupção prematura da transmissão híbrida, somente algumas poucas medidas puderam ser realizadas. Pretendia-se percorrer um total de 13 rotas: 4 radiais, 2 circulares e 7 em áreas específicas — essas rotas estão descritas no Apêndice A. Contudo, foram realizadas medições apenas em uma rota radial e em três rotas em áreas específicas. Os resultados dessas medições serão apresentados a seguir.

A qualidade da recepção em um dado ponto foi avaliada principalmente por meio do que se denominou estado da recepção. Esse parâmetro foi avaliado a cada quadro de transmissão DRM, que tem a duração de 400 ms e contém 10 quadros de áudio com duração individual de 10 ms. O estado da recepção pode assumir 5 valores (0, 1, 2, 3 ou 4) com os seguintes significados:

- 0: recepção perfeita, ou seja, todos os 10 quadros de áudio do quadro de transmissão DRM foram recuperados sem erro;
- 1: um ou mais dos 10 quadros de áudio do quadro de transmissão DRM foram recuperados com erro;
- 2: o bloco de bits do canal de descrição de serviço (*service description channel* – SDC) foi recuperado com erros;
- 3: o bloco de bits do canal de acesso rápido (*fast access channel* – FAC) foi recuperado com erros;
- 4: a sincronização com sinal DRM foi perdida.

6.1 MEDIÇÕES AO LONGO DA ROTA RADIAL SUDESTE

Conforme já foi mencionado, foram realizadas medições apenas ao longo de uma rota radial, que está identificada como rota 4 na Figura 6.1 e foi também denominada rota sudeste. É uma rota sobre as rodovias DF-463 e BR-251.

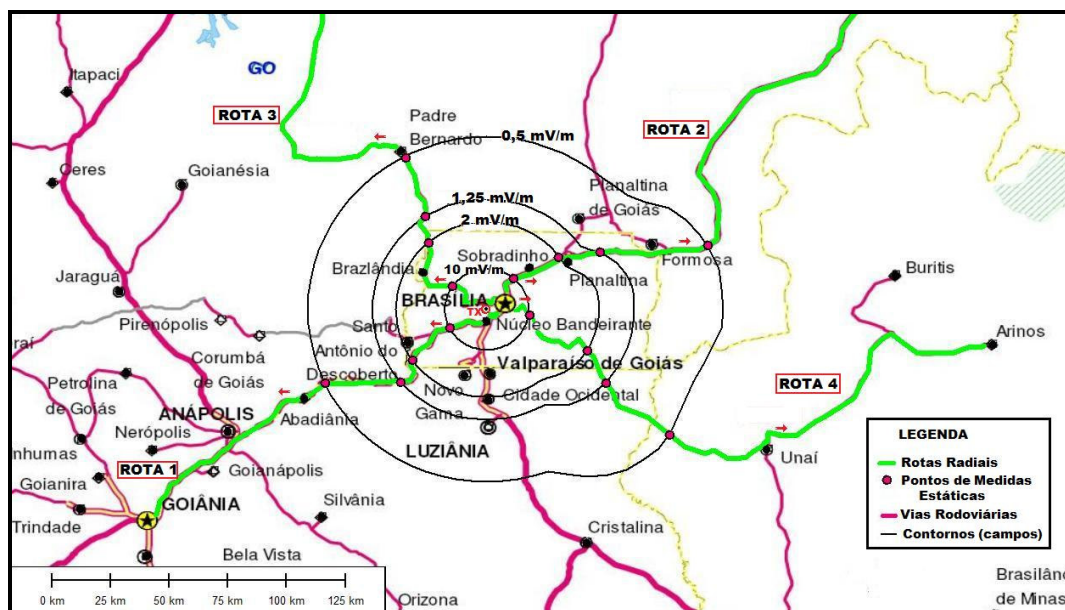


Figura 6.1 – Mapa com as rotas radiais.

A Figura 6.2 mostra os resultados das medições em movimento para o sinal digital DRM realizadas ao longo da rota radial sudeste. O gráfico do estado da recepção indica que a recepção se deteriorou significativamente em torno da distância de 75 km e além. Contudo, até a distância aproximada de 75 km, a recepção permaneceu boa, havendo apenas alguns pontos eventuais onde o estado de recepção não foi igual a zero. Em alguns desses pontos, o áudio sofreu interrupções perceptíveis, mas com duração menor que 3 segundos. Quando o estado da recepção tem valor 1, às vezes a degradação no áudio tocado não é perceptível.

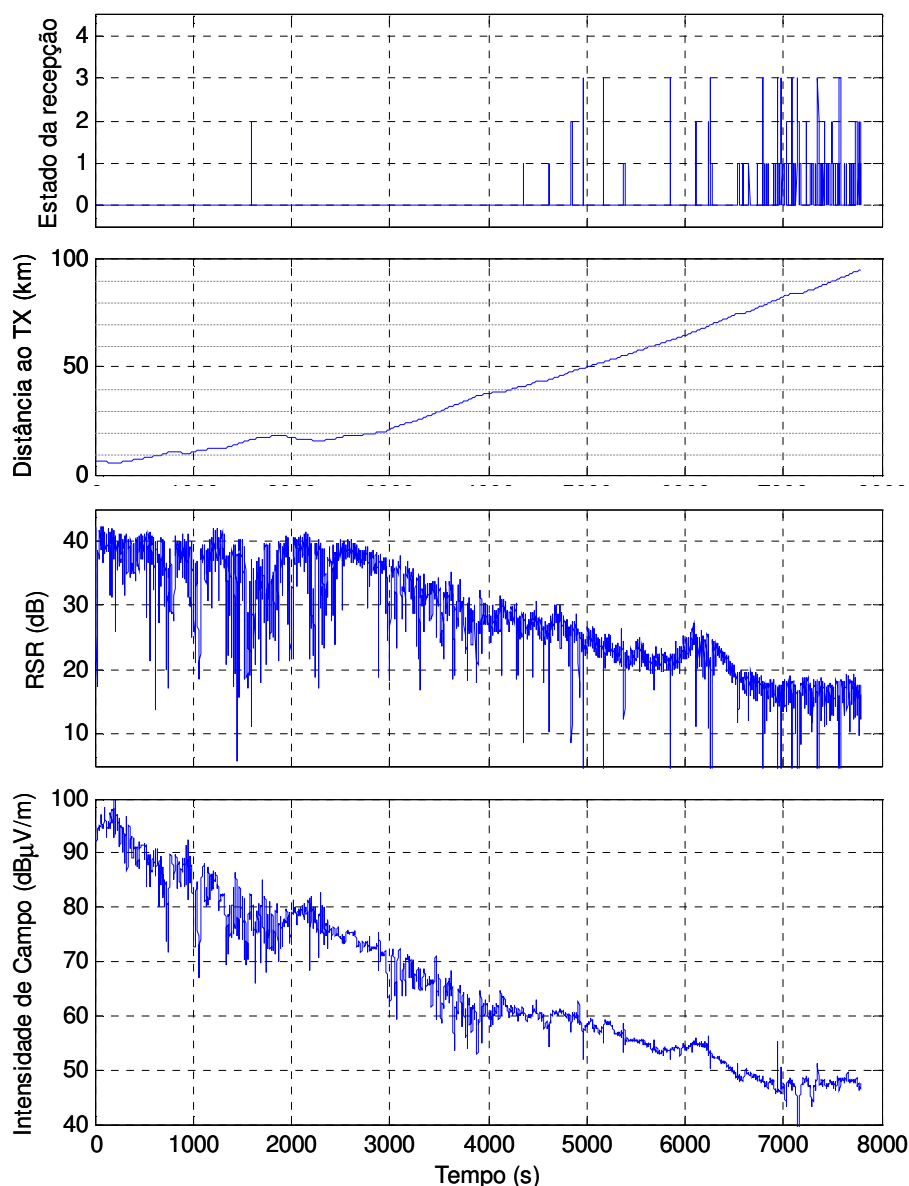


Figura 6.2 – Resultados das medições em movimento para o sinal digital DRM realizadas ao longo da rota radial sudeste: gráficos do estado da recepção, da distância ao transmissor, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.

É interessante notar que a recepção em movimento do sinal digital DRM ficou ruim quando a RSR e a intensidade do sinal caíram abaixo aproximadamente de 20 dB e de 50 dB μ V/m, respectivamente.

A uma distância de 74,6 km do transmissor foram feitas medidas com recepção fixa para comparar o resultado desse tipo de recepção com aquele obtido com recepção em movimento. A Figura 6.3 mostra uma fotografia do local onde as medições foram realizadas e a Figura 6.4 mostra os resultados dessas medições. Embora a RSR tenha ficado em torno de 17 dB (e a intensidade do sinal, em torno de 48,2 dB μ V/m), o estado da recepção não foi uma única vez 2, 3 ou 4. Além disso, na maioria das vezes em que ocorreu o estado de recepção 1, ele ocorreu em um quadro de transmissão DRM isolado e desse quadro apenas um quadro de áudio de 40 ms foi recuperado com erro. Por isso, a maioria das ocorrências do estado de recepção 1 não resultou em deterioração perceptível no áudio tocado. Por outro lado, o áudio obtido da recepção analógica AM apresentou um ruído que, embora não intenso, era claramente perceptível e causava um razoável incomodo auditivo. Ou seja, qualidade da recepção digital foi significativamente melhor que a recepção analógica AM — é interessante lembrar, que a potência do sinal digital DRM era aproximadamente igual a 2,5% da potência do sinal analógico AM.



Figura 6.3 – Fotografia do local distante 74,6 km do transmissor, na rota radial sudeste, onde foram realizadas medições com recepção fixa.

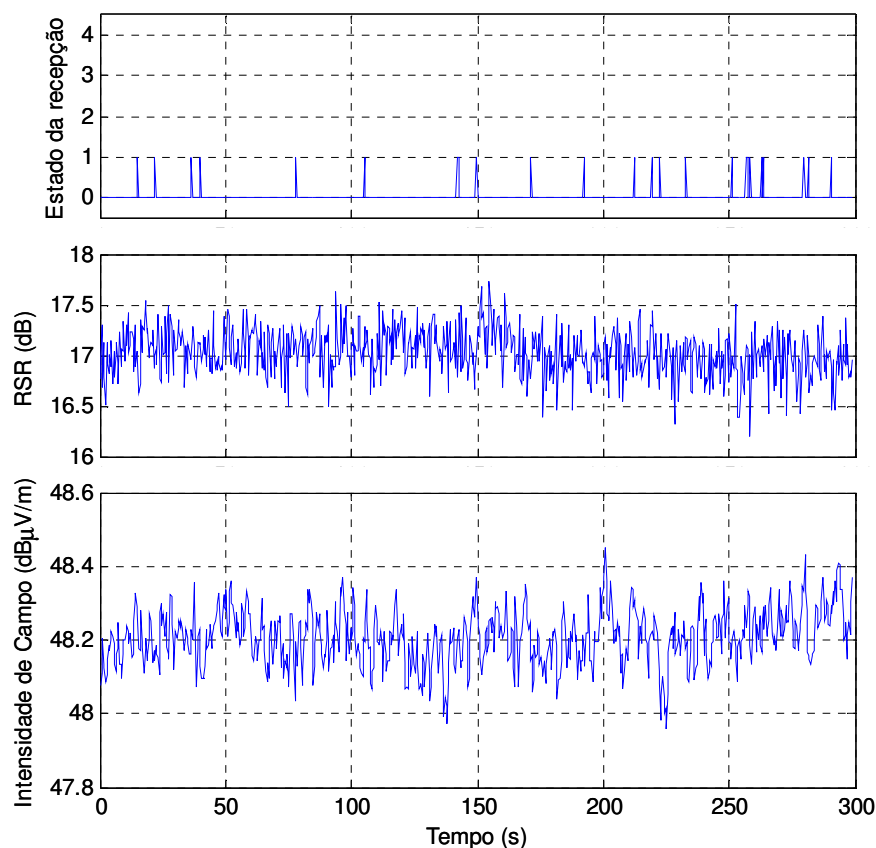


Figura 6.4 – Resultados das medições fixas para o sinal digital DRM realizadas a 74,6 km do transmissor, na rota radial sudeste: gráficos do estado da recepção, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.

6.2 MEDIÇÕES EM ÁREAS ESPECÍFICAS

Nessa seção, serão apresentadas as medições realizadas em algumas áreas específicas, escolhidas com o propósito de avaliar a recepção do sinal digital DRM em áreas com diferentes características.

6.2.1 Medições na Asa Norte

A Asa Norte é uma área relativamente próxima do transmissor: a rota escolhida, mostrada na Figura 6.5, está entre 10 km e 13,5 km do transmissor. Contudo, é uma área com uma densidade predial alta, para os padrões de Brasília, e, portanto, com um nível de ruído mais alto que, por exemplo, a área residencial de Sobradinho, onde também se fez medições.



Figura 6.5 – Mapa mostrando a rota da Asa Norte, com a indicação do estado da recepção DRM ao longo dessa rota.

Medições em movimento na Asa Norte

A Figura 6.6 mostra os resultados das medições em movimento para o sinal digital DRM realizadas na rota localizada na Asa Norte — veja mapa na Figura 6.5. O gráfico do estado da recepção do sinal digital DRM indica algumas ocorrências, ao longo da rota, dos estados 2 e 3, e até mesmo uma ocorrência do estado 4. Na Figura 6.5, os pontos onde o estado da recepção foi diferente de zero estão marcados a cor vermelha. Não são todos os erros de recepção que geram degradações audíveis: geralmente, ocorrências isoladas do estado 1 (isto é, em apenas um quadro ou no máximo dois quadros de transmissão DRM) não geram degradações audíveis. Contudo, na passagem sob o Eixo Norte (uma das principais vias de Brasília) e em dois outros trechos, o áudio sofreu interrupções com duração em torno de 1 segundo.

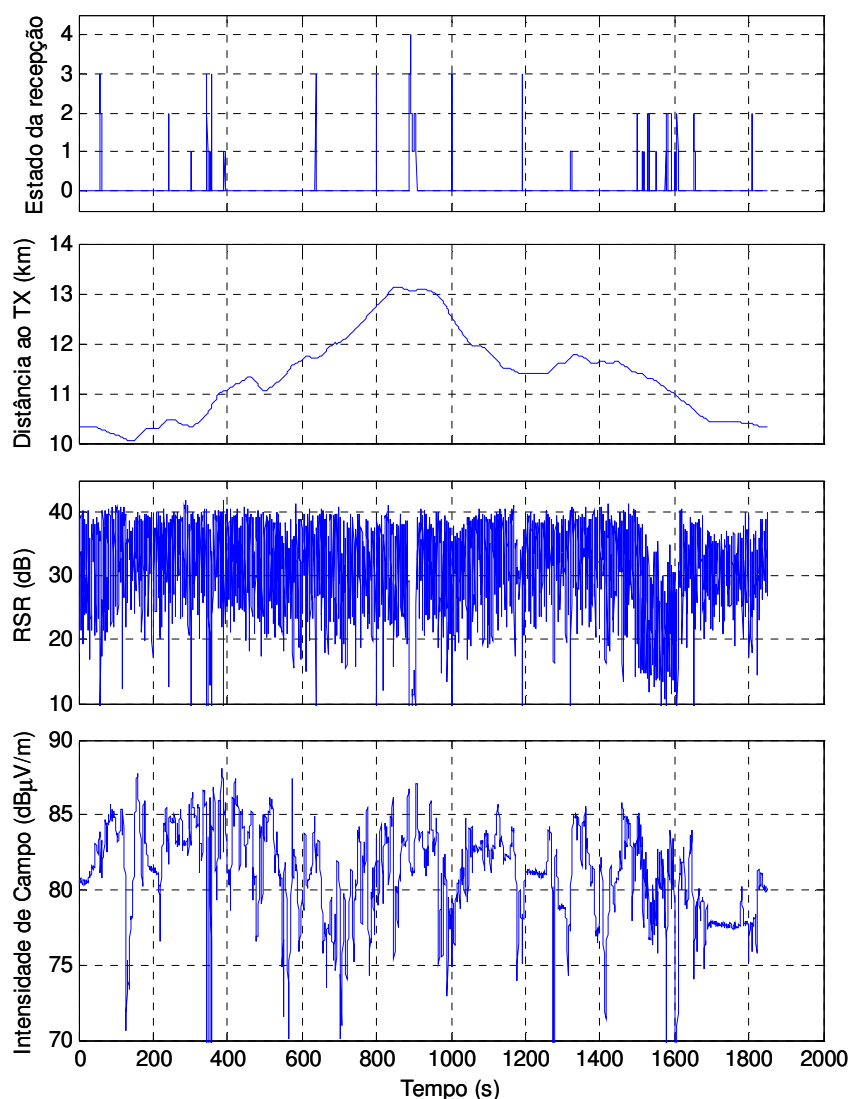


Figura 6.6 – Medições em movimento para o sinal digital DRM realizadas em rota localizada na Asa Norte: gráficos do estado da recepção, da distância ao transmissor, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.

A recepção analógica AM ao longo da rota da Asa Norte foi, em geral, boa. Quando a van passou sob a rede de alta tensão, no final da Asa Norte, o áudio recuperado do sinal digital DRM sofreu uma interrupção menor que 10 s e o áudio recuperado do sinal analógico AM ficou extremamente ruidoso por aproximadamente 15 s. Na passagem sob o Eixo Norte, o áudio recuperado do sinal analógico AM sofreu momentaneamente uma forte redução da intensidade (volume), dificultando a audição. Enquanto isso, o áudio da recepção digital DRM sofreu uma interrupção de aproximadamente 1 segundo.

Medições fixas na Asa Norte

Foram realizadas medições fixas em cinco pontos da Asa Norte. Os resultados dessas medidas para o sinal digital DRM estão mostrados nas figuras a seguir. Nos pontos P1, P2 e P4, todos os quadros de áudio foram recuperados sem erro — veja Figura 6.8, Figura 6.10 e Figura 6.14. No ponto P4, a RSR caiu algumas vezes abaixo de 17 dB e uma única vez foi inferior a 15 dB, mas todos os quadros de áudio foram recuperados sem erro.

No ponto P5, por duas vezes houve erro no áudio recuperado — veja o gráfico do estado da recepção mostrado na Figura 6.16 — contudo, nenhum desses erros gerou degradação audível no áudio reconstruído.

As medições feitas no ponto P3 merecem uma análise mais detalhada. A Figura 6.11 mostra uma fotografia desse ponto, que estava distante do transmissor aproximadamente 13,1 km. Embora localizado embaixo de uma rede de alta tensão, obteve-se nesse ponto boa recepção do sinal digital DRM. O gráfico do estado da recepção, mostrado na Figura 6.12, indica frequentemente estado 1, que significa que um ou mais quadros de áudio (de 40 ms) de um quadro de transmissão (10 quadros de áudio) foi recuperado com erro. Contudo, na maioria das vezes, apenas um quadro de áudio em um conjunto de dez quadros foi recuperado com erro. Nesses casos, geralmente o erro não causa deterioração audível. Não houve nenhuma interrupção do áudio longa o bastante para ser percebida como tal. Contudo, alguns erros produziram deteriorações audíveis. Apesar disso, a qualidade do áudio recuperado do sinal digital DRM foi muito melhor que a qualidade do áudio recuperado do sinal analógico AM, que resultou muito ruidoso.

No ponto P3, a RSR, cujo gráfico é mostrado na Figura 6.12, esteve entre 16,6 dB e 17,1 dB na maior parte do tempo. Nos demais pontos da Asa Norte em que se fez medidas fixas, a RSR teve valores muito mais altos, com valor médio em torno de 30 dB ou acima. Contudo, a intensidade do sinal no ponto P3 foi, em média, maior que nos outros pontos, talvez por causa da contribuição de interferências geradas pelas linhas de alta tensão.

Os resultados obtidos sugerem que, para se ter boa recepção fixa, a RSR do sinal digital DRM deve ter valor aproximadamente de 17 dB ou maior. Portanto, no ponto P3 da Asa Norte, pode-se considerar que a RSR esteve nesse limite ou um pouquinho abaixo dele.



Figura 6.7 – Fotografia do ponto P1 da Asa Norte, onde foram realizadas medições fixas.

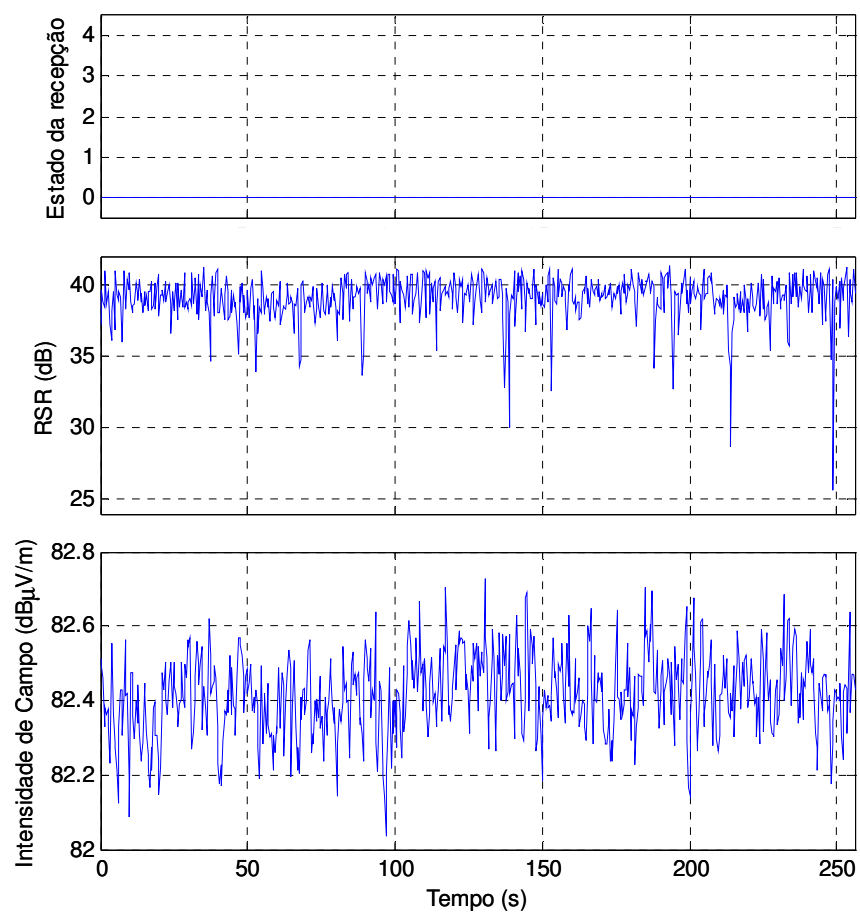


Figura 6.8 – Medições fixas para o sinal digital DRM realizadas no ponto P1 Asa Norte: gráficos do estado da recepção, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.



Figura 6.9 – Fotografia do ponto P2 da Asa Norte, onde foram realizadas medições fixas.

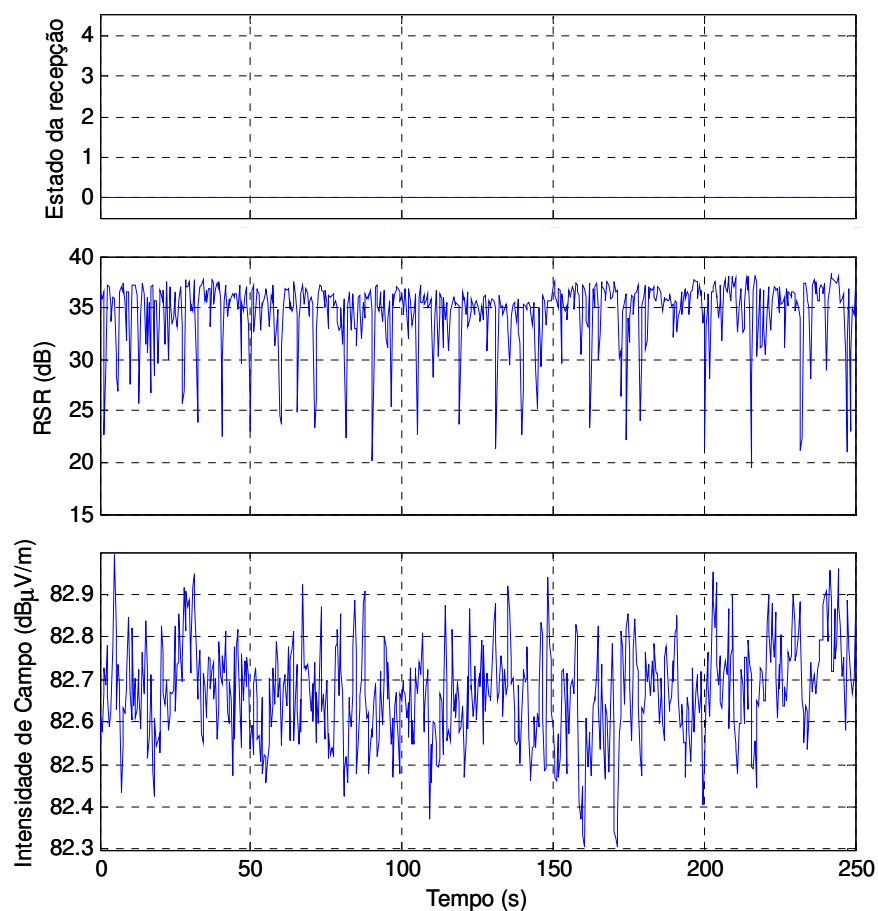


Figura 6.10 – Medições fixas para o sinal digital DRM realizadas no ponto P2 Asa Norte: gráficos do estado da recepção, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.



Figura 6.11 – Fotografia do ponto P3 da Asa Norte, onde foram realizadas medições fixas.

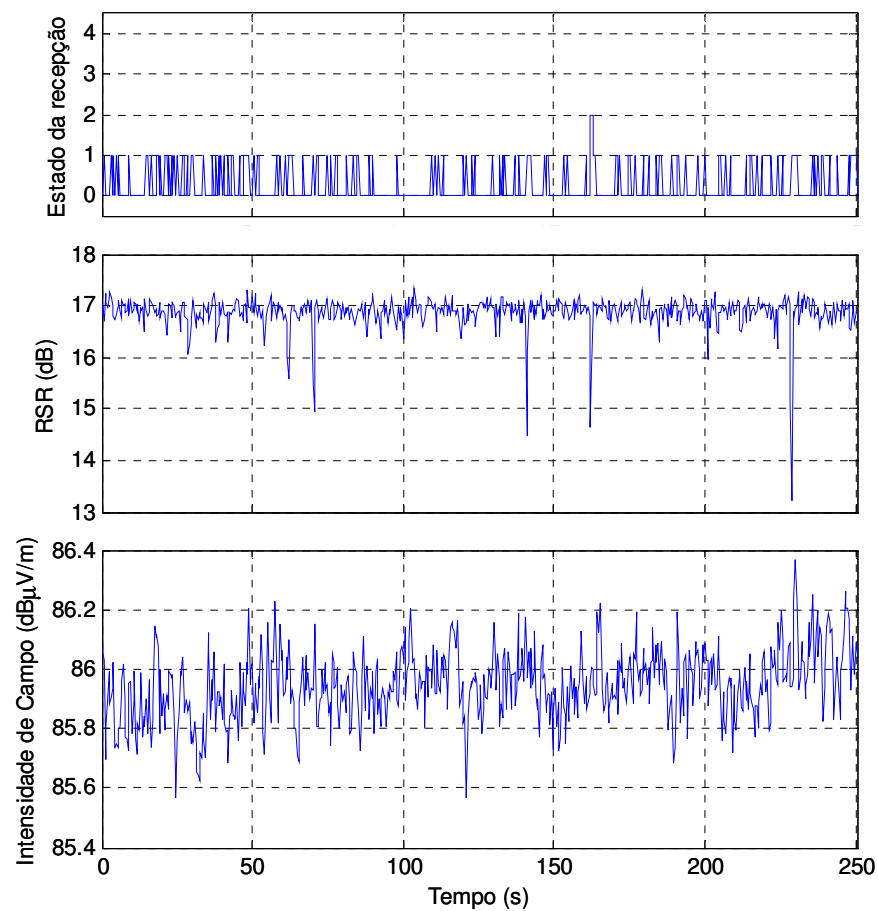


Figura 6.12 – Medições fixas para o sinal digital DRM realizadas no ponto P3 Asa Norte: gráficos do estado da recepção, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.



Figura 6.13 – Fotografia do ponto P4 da Asa Norte, onde foram realizadas medições fixas.

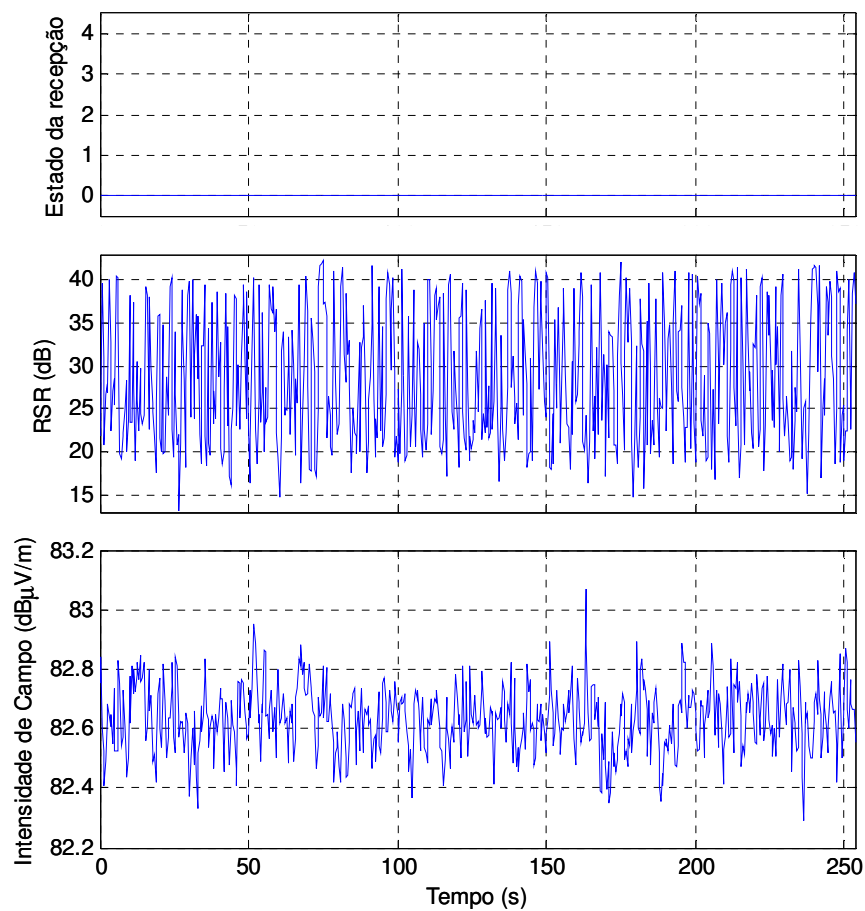


Figura 6.14 – Medições fixas para o sinal digital DRM realizadas no ponto P4 Asa Norte: gráficos do estado da recepção, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.



Figura 6.15 – Fotografia do ponto P5 da Asa Norte, onde foram realizadas medições fixas.

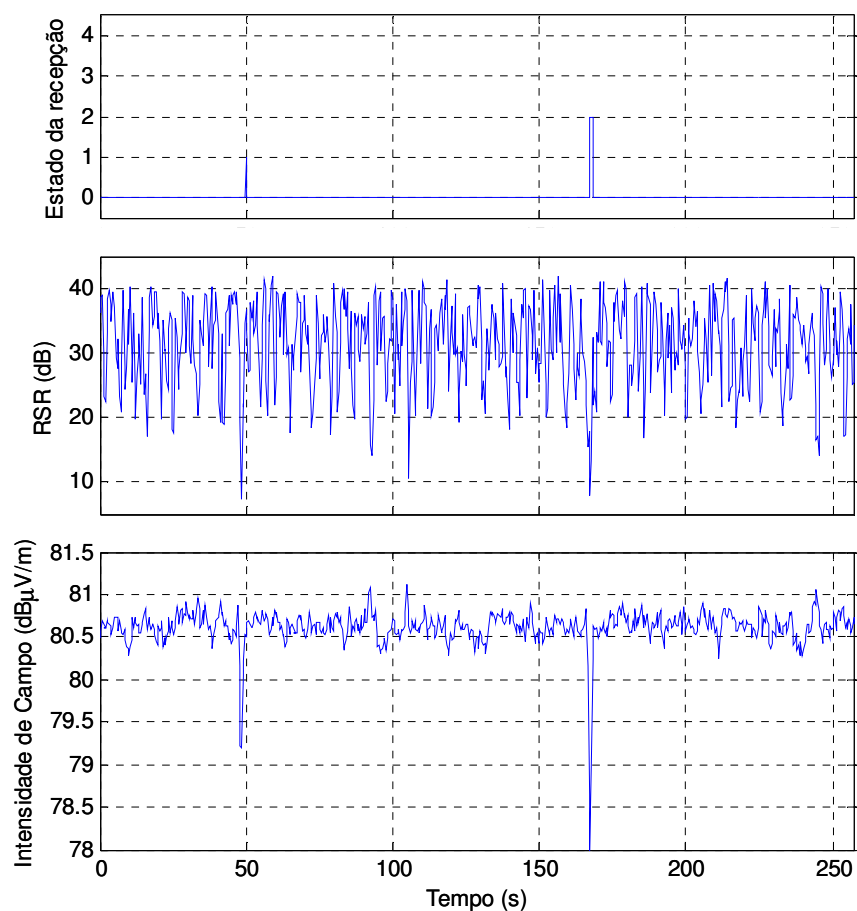


Figura 6.16 – Medições fixas para o sinal digital DRM realizadas no ponto P5 Asa Norte: gráficos do estado da recepção, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.

6.2.2 Medições em Sobradinho

Medições em movimento em Sobradinho

A Figura 6.17 mostra um mapa com a rota que foi percorrida na cidade de Sobradinho e a Figura 6.18 mostra os resultados das medições em movimento realizadas nessa rota. A distância ao transmissor dos pontos dessa rota era, em média, o dobro daquela da rota da Asa Norte, por isso a intensidade do sinal foi menor em Sobradinho — compare os gráficos da intensidade de campo mostrados na Figura 6.6 e na Figura 6.18. Apesar disso, a recepção em Sobradinho foi até um pouco melhor que na Asa Norte. Houve quatro interrupções perceptíveis do áudio ao longo do percurso, que ocorreram geralmente nas proximidades de linhas de alta tensão.



Figura 6.17 – Mapa mostrando a rota de Sobradinho.

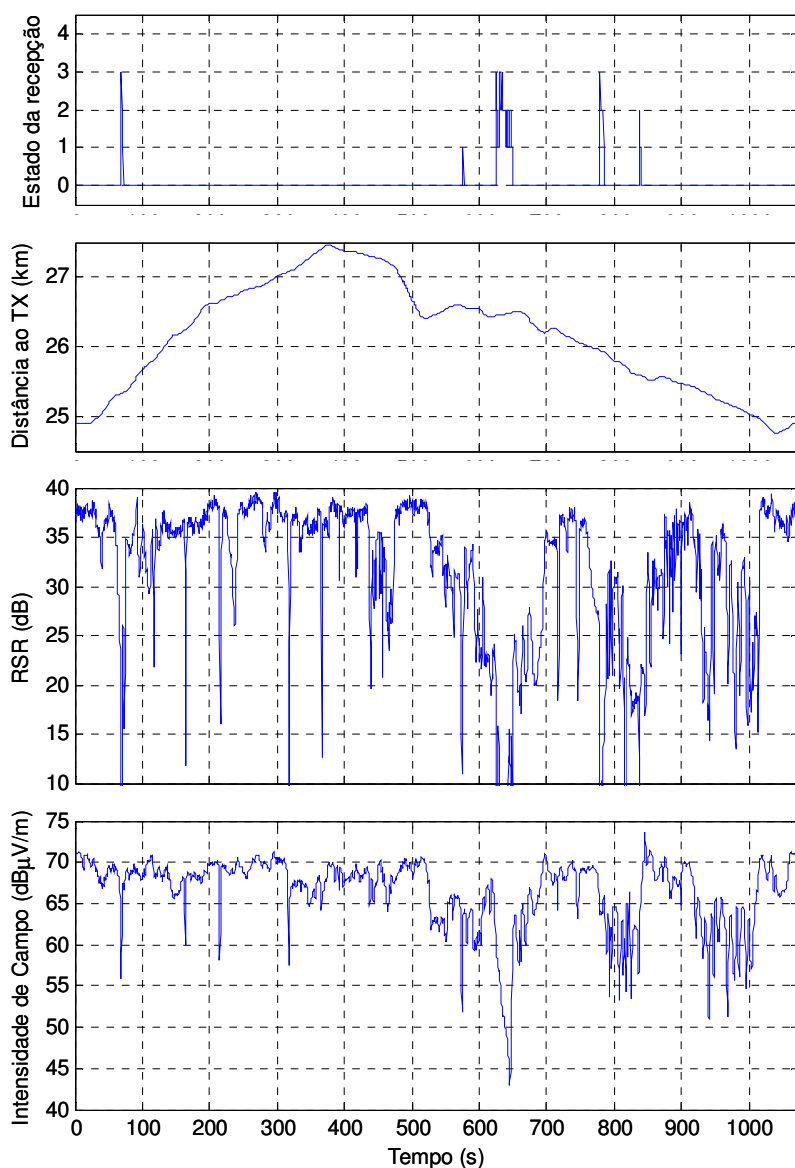


Figura 6.18 – Medições em movimento para o sinal digital DRM realizadas em rota localizada em Sobradinho: gráficos do estado da recepção, da distância ao transmissor, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.

Medições com recepção fixa em Sobradinho

Nas quatro medições fixas feitas em Sobradinho, a recepção do sinal digital DRM foi perfeita, não houve um único quadro de áudio recuperado com erro. Os resultados dessas medições são mostrados nas quatro figuras a seguir.

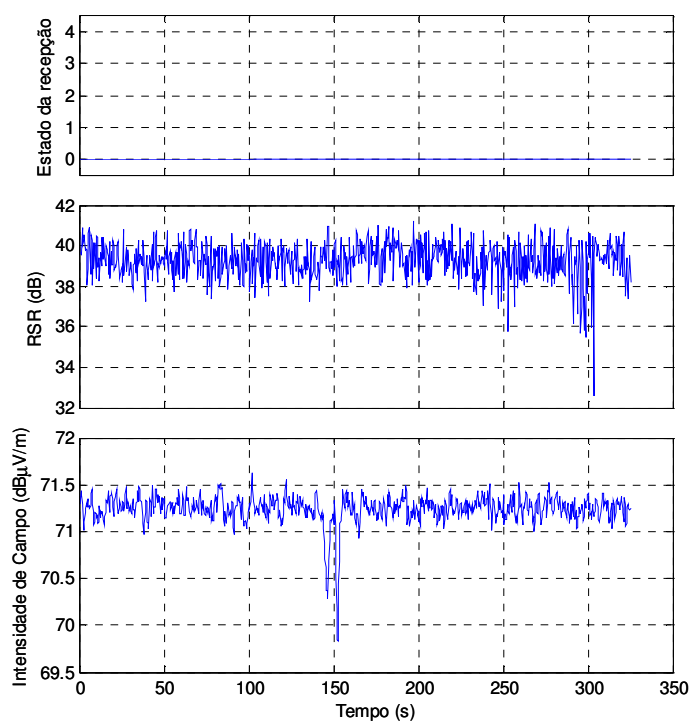


Figura 6.19 – Medições fixas para o sinal digital DRM realizadas no ponto P1 de Sobradinho: gráficos do estado da recepção, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.

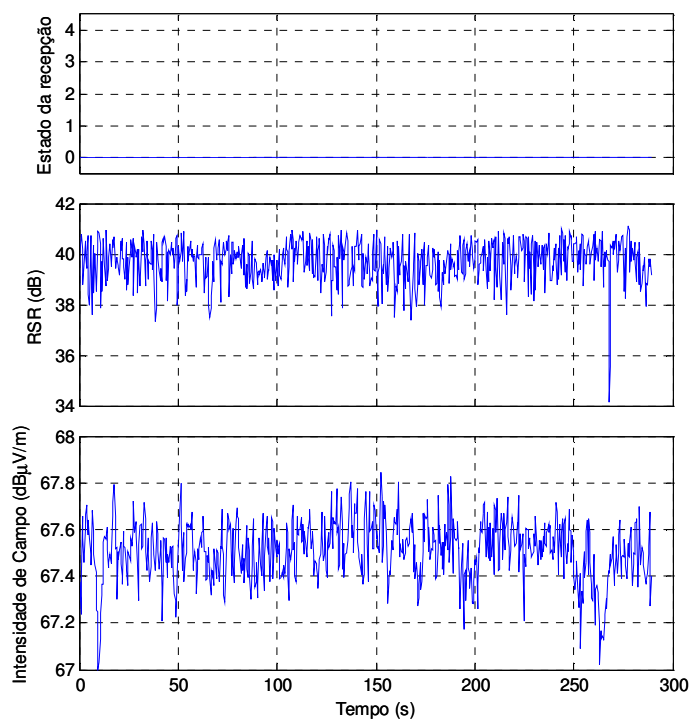


Figura 6.20 – Medições fixas para o sinal digital DRM realizadas no ponto P2 de Sobradinho: gráficos do estado da recepção, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.

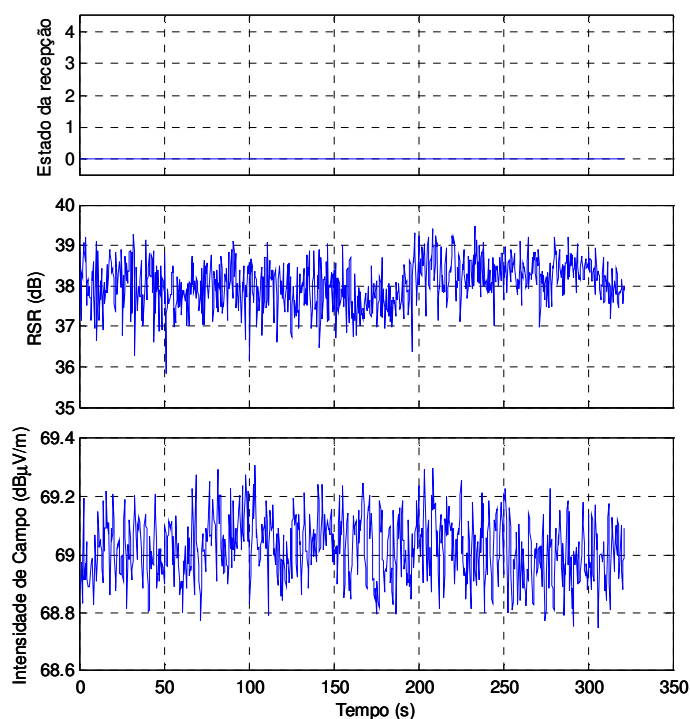


Figura 6.21 – Medições fixas para o sinal digital DRM realizadas no ponto P3 de Sobradinho: gráficos do estado da recepção, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.

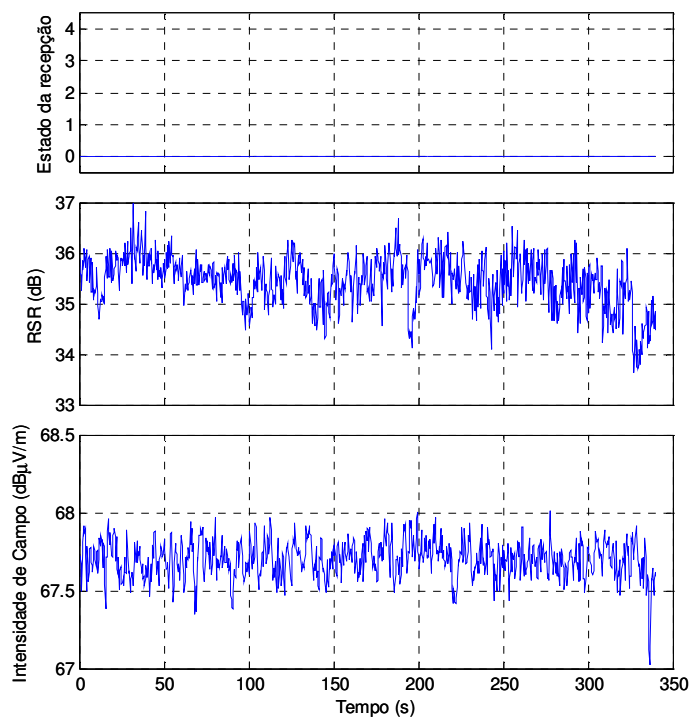


Figura 6.22 – Medições fixas para o sinal digital DRM realizadas no ponto P4 de Sobradinho: gráficos do estado da recepção, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.

6.2.3 Medições no setor industrial do Gama

A Figura 6.23 mostra um mapa com a rota que foi percorrida no setor industrial da cidade do Gama. Embora essa rota estivesse mais próxima do transmissor que a rota em Sobradinho — compare gráficos de distância mostrados na Figura 6.18 e na Figura 6.24 —, ela estava em um ambiente mais ruidoso. Consequentemente, os resultados das medições realizadas nessa rota foram significativamente piores do que aqueles obtidos na rota de Sobradinho.



Figura 6.23 – Mapa mostrando a rota percorrida na cidade do Gama.

Medições em movimento no Gama

A Figura 6.24 mostra os resultados das medições em movimento para o sinal digital DRM realizadas na rota localizada no setor industrial do Gama. O gráfico do estado da recepção do sinal digital DRM indica que o áudio recuperado sofreu muitas interrupções ao longo da rota e, devido a essas interrupções, a qualidade desse áudio pode ser considerada ruim. Na maior parte do tempo, a RSR foi menor que 20 dB, enquanto que em Sobradinho ela foi maior que 20 dB. Embora, a intensidade do sinal digital DRM no Gama tenha sido um pouco menor do que em Sobradinho, a diferença na RSR foi muito maior, o que confirma estar a rota do Gama em um ambiente bem mais ruidoso.

A recepção analógica AM ao longo da rota do Gama foi, em geral, razoável. Em alguns momentos, o áudio ficou bastante ruidoso, mas, como se está em movimento, o incômodo causado por esse ruído foi relativamente passageiro e mais tolerável que as freqüentes interrupções ocorridas no áudio da recepção digital DRM.

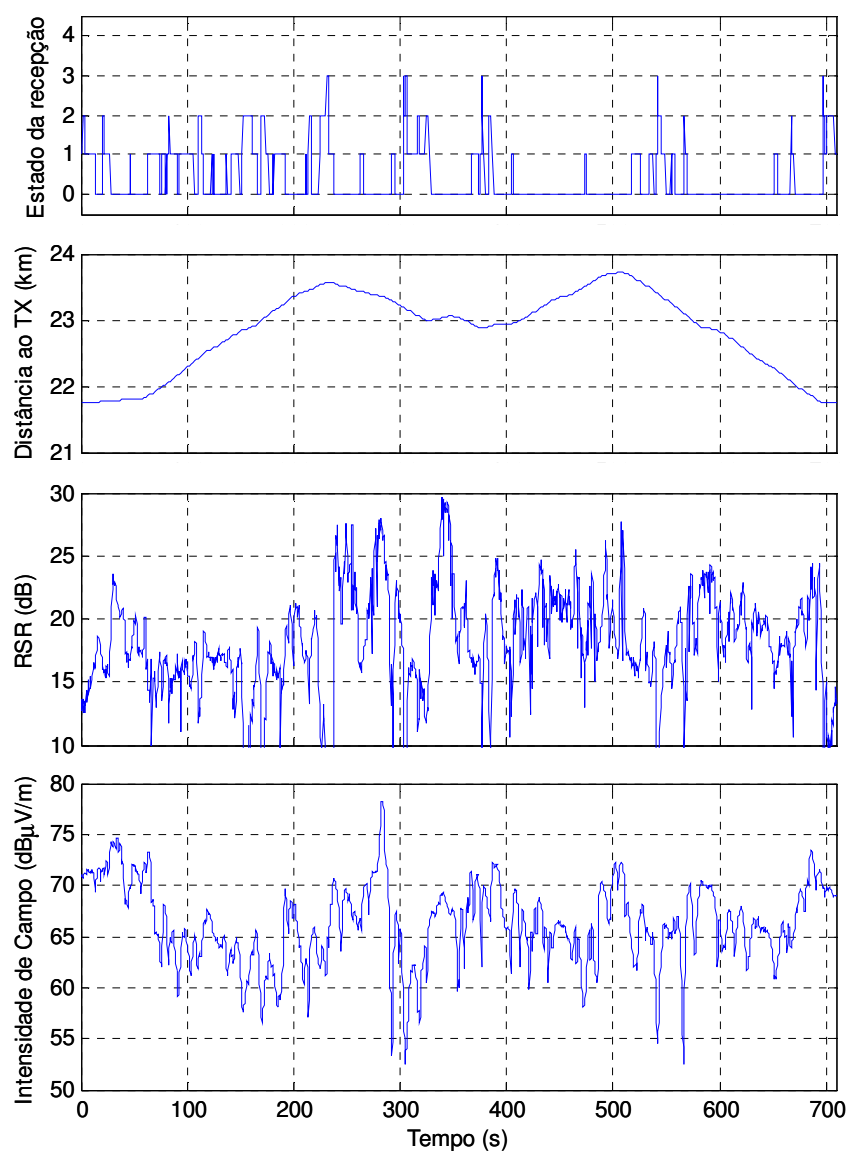


Figura 6.24 – Medições para o sinal digital DRM realizadas em movimento em rota localizada no Gama: gráficos do estado da recepção, da distância ao transmissor, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.

Medições com recepção fixa no Gama

A Figura 6.25 mostra uma fotografia do ponto primeiro ponto, denominado P1, onde se fez medições fixas no Gama. Esse ponto estava distante do transmissor aproximadamente 21,8 km. Ele estava localizado muito próximo de uma linha de alta tensão (13,8 kV) e, além disso, um caminhão com uma caixa metálica estava estacionado próximo da van durante todo o período de medição. Havia, ainda, uma cobertura metálica de um posto de gasolina, distante uns 50 m da van. O gráfico do estado da recepção do sinal digital DRM, mostrado na Figura 6.26, indica que nenhum quadro de áudio foi recuperado sem erros e, conseqüentemente, não houve áudio recuperado. Contudo, o canal de descrição de serviço (SDC) e o canal de acesso rápido (FAC) foram recebidos sem erro praticamente durante todo o tempo e em nenhum momento houve perda da sincronização com sinal DRM. A razão sinal ruído esteve, a maior parte do tempo, abaixo de 15 dB e a intensidade do sinal entre 62,5 dB μ V/m e 63 dB μ V/m — veja gráficos mostrados na Figura 6.26. Uma amostra do espectro do sinal híbrido recebido em P1 é mostrada na Figura 6.27. Quanto à recepção do sinal analógico AM nesse mesmo ponto, ela propiciou um áudio muito ruidoso.



Figura 6.25 – Fotografia do ponto P1 do Gama, onde foram realizadas medições fixas.

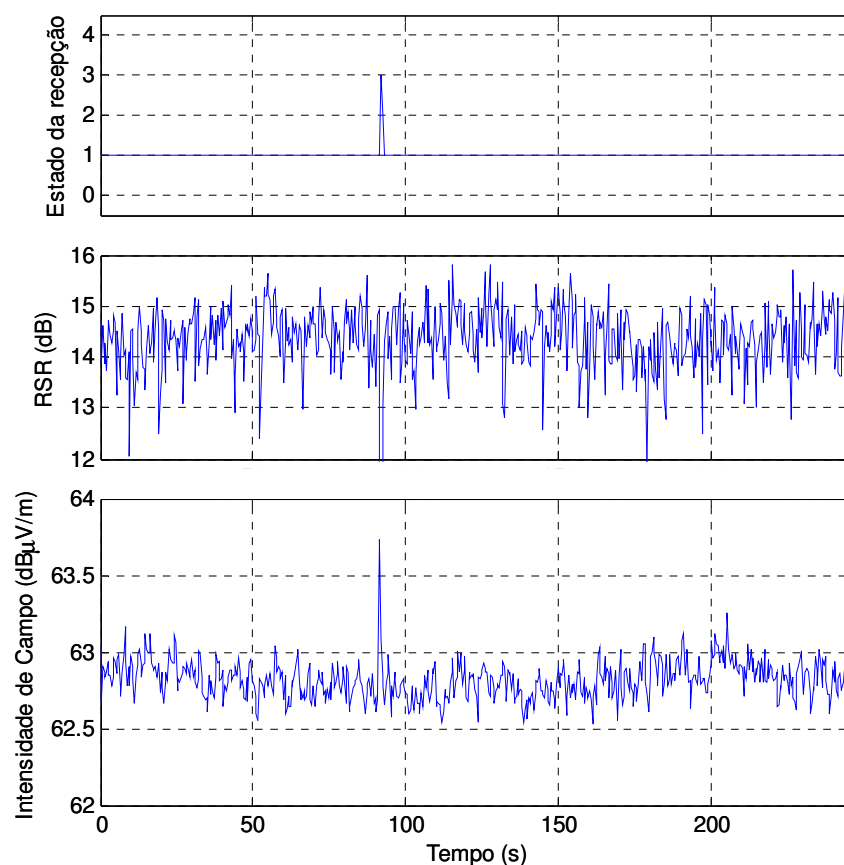


Figura 6.26 – Medições fixas para o sinal digital DRM realizadas no ponto P1 do Gama: gráficos do estado da recepção, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.

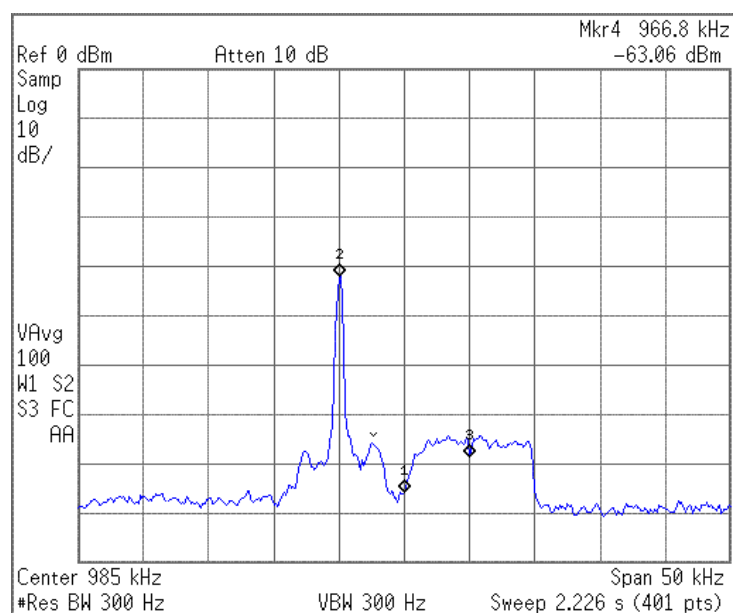


Figura 6.27 – Espectro do sinal híbrido medido no ponto P1 do Gama.

A Figura 6.28 mostra uma fotografia do ponto P2 do Gama, que estava distante do transmissor aproximadamente 23,6 km. Assim como o ponto P1, esse ponto estava localizado praticamente embaixo de uma linha de alta tensão de 13,8 kV. Além disso, ele era também muito próximo de uma cobertura metálica de um posto de gasolina. Desse modo, nesse ponto, a recepção do sinal digital DRM foi pior que no ponto P1. O gráfico do estado da recepção, mostrado na Figura 6.29, indica que nenhum bloco de bits do canal de descrição de serviço (SDC) foi recuperado sem erros e muitas vezes a sincronização com sinal DRM foi perdida. Por isso, não foi possível medir a RSR no local. A intensidade do sinal esteve, a maior parte do tempo, entre 57,5 dB μ V/m e 58,5 dB μ V/m — veja gráfico mostrado na Figura 6.29. Um espectro do sinal híbrido recebido em P2 é mostrado na Figura 6.30. Esse espectro indica que a RSR do sinal digital DRM é menor que 5 dB, portanto muito menor que aquela medida em P1. Essa baixa RSR fez com que a recepção do sinal analógico AM em P2 também fosse muito ruim, propiciando um áudio extremamente ruidoso.



Figura 6.28 – Fotografia do ponto P2 do Gama, onde foram realizadas medições fixas.

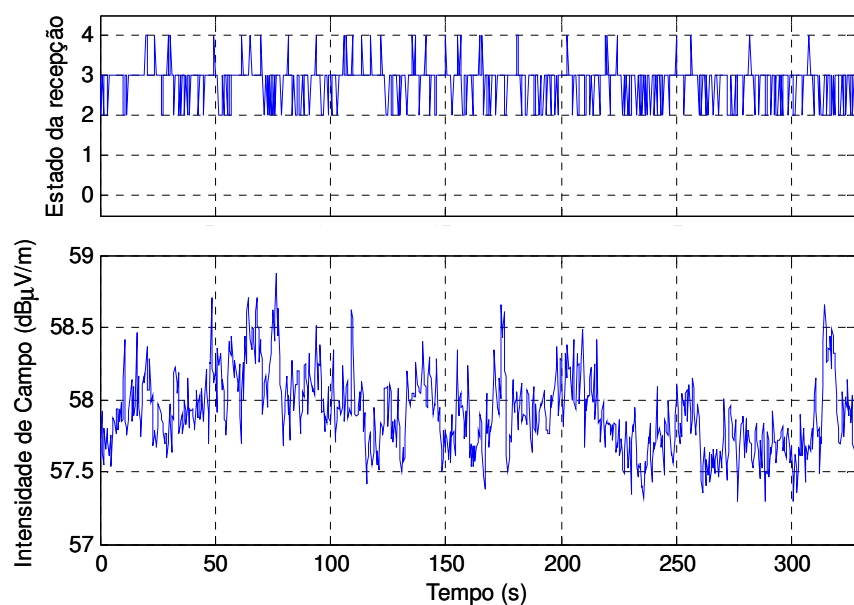


Figura 6.29 – Medições fixas para o sinal digital DRM realizadas no ponto P2 do Gama: gráficos do estado da recepção e da intensidade de campo elétrico versus tempo.

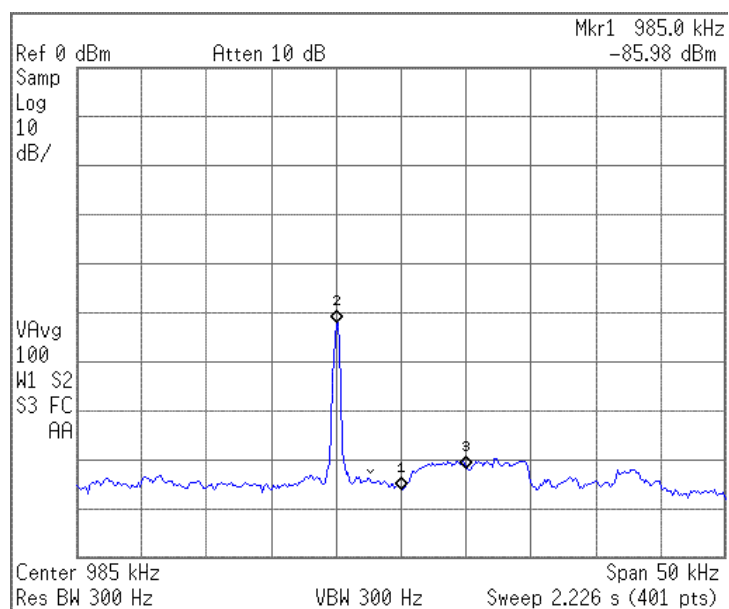


Figura 6.30 – Espectro do sinal híbrido medido no ponto P2 do Gama.

A Figura 6.31 mostra uma fotografia do ponto P3 do Gama, que estava distante do transmissor aproximadamente 23,3 km. Esse ponto não estava tão próximo de uma linha de alta quanto estavam os pontos P1 e P2 e não havia nas suas proximidades cobertura metálica de posto de gasolina. Assim, nesse ponto, a recepção do sinal digital DRM foi excelente. O gráfico do estado da recepção, mostrado na Figura 6.32, indica que todos os quadros de áudio foram recuperados sem erro. A RSR esteve sempre acima de 21 dB e, na maior parte do tempo, acima de 26 dB. A intensidade do sinal esteve, a maior parte do tempo, em torno de 69,1 dB μ V/m — veja gráfico mostrado na Figura 6.32. O espectro do sinal híbrido recebido em P3 mostrado na Figura 6.33 confirma a excelente qualidade desse sinal e o valor aproximado de 25 dB para a RSR. A recepção do sinal analógico AM em P3 também foi muito boa, propiciando um áudio com pouco ruído.



Figura 6.31 – Fotografia do ponto P3 do Gama, onde foram realizadas medições fixas.

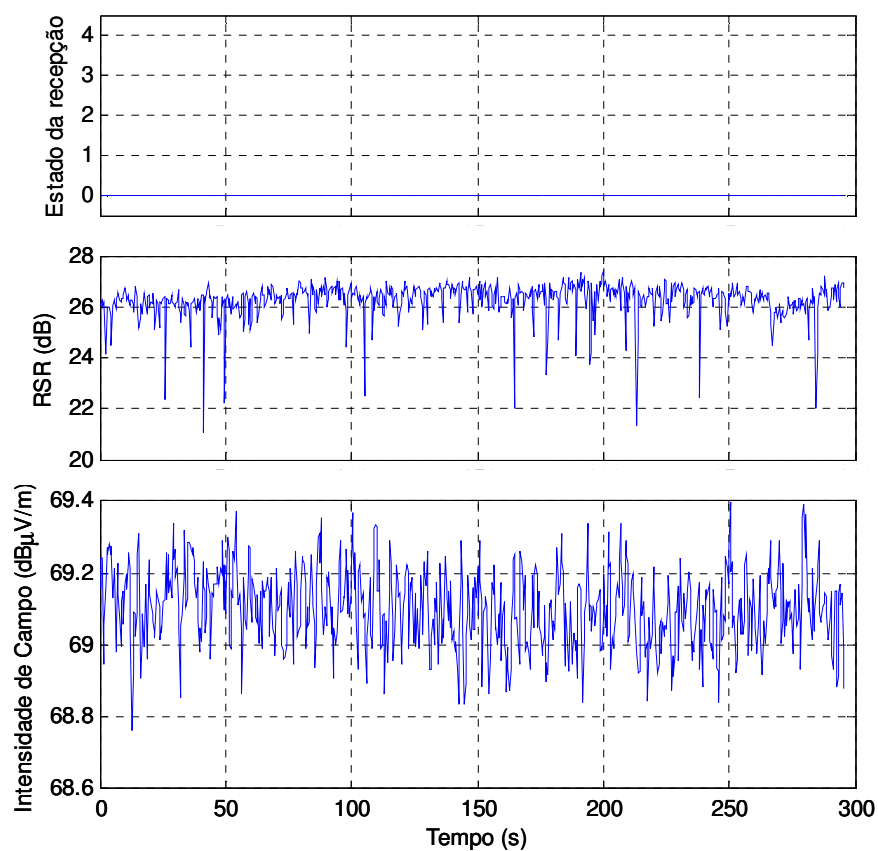


Figura 6.32 – Medições fixas para o sinal digital DRM realizadas no ponto P3 do Gama: gráficos do estado da recepção, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.

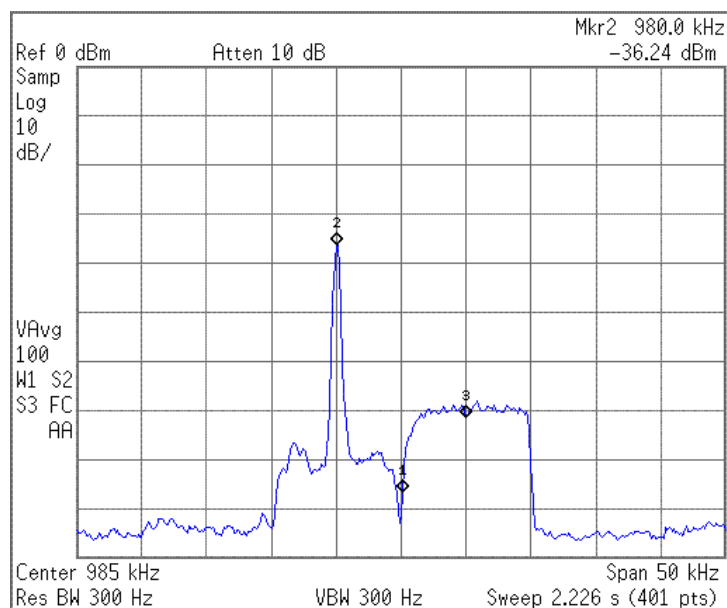


Figura 6.33 – Espectro do sinal híbrido medido no ponto P3 do Gama.

O quarto ponto (P4) em que foram realizadas medições fixas no Gama era distante do ponto P1 aproximadamente 100 m. Uma vez que a recepção no ponto P1 tinha sido muito ruim, procurou-se afastar das prováveis causas disso — uma linha de alta tensão, um caminhão com caixa metálica e a cobertura metálica de um posto de gasolina. A Figura 6.34 mostra duas fotografias desse ponto P4, que estava distante do transmissor aproximadamente 21,8 km. Embora P4 fosse muito próximo de P1, nele a recepção do sinal digital DRM foi excelente. O gráfico do estado da recepção, mostrado na Figura 6.35, indica que todos os quadros de áudio foram recuperados sem erro. A RSR esteve sempre acima de 20 dB e, na maior parte do tempo, acima de 23 dB. A intensidade do sinal esteve, a maior parte do tempo, em torno de 73,2 dB μ V/m — veja gráfico mostrado na Figura 6.35. A recepção do sinal analógico AM em P4 também foi boa, entretanto o áudio dessa recepção continha um pouco de ruído.



Figura 6.34 – Fotografia do ponto P4 do Gama, onde foram realizadas medições fixas e que estava distante de P1 aproximadamente 100 m.

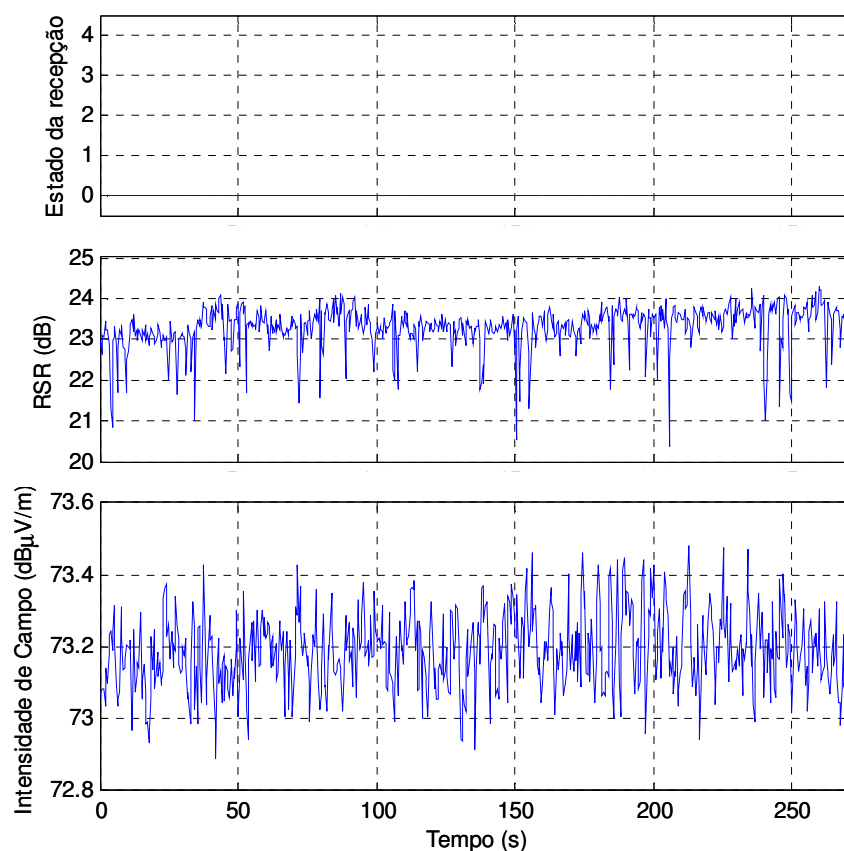


Figura 6.35 – Medições fixas para o sinal digital DRM realizadas no ponto P4 do Gama: gráficos do estado da recepção, da razão sinal-ruído e da intensidade de campo elétrico versus tempo.

7 ANÁLISES E CONCLUSÕES

As medições realizadas não são suficientes para uma avaliação embasada do sistema DRM. Contudo, essas medições permitem algumas análises e conclusões, que serão apresentadas a seguir.

Para se ter uma boa recepção em movimento do sinal digital DRM, com o equipamento de recepção utilizado, foi requerida uma razão sinal-ruído (RSR) em torno de 20 dB ou maior. Para recepção fixa, uma RSR em torno de 17 dB foi suficiente para propiciar uma boa recepção. A intensidade do sinal requerida para se ter esses valores de RSR depende, naturalmente, do nível de ruído no local da recepção. Por exemplo, obteve-se boa recepção digital DRM em uma área rural, com pouco ruído, distante 74,6 km do transmissor, onde a intensidade do sinal foi em torno de 48,2 dBμV/m — veja Seção 6.1 e Figura 6.4. Por outro lado, no setor industrial do Gama, em locais distantes do transmissor menos de 25 km, a recepção foi tão ruim que não houve áudio recuperado,

embora a intensidade do sinal fosse muito maior (em torno de 10 dB maior) que aquela medida a 74,6 km de distância — veja Subseção 6.2.3.

Em geral, onde o áudio recuperado do sinal digital DRM apresentou deteriorações e interrupções, o áudio recuperado do sinal analógico AM também não teve boa qualidade. O nível do incômodo auditivo causado pelas deteriorações presentes no áudio depende, em parte, se a recepção é em movimento ou fixa. Em uma área onde as recepções em movimento dos sinais digital DRM e analógico AM são boas, a recepção pode se deteriorar quando se passa, por exemplo, sob um viaduto ou por um túnel ou nas proximidades de redes de alta tensão. Se a recepção é de um sinal digital, a deterioração pode causar a interrupção momentânea do áudio. Se o sinal recebido é analógico AM, haverá um aumento momentâneo do ruído escutado com o áudio e pode haver também uma redução da intensidade (volume) desse áudio. Nesse caso, como as deteriorações são momentâneas, pode ser que as interrupções no áudio do sinal digital DRM sejam mais incomodativas que o aumento do ruído no áudio do sinal analógico AM.

A rota percorrida na Asa Norte é um bom exemplo da situação apresentada no parágrafo anterior. Em um pequeno trecho dessa rota, passa-se sob uma rede de alta tensão — que pode ser vista na fotografia mostrada na Figura 6.11 — que afeta fortemente a recepção digital DRM e a recepção analógica AM. Quando se passou sob a referida rede, a recepção digital DRM foi interrompida por 10 s, aproximadamente, período que pode ser suficiente para se perder uma informação desejada importante. A recepção analógica AM, por sua vez, ficou extremamente ruidosa por 15 s, aproximadamente, mas ainda foi possível entender o que o locutor estava dizendo. Contudo, foram feitas também recepções fixas embaixo da rede de alta tensão — veja Figura 6.11 — e, nesse caso, o áudio da recepção digital DRM apresentou uma qualidade boa: ele continha algumas degradações audíveis, mas não sofreu interrupções. Quanto ao áudio da recepção analógica AM fixa, o ruído presente era muito alto e uma audição prolongada seria provavelmente intolerável.

No setor industrial do Gama ocorreu uma outra situação interessante. Lá, o áudio da recepção digital DRM em movimento apresentou interrupções freqüentes e, por isso, pode-se considerar que a sua audição não seria tolerada. A recepção analógica AM, por sua vez, forneceu um áudio em geral ruidoso — às vezes muito ruidoso — mas que pode ser tolerado se o ouvinte tem grande interesse no que está sendo transmitido — por exemplo, se ele está ouvindo a transmissão do jogo do seu time preferido.

As situações descritas indicam que a comparação entre as áreas de cobertura dos sinais digital DRM e analógico AM é difícil de ser estabelecida. Se for considerada como parte da área de cobertura do sinal analógico AM somente os pontos onde o áudio recuperado tem qualidade muito boa, então o sinal DRM que foi transmitido em Brasília durante os testes provavelmente propicia

uma área de cobertura similar. Contudo, a quantidade de medições realizadas não foi suficiente para uma avaliação definitiva.

8 COMENTÁRIOS FINAIS

Conforme já foi dito, a transmissão híbrida DRM em Brasília foi realizada por um período de apenas três semanas, tendo sido interrompida devido a uma avaria no transmissor da Rádio Nacional AM, causada por uma descarga elétrica que atingiu a rede de energia. Além disso, parte desse período foi despendida em medições experimentais para conhecimento do sistema de transmissão e dos equipamentos de medição. Assim, foi realizada somente uma pequena parte das medições planejadas e as medições feitas são insuficientes para uma avaliação embasada do sistema DRM. Não só a quantidade de medições é insuficiente, mas diversos tipos de medições e avaliações que estavam planejadas não foram realizados.

As transmissões feitas em Brasília serviram, contudo, para demonstrar que o sistema DRM também permite a transmissão híbrida *simulcast*. Para comparar o desempenho desse sistema com o sistema HD Radio é preciso, entretanto, realizar uma maior quantidade e variedade de testes. Além disso, os dois sistemas deveriam ser testados no mesmo local e utilizando o mesmo transmissor.

Apêndice A – ROTAS DE TESTE

Esse apêndice descreve as rotas ou percursos ao longo das quais se pretendia fazer medições do sinal DRM híbrido radiado. A Tabela A.1 e a Figura A.1 mostram quais eram essas rotas. Elas são de três tipos: rotas radiais, rotas circulares e rotas fechadas em áreas específicas. Com as rotas radiais e as rotas circulares se pretendia avaliar o alcance do sinal digital ou os limites da área de cobertura. Com as rotas fechadas em áreas específicas e também com as rotas circulares se pretendia avaliar a homogeneidade da cobertura do sinal digital e sua robustez em relação a fatores e elementos degradantes da recepção, tais como ruído, túneis, linhas de alta tensão, etc.

Dois tipos de medidas seriam feitos ao longo de cada rota: medidas em movimento e medidas estáticas. Isto é, durante o percurso de cada rota se faria continuamente a medida da intensidade do campo do sinal DRM e o processamento desse sinal para avaliar a qualidade da recepção. Além disso, seriam escolhidos alguns pontos ao longo de cada rota onde se pararia e se faria as mesmas medidas. Dessa forma se poderia comparar o desempenho do sistema nas duas condições: recepção em movimento e estática.

No caso das rotas radiais, mostradas na Figura A.2, cada uma delas contém 4 pontos de medição estática, localizados sobre os contornos teóricos de 10 mV/m, 2 mV/m, 1,25 mV/m e 0,5 mV/m — esses contornos são referentes ao sinal analógico AM com potência ERP de 50 kW.

Tabela A.1 – Rotas ao longo das quais se pretendia fazer medições.

Tipo de rota	Rota	Descrição / localização
Radial	1	Rota Sudoeste (em direção a Goiânia – GO)
	2	Rota Nordeste (em direção à Posse – GO)
	3	Rota Noroeste (em direção a Niquelândia – GO)
	4	Rota Sudeste (em direção a Unaí – MG)
Circular	5	Rota Circular sobre o contorno de 100 mV/m
	6	Rota Circular sobre o contorno de 10 mV/m
Fechada, em área específica	7	Rota Central do Plano Piloto
	8	Rota do Lago Norte
	9	Rota da Asa Norte
	10	Rota de Águas Claras, Taguatinga Sul e Samambaia
	11	Rota de Taguatinga Norte e Ceilândia
	12	Rota de Sobradinho
	13	Rota do Setor Industrial do Gama

Rota 1 – Radial Sudoeste

Comprimento: 91 km

Percurso: Estrada Parque Dom Bosco (partindo do Balão do Aeroporto) – DF 003 (Estrada Epia) – DF 075 (Estrada Epnb) – BR 060 (sentido Goiânia-GO).

Tabela A.2 - Pontos da rota radial sudoeste (rota 1) onde seriam feitas medidas com recepção fixa.

Ponto	Coordenadas	Localização	Distância ao Tx (km)	Observações
P1	15°51'35" S 47°55'53" W	Estr. Parque Dom Bosco (Balão do Aeroporto)	1,48	Ponto de início das 4 rotas radiais
P2	15°33'45" S 48°06'19" W	BR 060 – Samambaia (contorno 10 mV/m)	17,22	
P3	16°00'56" S 48°14'54" W	BR 060 – 15 km após Sto. Antônio Descoberto	37,17	
P4	16°06'12" S 48°17'25" W	BR 060 – 2 km após a ponte	46,49	
P5	16°06'35" S 48°34'49" W	BR 060 – 14 km após Alexânia	73,01	

Rota 2 – Radial Nordeste

Comprimento: 108 km

Percurso: Estrada Parque Dom Bosco (partindo do Balão do Aeroporto) – Estrada Parque Aeroporto – DF 002 (Eixão) – Estrada Eptt – Estrada Epia – Br 020 – BR 030 – BR 020

Tabela A.3 - Pontos da rota radial nordeste (rota 2) onde seriam feitas medidas com recepção fixa.

Ponto	Coordenadas	Localização	Distância ao Tx (km)	Observações
P1	15°51'35" S 47°55'53" W	Estr. Parque Dom Bosco (Balão do Aeroporto)	1,48	Ponto de início das 4 rotas radiais
P2	15°41'43" S 47°52'28" W	Epia	17,05	
P3	15°36'33" S 47°41'47" W	BR 020 - Planaltina	37,09	
P4	15°35'22" S 47°35'10" W	Br 020 – Cruzamento com BR 010	47,93	
P5	15°32'27" S 47°08'44" W	BR 030 – Cruzamento com GO - 346	92,45	

Rota 3 – Radial Noroeste

Comprimento: 109 km

Percurso: Estrada Parque Dom Bosco (partindo do Balão do Aeroporto) – Estrada Parque Aeroporto – DF 051 (Epgu) – Guará – DF 085 – Estrada Parque do Vale – DF 095 (Epcl) – BR 251 – BR 414.

Tabela A.4 – Pontos da rota radial noroeste (rota 3) onde seriam feitas medidas com recepção fixa.

Ponto	Coordenadas	Localização	Distância ao Tx (km)	Observações
P1	15°51'35" S 47°55'53" W	Estr. Parque Dom Bosco (Balão do Aeroporto)	1,48	Ponto de início das 4 rotas radiais
P2	15°44'00" S 48°05'35" W	BR 251 – Trevo com Epct	17,17	
P3	15°34'21" S 48°11'34" W	BR 251 – 11 km após Brasilândia	37,15	
P4	15°29'27" S 48°13'43" W	BR 251- 1km antes BR 080	46,650	
P5	15°20'10" S 48°25'17" W	BR 251 – 32 km após P3 – Próximo a Padre Bernardo	73,05	

Rota 4 – Radial Sudeste

Comprimento: 108 km

Percurso: Balão do Aeroporto – Estrada Parque Dom Bosco – Epcv – Estrada Parque Contorno – DF 463 – BR 251.

Tabela A.5 – Pontos da rota radial sudeste (rota 4) onde seriam feitas medidas com recepção fixa.

Ponto	Coordenadas	Localização	Distância ao Tx (km)	Observações
P1	15°51'35" S 47°55'53" W	Estrada Parque Dom Bosco (Balão do Aeroporto)	1,48	Ponto de início das 4 rotas radiais
P2	15°53'08" S 47°48'56" W	DF 463 – 1 km após o retorno	16,16	
P3	15°58'48" S 47°34'51" W	BR 251 – 5,30 km após cruz. DF 270	44,40	
P4	16°05'51" S 47°30'16" W	BR 251 – 14 km após DF 285 / GO 436	57,47	
P5	16°17'33" S 47°15'38" W	BR 251 – 36 km após P3	91,10	

Rota 5 – Rota circular sobre o contorno de 100 mV/m

A rota circular, mostrada na Figura A.3, tenta aproximar uma seção circular de 5,35 km de raio, em cujo centro está a antena transmissora. Contém parte do Plano Piloto e arredores e inclui 6 pontos fixos de medidas, todos aproximadamente a igual distância do transmissor.

Comprimento: 80 km

Percurso: 213 Sul, Eixinho, Tatuzinho, 111/112 Sul, 310/311 Sul, W3 Sul, 712/713 Sul, W4 Sul, 910/911 Sul, Parque da Cidade, EPIG, Q8 SIG, QMSW3/QMSW5, Dep. Nac. de Meteorologia, QRSW6/QRSW7, VIA RE 3 Cruzeiro, VIA RE 1, CAESB, DF-003, Estrada Parque Ceilândia DF-095, Estrada Parque Acampamento, Área Aberta, SCIA, SCIA Quadra 4, Estrada Parque do Vale DF-087, Vicente Pires, EPTG DF- 085, EPVP DF- 079, SMPW Quadra 5 Conjunto 9, Rua Macaná, Av. Parque Águas Claras, R. Quatro Norte, Av. das Castanheiras, Rua Macaná, Av. das Araucárias, Próximo à DF-079, EPVP DF-079, Estrada Parque Núcleo Bandeirante DF-075, Via NB-04, 3ª Av. Área Especial 5, Via NV Três, Rotatória, Estrada Parque Dom Bosco DF-025, Ponte Presidente Médice, Av. das Nações, Via L4 Sul, Via L2 Sul, 412/413 Sul, 213 Sul.

Tabela A.6 – Pontos da rota circular para 100 mV/m onde seriam feitas medidas com recepção fixa.

Ponto	Coordenadas	Localização	Distância ao Tx (km)	Observações
P1	15°49'25.05" S 47°54'46.74" W	111/112 Sul	5,35	
P2	15°46'58.19" S 47°56'14.81" W	VIA RE 1	5,35	
P3	15°46'34.04" S 47°57'36.70" W	Área Aberta	5,35	
P4	15°50'19.24" S 48° 0'38.60" W	Águas Claras	5,35	
P5	15°51'28.68 S 47°59'55.60" W	EPVP DF- 079	5,35	
P6	15°52'18.95" S 47°58'8.96" W	Núcleo Bandeirante	5,35	
P7	15°51'31.77" S 47°55'41.92" W	DF-025	5,35	

ROTA 6 – Rota circular sobre o contorno de 10 mV/m

Comprimento: 165 km

Percurso: Estrada Epia – Estrada Parque Contorno (Epct) – Estrada Parque Dom Bosco – Epct – BR 60 – 1ª Rod. Sul – 2ª Av. Norte – Via de Ligação Taguatinga Samambaia – Estrada Parque Taguatinga (Eptg) – Via P Quatro – Eqnp (até Qnp 10 Conj. C) – Qnn 38 Conj. A – Via N Três – Br 070 – Acesso para Rod. DF 095 – Epct – Epia.



Figura A.3 – Rotas circular sobre o contorno de 100 mV/m.

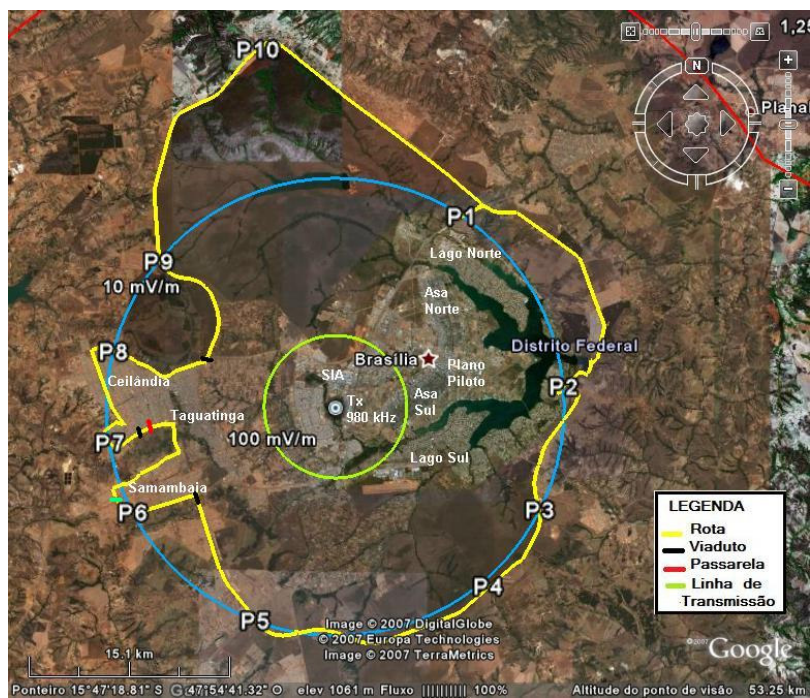


Figura A.4 – Rota circular sobre o contorno de 10 mV/m.

Tabela A.7 – Pontos da rota circular para 10 mV/m onde seriam feitas medidas com recepção fixa.

Ponto	Coordenadas	Localização	Distância ao Tx (km)	Observações
P1	15°41'45" S 47°52'29" W	Epia (próximo ao balão para Epct)	17,00	
P2	15°48'39" S 47°48'11" W	Estrada Parque Dom Bosco	17,00	
P3	15°53'39" S 47°49'12" W	Epct (1 km após acesso DF 463)	17,00	
P4	15°56'44" S 47°51'23" W	Epct (com BR 251)	17,00	
P5	15°58'07" S 47°01'11" W	Epct (próximo a rotatória Epip)	17,00	
P6	15°53'43" S 48°06'20" W	BR 060 (próximo Qr 513 – Samambaia)	17,00	
P7	15°50'49" S 48°07'18" W	Ceilândia -Via P Quatro - Qnp 30 Cj. 5	17,00	
P8	15°47'12" S 48°07'07" W	BR 070 (próx. entrada Via Um – Ceilândia)	17,00	
P9	15°43'30" S 48°05'10" W	Epct (próx. Acesso para BR 080)	17,00	
P10	15°34'59" S 48°01'02" W	Epct (trevo DF 170)	27,61	Ponto afastado do contorno de 10 mV/m

Rota 7 – Rota Central do Plano Piloto

Comprimento : 20,6 km

Tipo: Área Urbana Densa

Percurso: Via de acesso Scn / Smhn (P1) – DF 002 – Erl N – Sbn – “Buraco do Tatu” – Via Ern – Acesso para Via S Um Oeste – Via Ers – Erw S (até 2º viaduto) – Erl S (P2) – Sbn – San – Via L2 Norte – Via N Dois Leste (P3 e P4) – Via L Quatro Norte – Via N Um Leste – Via de Ligação Se / Ne – Via L2 Sul – Via as Cinco (P5) – Cls 102 – Setor Comercial Sul (P6) – Via S Dois Leste – Via W3 Sul – Via W3 Norte - Via de acesso Scn / Smhn.

Tabela A.8 – Pontos da rota central do Plano Piloto onde seriam feitas medidas com recepção fixa.

Pontos	Coordenadas	Localização	Distância ao Tx (km)	Observações
P1	15°47'11" S 47°53'05" W	Setor Comercial Norte	9,39	
P2	15°47'41" S 47°52'57" W	Plataforma Superior da Rodoviária	9,20	
P3	15°47'43" S 47°52'03" W	Ministério das Comunicações – Anexo	10,68	Próximo a passarelas de concreto
P4	15°47'49" S 47°51'20" W	Via N 2 Leste – Próximo à Vila Planalto	11,85	
P5	15°48'19" S 47°52'55" W	Setor de Autarquias Sul (Anatel)	8,91	
P6	15°47'53" S 47°53'15" W	Setor Comercial Sul	8,56	



Figura A.5 – Rota central do Plano Piloto.

Rota 8 – Rota do Lago Norte

Comprimento: 18,8 km

Tipo: Área residencial.

Percurso: Estrada Eppn – Shin Qi 2 Conj. 1 – SQL 2 Conj. 5 até o Conj. 12 – SQL 4 – SQi 6 – SQL 8 – SQL 10 Conj. 3 e Conj. 4 – SQi 10 Conj. 7 até o Conj. 11 – Estrada Eppn – SQi 12 Conj. 8 – SQi 14 Conj. 6, 7 e 8 – SQL 16 – Estrada Eppn – SQL 15 Conj. 2 – SQL 13 – SQi 13 Conj. 8 – SQL 11 – SQL 9 – SQL 7 – SQL 5 – SQL 3 – SQi 3 Conj. 2 – Estrada Eppn.

Tabela A.9 – Pontos da rota do Lago Norte onde seriam feitas medidas com recepção fixa.

Ponto	Coordenadas	Localização	Distância ao Tx (km)	Observações
P1	15°43'25" S 47°51'12" W	Shin Qi 2 Conj. 1	13,43	
P2	15°44'12" S 47°52'18" W	Shin Qi 6 Conj. 2	13,77	
P3	15°45'39" S 47°49'48" W	Shin QL 15 Conj. 2	15,86	
P4	15°44'01" S 47°51'11" W	Shin QL 7 Conj. 2	15,47	

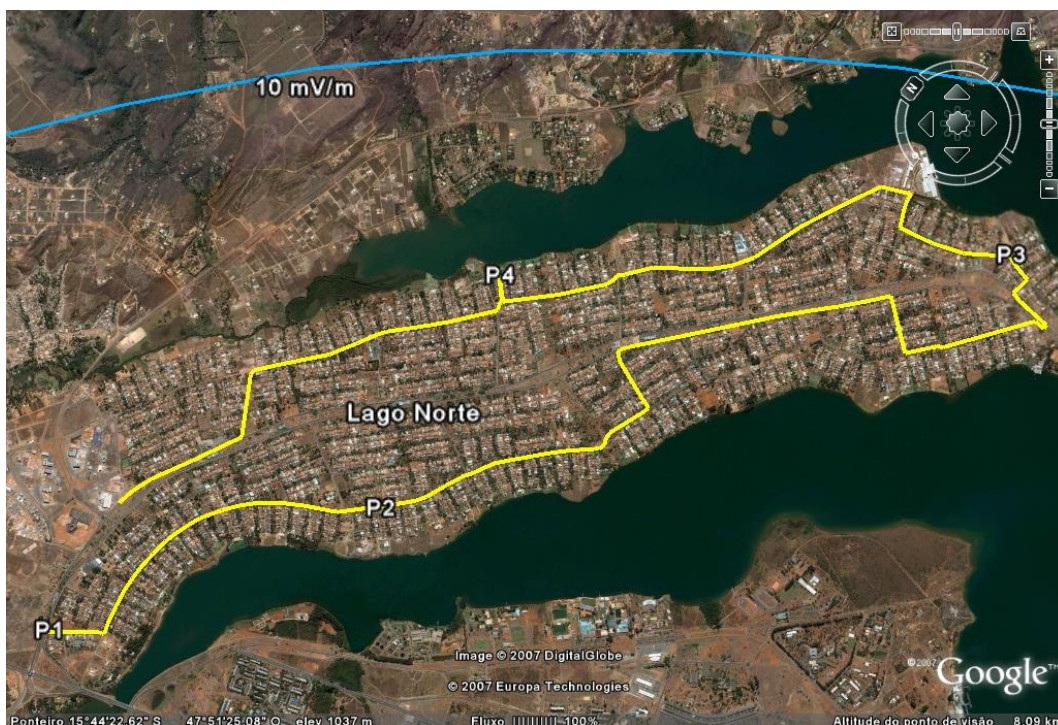


Figura A.6 – Rota do Lago Norte.

Rota 9 – Rota da Asa Norte

Comprimento : 13,8 km

Tipo: Área Urbana Densa

Percurso: SQN 205 (P1) – Via L1 Norte – SQN 208 – Erl N – SQN 209 – SQN 409 – Via L1 Norte – SQN 210 (P2) – Cln 411 – Via L 2 Norte – Via L 4 Norte (P3) – Via W3 Norte – Sclrn 714 – Entrequadras 314 / 315 – Via W1 Norte – SQN 314 (P4) – Via W1 Norte – Entrequadras 308 / 309 – Via W3 Norte - SQN 708 (P5) – Via W3 Norte – Sclrn 706 – Entrequadras 306 / 309 – Via W1 Norte – Via Acesso 205 / 206 Norte.

Tabela A.10 – Pontos da rota da Asa Norte onde seriam feitas medidas com recepção fixa.

Ponto	Coordenadas	Localização	Distância ao Tx (km)	Observações
P1	15°46'13" S 47°52'45" W	SQN 205	10,76	
P2	15°45'24" S 47°52'59" W	SQN 210	11,35	
P3	15°43'52" S 47°53'33" W	Via L4 Norte	12,72	Linhas de Transmissão
P5	15°44'46" S 47°53'39" W	SQN 314	11,31	
P6	15°45'55" S 47°53'27" W	SQN 708	10,09	



Figura A.7 – Rota da Asa Norte.

Rota 10 – Águas Claras, Taguatinga Sul e Samambaia

Comprimento: 23,9 km

Tipo: Áreas urbanas densas, em Águas Claras e parte de Taguatinga; área residencial, em Taguatinga e Samambaia.

Percurso: Avenida das Castanheiras (P1) (Águas Claras) – Avenida das Araucárias (P2) – Avenida Pau Brasil – Avenida Areal – Rodovia EPCT (P3) (Taguatinga) – Q. CSG 3 – Q. CSG 6 – Avenida EPNB – Avenida Leste (P4) (Samambaia) – Q. SMT CJ. 10 – Q. SMT CJ. 11 – QSC (P5) (Taguatinga) – QSC 19 – QSC 18 – Avenida Sandú – QSB 1 (P6) – Q. CSB 1 – Avenida Comercial – Q. C6 – Q. CSA 1 – Estrada EPTG.

Tabela A.11 – Pontos da rota 10 onde seriam feitas medidas com recepção fixa.

Ponto	Coordenadas	Localização	Distância ao Tx (km)	Observações
P1	15°49'56" S 48°02'25" W	Av Castanheiras	8,37	Próximo a uma passarela de metal
P2	15°51'71" S 48°00'42" W	Av. Castanheiras	5,35	Sob linha de contorno de 100 mV/m
P3	15°50'84" S 48°01'34" W	Av. Araucárias	7,06	
P4	15°51'59" S 48°02'05" W	EPCT	8,97	
P5	15°51'43" S 48°03'42" W	Av. Leste	11,65	Linhas de transmissão
P5	15°51'20" S 48°03'40" W	QSC	10,84	
P6	15°50'11" S 48°03'33" W	QSB 1	10,38	



Figura A.8 – Rota 10: Águas Claras, Taguatinga Sul e Samambaia.

Rota 11 – Taguatinga Norte e Ceilândia

Comprimento: 30,7 km.

Tipo: Área urbana densa, em parte de Taguatinga; e área residencial, em Ceilândia e Taguatinga.

Percurso: Estrada EPTG – Avenida Comercial (P1) – QNB 18/QNE – QNB19/QNE – QNF 1 – QNF 2 – QNC – Via Ln Dezoito – QNL 8 – Via Lj. Um Norte – Via Ln Dezoito – Via M. Quatro – Via Nm Três – Via N. Um – QNN 23 Cj.I – QNN 21 (Conjuntos: L – K – G – I – K – M) – Via N. Três – QNN 27 – Via P. Um – Avenida Hélio Prates – Via N. Três – QNN 30 – EQNP 6/10 – EQNP 8/12 – Via P. Quatro – EPTG.

Tabela A.12 – Pontos da rota 11 onde seriam feitas medidas com recepção fixa.

Ponto	Coordenadas	Localização	Distância ao Tx (km)	Observações
P1	15°49'55" S 48°03'31" W	Av. Comercial	10,27	
P2	15°49'23" S 48°04'38" W	Av. Ln. Dezoito	12,22	
P3	15°48'35" S 48°05'28" W	Via M. Quatro	13,81	
P4	15°47'60" S 48°07'17" W	Via Nm. Três	17,18	Sob linha de contorno teórico de 10 mV/m
P5	15°48'39" S 48°07'23" W	QNN 21	17,18	Sob linha de contorno teórico de 10 mV/m
P6	15°51'18" S 48°07'13" W	EPTG	17,18	Sob linha de contorno teórico de 10 mV/m

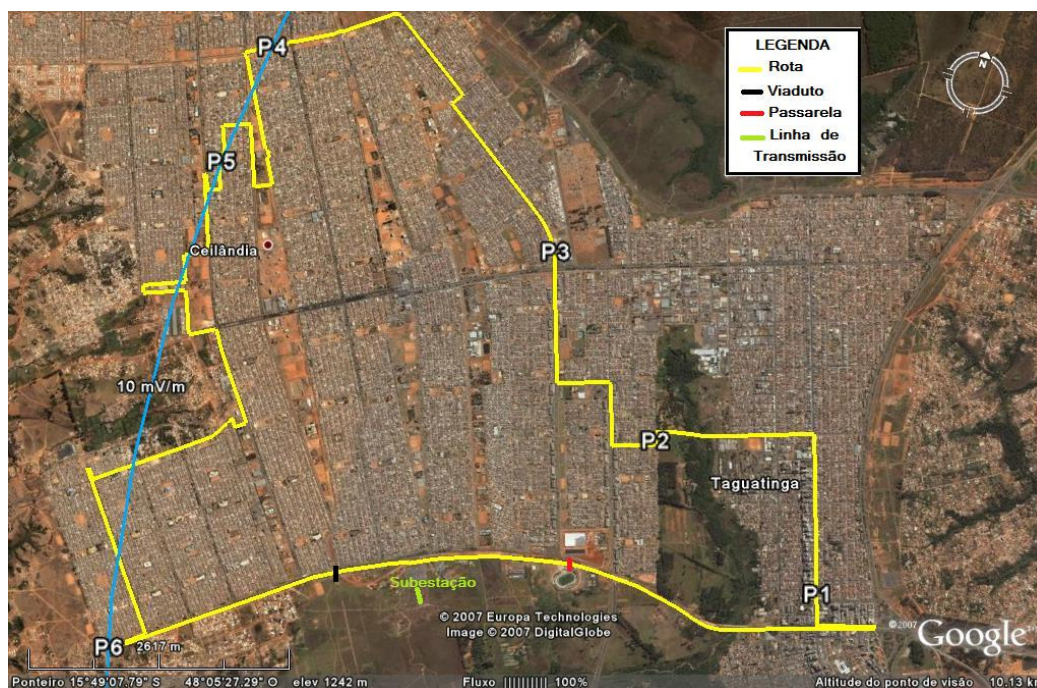


Figura A 9 – Rota 11: Taguatinga Norte e Ceilândia.

Rota 12 – Sobradinho

Comprimento: 10,1 km

Tipo: Área Residencial.

Percurso: BR 020 – Rua A – Rua Um – Rua Quatro – Rua Três – BR 020 – Q.2 (Cj.: E 16 – D 17 – D 13 – D 7 – D 11 – D 3 – D 2) – Rua Sete – Rua Dois – Rua Seis -

Tabela A.13 – Pontos da rota de Sobradinho (rota 12) onde seriam feitas medidas com recepção fixa.

Ponto	Coordenadas	Localização	Distância ao Tx (km)	Observações
P1	15°49'45" S 47°48'20" W	Rua A	24,53	Próximo a um viaduto
P2	15°38'35" S 47°48'07" W	Rua Quatro	26,4	
P3	15°39'38" S 47°47'08" W	Rua Três	27,02	
P4	15°40'24" S 47°48'01" W	Rua Seis	25,78	

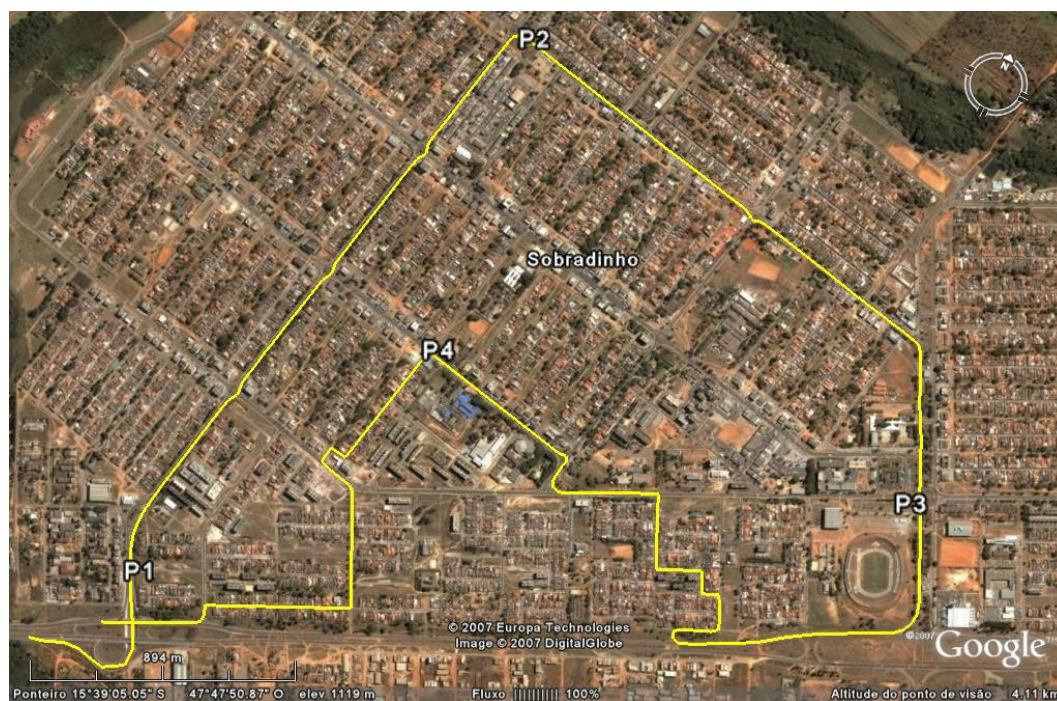


Figura A.10 – Rota 12: Sobradinho.

Rota 13 – Setor Industrial do Gama

Comprimento: 8,4 km

Tipo: Área industrial.

Percurso: Av. Contorno (Setor Industrial, Cidade do GAMA) – Q.44 (P1) - Q.45 – Q.7 – Q.6 – Q.5 – Q.4 (P2) – Q.3 – Q.2 (P3)– Q.1.

Tabela A.14 – Pontos da rota do Gama (rota 13) onde seriam feitas medidas com recepção fixa.

Ponto	Coordenadas	Localização	Distância ao Tx (km)	Observações
P1	15°59'88" S 48°03'30" W	Q.44	21,80	
P2	16°01'03" S 48°03'22" W	Q.4	23,57	
P3	16°00'31" S 48°03'30" W	Q.2	22,80	



Figura A.11 – Rota 13: Setor Industrial do Gama.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Broadcasters' User Manual, Publicação DRM™, 1ª ed., 2004.
- [2] ITU-R Doc. 6E/403-E, "Digital Radio Mondiale (DRM): MW simulcast tests in Mexico D.F.", agosto de 2006.
- [3] Regulamento Técnico para Emissoras de Radiodifusão Sonora em Onda Média e em Onda Tropical – 120 metros. Anatel.
- [4] ETSI ES 201 980: "Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification", v2.2.1, 2005.
- [5] ETSI TS 102 349: "Digital Radio Mondiale (DRM) – receiver status and control interface (RSCI)", v1.1.1, 2005.
- [6] Rec. ITU-R BS.1514-1: Systems for digital sound broadcasting in the broadcasting bands below 30 MHz, 2002.
- [7] <http://www.drm.org>.