



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS PADRÕES DE TRANSMISSÃO DE RÁDIO  
DIGITAL PARA A IMPLEMENTAÇÃO EM MOÇAMBIQUE NO PROCESSO  
DE MIGRAÇÃO DA RÁDIO ANALÓGICA PARA A RÁDIO DIGITAL**

Kossi Nati Jege

SUPERVISOR:

Eng<sup>o</sup>. Joaquim Branco, Msc

Maputo, Agosto de 2022



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS PADRÕES DE TRANSMISSÃO DE RÁDIO  
DIGITAL PARA A IMPLEMENTAÇÃO EM MOÇAMBIQUE NO PROCESSO  
DE MIGRAÇÃO DA RÁDIO ANALÓGICA PARA A RÁDIO DIGITAL**

Kossi Nati Jege

SUPERVISOR:

Eng<sup>o</sup>. Joaquim Branco, Msc

Maputo, Agosto de 2022

**ANEXO 8.**  
**TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO**



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA\_\_\_\_\_

**TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA**

Declaro que o estudante \_\_\_\_\_

Entregou no dia \_\_\_/\_\_\_\_\_/20\_\_ as --- cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com a referência: \_\_\_\_\_

Intitulado: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Maputo, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20

O Chefe de Secretaria

\_\_\_\_\_

**ANEXO 5.**  
**TERMO DE ATRIBUIÇÃO DO TEMA DO TL**



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA\_\_\_\_\_**

**TERMO DE ATRIBUIÇÃO DE TEMA DE TRABALHO DE LICENCIATURA**

REFERÊNCIA DO TEMA		Data:	
--------------------	--	-------	--

## **1. TÍTULO DO TEMA**

Análise comparativa dos padrões de transmissão de rádio digital para a implementação em Moçambique no processo de migração da rádio analógica para a rádio digital

## **2. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO TRABALHO A DESENVOLVER**

### **2.1. Definição do Problema**

A rádio é por excelência o meio de comunicação muito usado em Moçambique. Segundo o Instituto de Comunicação Social, ICS, cerca de 75% da população do país é informada através de rádios comunitárias. No entanto, por um lado, actualmente, o espectro de frequência está saturado, o que leva o Instituto Nacional das Comunicações de Moçambique (INCM) a não conceder frequências para a exploração de um serviço de radiodifusão. Isso acontece em radiodifusão sonora, nomeadamente em frequência Modulada (FM), como também acontecia em radiodifusão televisiva, nomeadamente UHF, tendo-se resolvido com migração para o digital. Portanto, os canais ou frequências até então esgotaram-se.

Por outro lado, actualmente grande parte da radiodifusão explora as bandas AM e FM.

Estas modulações não resistem à oposição do ambiente, nomeadamente as condições meteorológicas, os ecos das montanhas, das árvores, edifícios e também aos ruídos dos motores, entre outros. Portanto, essas bandas estão sujeitas a condições exteriores, o que mostra a vulnerabilidade dos seus sinais. Além disso, os equipamentos de transmissão são pesados, volumosos e pouco eficientes, às vezes, muito caros. A sua manutenção é dispendiosa e consome muita energia.

Todos estes inconvenientes da rádio analógica conduziram os cientistas e engenheiros a pensar num outro método de difusão e assim, desenvolveram o método de difusão digital. Em Moçambique a televisão já iniciou a sua migração, e a rádio está atrasada neste processo. O grande constrangimento reside na definição do padrão a adoptar, no caso da rádio, e das políticas governamentais para garantir que a população tenha acesso à informação radiofónica, um direito consagrado constitucionalmente.

## **2.2. Relevância da pesquisa**

Desde a sua criação no final do século XIX, a rádio tem se mostrado até aos dias de hoje um poderoso meio de comunicação, cobrindo amplamente o mercado com serviços de radiodifusão de áudio em AM e FM. Por décadas a rádio foi o meio de comunicação mais importante do mundo. O advento da rádio analógica marcou o mundo. Na África, a rádio é um dos meios de comunicação mais usados.

Hoje em dia, vivemos em um mundo de sistemas e serviços de comunicação digital. Partes essenciais dos processos de produção das emissoras de rádio foram alteradas para digitais nos últimos tempos, começando com a mudança de fita de áudio analógica convencional para gravação digital em fita magnética ou disco rígido, processamento de sinal digital em mesas de som, entre outros. Consequentemente, os sistemas de transmissão agora tendem a mudar de transmissão analógica convencional para digital.

Por conseguinte, fala-se cada vez mais de rádio digital nos continentes europeu e americano que desenvolveram essa tecnologia. A rádio está a sofrer uma revolução, do analógico estamos a migrar ao digital. A evolução do analógico para o digital é um movimento irreversível e mundial, que tem repercussões nas tecnologias da sociedade de informação.

Várias outras áreas também passaram com sucesso pelo processo de digitalização tais como, a área das telecomunicações, da música, da fotografia entre outros. Faltando neste processo a televisão e a rádio.

Em Moçambique a televisão já iniciou a sua mutação para o digital e o padrão europeu, o DVB-T2 foi adoptado. A rádio está atrasada neste processo e ainda sequer foi definido o padrão de rádio a ser adoptado mostrando-se desta forma a relevância desta pesquisa.

### **2.3.Objectivos**

#### **2.3.1. Objectivo(s) Geral(is)**

Analisar e comparar os padrões de transmissão de rádio digital e propor um padrão para a implementação em Moçambique no processo de migração da rádio analógico para a rádio digital.

#### **2.3.2. Objectivos Específicos**

- Descrever a situação actual da radiodifusão em Moçambique;
- Descrever os padrões de rádio digital existentes na actualidade;
- Identificar os principais aspectos técnicos e socioeconómicos que influenciaram na escolha do padrão de rádio digital;
- Comparar os padrões de rádio digital;
- Propor um padrão de rádio digital para implementar em Moçambique no processo de migração da rádio analógico ao digital.

### **2.4 Metodologia**

O presente trabalho quanto a sua natureza constitui uma pesquisa aplicada pois visa resolver um problema específico na sociedade moçambicana relacionado com a rádio. Quanto aos objectivos constitui uma pesquisa descritiva pois é realizado um estudo detalhado, com colecta de dados, análise e interpretação dos mesmos, enquadrando-se desta forma na classificação quanto a abordagem numa pesquisa qualitativa. Esta análise comparativa, a

que se propõe fazer, será realizada por meio da técnica de Benchmarking concorrencial pois, serão comparados produtos, serviços, processos ou métodos entre os sistemas ou padrões de rádio digital concorrentes. No que diz respeito aos aspectos técnicos e métricas, as grandezas de referencia que tem relação com o desempenho dos sistemas vão, entre outros, desde:

- Operar de maneira satisfatória nos serviços de ondas já destinadas à radiodifusão analógica AM ou FM;
- Compatibilidade com o sistema de radiodifusão analógico actual, com boa qualidade de áudio e com mínimas interferências em outras estações;
- Área de cobertura do sinal digital igual do actual analógico, com menor potência de transmissão;
- Interactividade e multiprogramação;
- Custo para implantação de uma emissora digital ou adequação da emissora para transmissão do sinal digital utilizando cada sistema; etc.

Como métricas de estudo é também levado em conta um estudo sobre quantos países tiveram sucesso e/ou falha na implementação de um padrão de rádio digital. Portanto, para a realização deste trabalho será inicialmente feita um criterioso levantamento bibliográfico na literatura científica, a partir da compilação de trabalhos publicados em revistas científicas e livros com o intuito de recolher informação em volta do problema.

### **3. LOCAL DE REALIZAÇÃO**

Faculdade de Engenharia UEM

### **4. SUPERVISORES**

	Nome	Assinatura
Da UEM	Eng. Joaquim Branco, Msc	
Da Instituição		

## 5. DATAS CHAVE

Entrega do Tema		Previsão da Conclusão	
-----------------	--	-----------------------	--

Maputo, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_

Chefe da Comissão Científica

Visto do Chefe do Departamento

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Declaro que recebi o tema do Trabalho de Licenciatura na data acima indicada

Nome: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

## ANEXO 6.

### ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA \_\_\_\_\_

#### ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

#### 1. AGENDA:

Apresentação inicial do trabalho a desenvolver;
Apresentação da problemática do trabalho;
Apresentação dos objectivos gerais e específicos;
Apresentação da metodologia de trabalho.

#### 2. PRESENCAS

Supervisor	Eng. Joaquim Branco, Msc
Co-Supervisor	
Estudante	Jege, Kossi Nati
Outros	

#### 3. RESUMO DO ENCONTRO:

Este primeiro encontro teve como objectivo principal a apresentação do trabalho a desenvolver ao supervisor. De onde, de imediato houve uma discussão dos pontos em agenda na medida em que os apresentava e o supervisor deixava ficar a suas recomendações.

#### 4. RECOMENDAÇÕES:

Pesquisar mais sobre o tema da rádio digital;
Estudar a problemática do trabalho e redefinir os objectivos do trabalho;
Estudar as formas de elaboração de metodologia de trabalho.

#### 5. OBSERVAÇÕES

--

#### 6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

--

## ANEXO 6.

### ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA \_\_\_\_\_

#### ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

#### 1. AGENDA:

Apresentação e esclarecimento de dúvidas que não foram sanadas por meio de discussões usando plataformas digitais como o correio electrónico, WhatsApp e mensagens de texto;
Apresentação do progresso feito
Apresentação do esqueleto do que veria a ser o segundo capítulo
Discussão de passos subsequentes relativas ao segundo capítulo do trabalho

#### 2. PRESENCAS

Supervisor	Eng. Joaquim Branco, Msc
Co-Supervisor	
Estudante	Jege, Kossi Nati
Outros	

#### 3. RESUMO DO ENCONTRO:

Este segundo encontro presencial consistiu na apresentação e esclarecimento de dúvidas que não foram sanadas por meio de discussões constantes usando plataformas digitais como o correio electrónico, WhatsApp e mensagens de texto. Foi também apresentado o progresso feito e tivemos uma discussão sobre os aspectos a considerar no capítulo subsequente, o capítulo 2 respectivamente.

#### 4. RECOMENDAÇÕES:

Pesquisar sempre mais e mais sobre o tema da rádio digital  
Buscar trazer ao segundo capítulo uma teoria que sirva de base para o entendimento do porquê da necessidade da migração da rádio analógica ao digital.

#### 5. OBSERVAÇÕES

\_\_\_\_\_

#### 6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

\_\_\_\_\_

## ANEXO 6.

### ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA \_\_\_\_\_

#### ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

#### 1. AGENDA:

Apresentação e esclarecimento de dúvidas que não foram sanadas por meio de discussões usando plataformas digitais como o correio electrónico, WhatsApp e mensagens de texto;
Apresentação dos progresso feito no capítulo 2 com o título HISTORIAL DA RÁDIO
Discussão de passos subsequentes relativas ao terceiro capítulo do trabalho

#### 2. PRESENCAS

Supervisor	Eng. Joaquim Branco, Msc
Co-Supervisor	
Estudante	Jege, Kossi Nati
Outros	

#### 3. RESUMO DO ENCONTRO:

Este encontro consistiu na apresentação e esclarecimento de dúvidas que não foram sanadas por meio de discussões constantes usando plataformas digitais como email, WhatsApp e mensagens de texto. Foi também apresentado o progresso feito e tivemos uma discussão sobre os aspectos a considerar no capítulo subsequente, o capítulo 3 respectivamente.
---

#### 4. RECOMENDAÇÕES:

Pesquisar sempre mais e mais sobre o tema da rádio digital
Estudar as normas de citações de modo a fazer o seu uso correctamente

#### 5. OBSERVAÇÕES

--

#### 6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

--

## ANEXO 6.

### ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA \_\_\_\_\_

#### ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:  Data:

#### 1. AGENDA:

Apresentação e esclarecimento de dúvidas que não foram sanadas por meio de discussões usando plataformas digitais como o correio electrónico, WhatsApp e mensagens de texto;
Apresentação dos progresso feito no capítulo 2 com o título HISTORIAL DA RÁDIO
Apresentação do trabalho desenvolvido no capítulo com o título RADIO DIGITAL

#### 2. PRESENCAS

Supervisor	Eng. Joaquim Branco, Msc
Co-Supervisor	
Estudante	Jege, Kossi Nati
Outros	

#### 3. RESUMO DO ENCONTRO:

Este encontro consistiu na apresentação e esclarecimento de dúvidas que não foram sanadas por meio de discussões constantes usando plataformas digitais como o correio electrónico, WhatsApp e mensagens de texto. Foi também apresentado o progresso feito com o capítulo 2 e apresentei o trabalho feito correspondente ao terceiro capítulo.

#### 4. RECOMENDAÇÕES:

Trabalhar mais no terceiro capítulo, o capítulo da radio digital
Buscar trazer uma teoria que sirva de base para o entendimento dos padrões de rádio digital

5. OBSERVAÇÕES	
----------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	
-----------------------------	--

## ANEXO 6.

### ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA \_\_\_\_\_

#### ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:  Data:

#### 1. AGENDA:

Apresentação e esclarecimento de dúvidas que não foram sanadas por meio de discussões usando plataformas digitais como o correio electrónico, WhatsApp e mensagens de texto;  
Apresentação dos progresso feito no capítulo 3 com o título RADIO DIGITAL

#### 2. PRESENCAS

Supervisor	Eng. Joaquim Branco, Msc
Co-Supervisor	
Estudante	Jege, Kossi Nati
Outros	

#### 3. RESUMO DO ENCONTRO:

Este encontro consistiu na apresentação e esclarecimento de dúvidas que não foram sanadas por meio de discussões constantes usando plataformas digitais como o correio electrónico, WhatsApp e mensagens de texto. Foi também apresentado o progresso feito com o capítulo 3 relativamente aos padrões de rádio digital

#### 4. RECOMENDAÇÕES:

Trabalhar mais no terceiro capítulo, o capítulo da rádio digital  
Buscar trazer as principais especificações dos padrões de rádio digital

5. OBSERVAÇÕES	
----------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	
-----------------------------	--

## ANEXO 6.

### ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA \_\_\_\_\_

#### ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:  Data:

#### 1. AGENDA:

Apresentação e esclarecimento de dúvidas que não foram sanadas por meio de discussões usando plataformas digitais como o correio electrónico, WhatsApp e mensagens de texto;  
Apresentação dos progresso feito no capítulo 3 com o título RADIO DIGITAL

#### 2. PRESENCAS

Supervisor	Eng. Joaquim Branco, Msc
Co-Supervisor	
Estudante	Jege, Kossi Nati
Outros	

#### 3. RESUMO DO ENCONTRO:

Este encontro consistiu na apresentação e esclarecimento de dúvidas que não foram sanadas por meio de discussões constantes usando plataformas digitais como o correio electrónico, WhatsApp e mensagens de texto. Foi também apresentado o progresso feito com o capítulo 3 relativamente a análise comparativa dos padrões de rádio digital

#### 4. RECOMENDAÇÕES:

Trabalhar mais no terceiro capítulo, o capítulo da rádio digital  
Buscar trazer as principais especificações dos padrões de rádio digital

5. OBSERVAÇÕES	
----------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	
-----------------------------	--

## ANEXO 6.

### ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA \_\_\_\_\_

#### ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:  Data:

#### 1. AGENDA:

Apresentação e esclarecimento de dúvidas que não foram sanadas por meio de discussões usando plataformas digitais como o correio electrónico, WhatsApp e mensagens de texto;

Considerações finais

#### 2. PRESENCAS

Supervisor	Eng. Joaquim Branco, Msc
Co-Supervisor	
Estudante	Jege, Kossi Nati
Outros	

#### 3. RESUMO DO ENCONTRO:

Este encontro consistiu na apresentação e esclarecimento de dúvidas que não foram sanadas por meio de discussões constantes usando plataformas digitais como o correio electrónico, WhatsApp e mensagens de texto. Neste encontro foi também abordado a questão das considerações finais.

#### 4. RECOMENDAÇÕES:

Rever por completo todo o trabalho

#### 5. OBSERVAÇÕES

#### 6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

## ANEXO 10.

# GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA\_\_\_\_\_

### F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

Nome do estudante: \_\_\_\_\_

Referência do tema: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Título do tema: \_\_\_\_\_

<b>1. Resumo</b>					
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5
<b>Secção 1 subtotal (max: 5)</b>					

<b>2. Organização (estrutura) e explanação</b>										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Secção 2 subtotal(max: 45)</b>										

<b>3. Argumentação</b>										
3.1. Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2. Rigor	1	2	3	4	5					
3.3. Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4. Relação objectivos/ métodos/ resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5. Relevância	1	2	3	4	5					
<b>Secção 3 subtotal(max: 30)</b>										

<b>4. Apresentação e estilo da escrita</b>					
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4. Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5
<b>Secção 4 subtotal(max: 20)</b>					

<b>Total de pontos (max: 100)</b>		<b>Nota (=Total*0,2)</b>	
-----------------------------------	--	--------------------------	--

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

## ANEXO 11.

### GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA \_\_\_\_\_

### F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA

Nome do estudante: \_\_\_\_\_

Referência do tema: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Título do tema: \_\_\_\_\_

<b>1. Introdução</b>										
1.1. Apresentação dos pontos chave na introdução (Contexto e importância do trabalho)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Secção 1 subtotal(max: 10)</b>										

<b>2. Organização e explanação</b>										
2.1. Objectivos	1	2	3							
2.3. Metodologia	1	2	3	4						
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8		
<b>Secção 2 subtotal(max: 25)</b>										

<b>3. Estilo da apresentação</b>										
3.1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5					
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5					
3.3. Uso e qualidade dos áudio-visuais	1	2	3	4	5					
<b>Secção 3 subtotal(max: 15)</b>										

<b>4. Defesa</b>										
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.4. Domínio do significado e aplicação dos Resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Secção 3 subtotal(max: 50)</b>										

<b>Total de pontos (max: 100)</b>		<b>Nota (=Total*0,2)</b>	
---------------------------------------	--	--------------------------	--

## ANEXO 12.

### FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE (PELO SUPERVISOR)



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA \_\_\_\_\_

### FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE

(Auxiliar para o supervisor)

Nome do estudante: \_\_\_\_\_

Referência do tema: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Título do tema: \_\_\_\_\_

Indicador	Classificação				
<b>Atitude geral</b> (manteve uma disposição positiva e sentido de humor)	1	2	3	4	5
<b>Dedicação e comprometimento</b> (Deu grande prioridade ao projecto e aceitou as responsabilidades prontamente)	1	2	3	4	5
<b>Independência</b> (realizou as tarefas independentemente, como prometido e a tempo)	1	2	3	4	5
<b>Iniciativa</b> (viu o que devia ter sido feito e fê-lo sem hesitar e sem pressões do supervisor)	1	2	3	4	5
<b>Flexibilidade</b> (disponibilidade para se adaptar e estabelecer compromissos)	1	2	3	4	5
<b>Sensibilidade</b> (ouviu e tentou compreender as opiniões dos outros)	1	2	3	4	5
<b>Criatividade</b> (contribuiu com imaginação e novas ideias)	1	2	3	4	5
<b>Total de pontos (max: 35)</b>					

Valor do classificador	Cotação obtida	Significado
	1	Não aceitável (0 a 9 valores)
	2	Suficiente (10 a 13 valores)
	3	Bom (14 a 16 valores)
	4	Muito Bom (17 a 18 valores)
	5	Excelente (19 a 20 valores)

<b>Total de pontos (max: 35)</b>		<b>Nota (=Total*20/35)</b>	
----------------------------------	--	----------------------------	--

## ANEXO 13.

### FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA \_\_\_\_\_

### F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL

Nome do estudante: \_\_\_\_\_

Referência do tema: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Título do tema:

\_\_\_\_\_

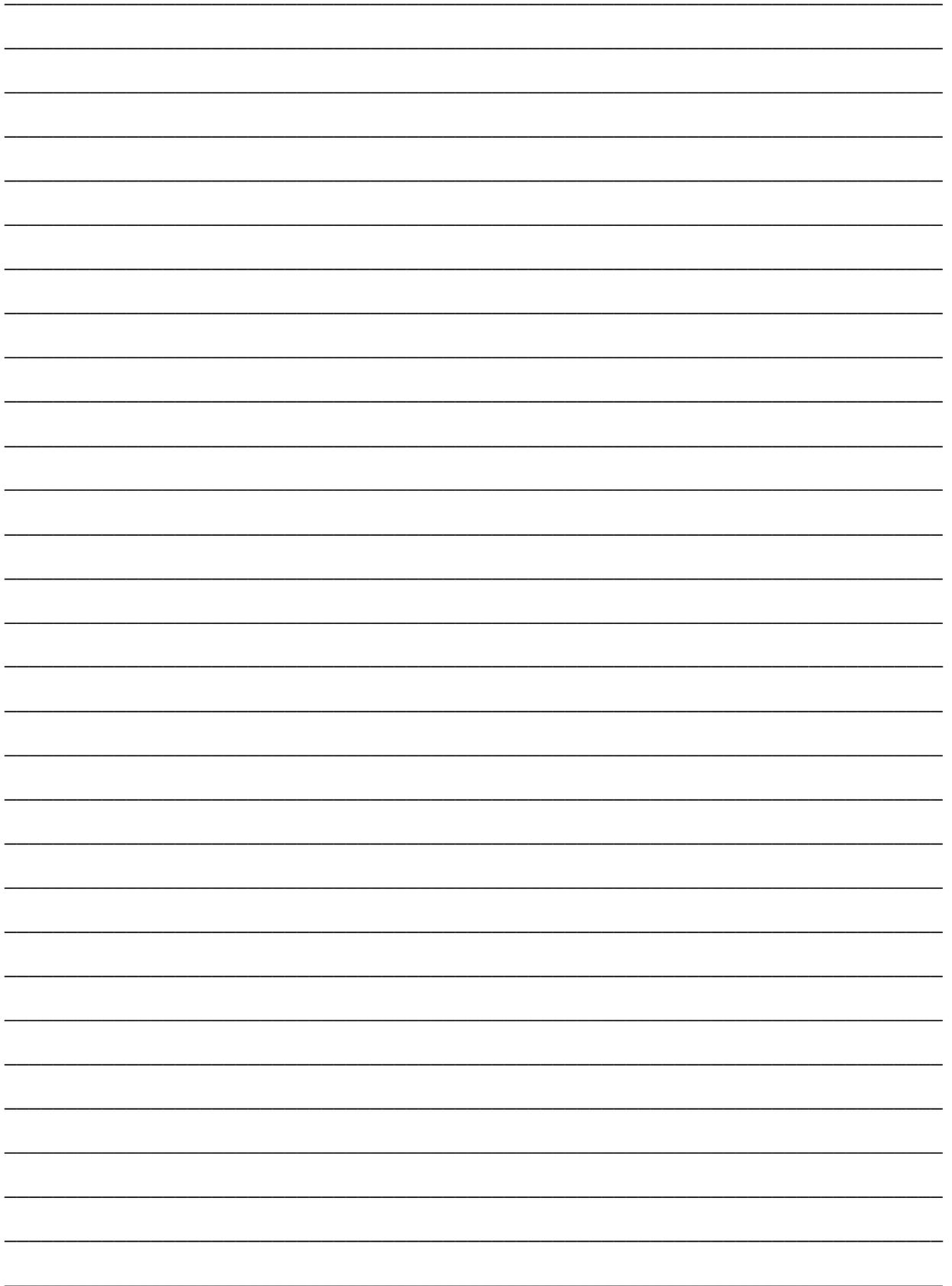
AVALIADOR	NOTA OBTIDA	PESO (%)
Relatório escrito (F1)	N1=	A= 60
Apresentação e defesa do trabalho (F2)	N2=	B= 40

**CLASSIFICAÇÃO FINAL  $=(N1*A+N2*B)/100$**

OS MEMBROS DO JURI:

O Presidente	
O Oponente	
Os Supervisores	





## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradecer a Deus pela saúde e força para ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo do trabalho.

A minha mãe, que desempenha mutuamente o papel de pai, pelo apoio e carinho, que em conjunto com minhas irmãs me incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto me dedicava a realização deste trabalho.

Ao meu supervisor, por todo o apoio prestado em termos de críticas, reflexões e ajuda concedida ao longo de todo trabalho desenvolvido, bem como pela sua paciência e disponibilidade constantes.

Por fim, a todos aqueles que participaram de forma directa ou indirectamente do desenvolvimento deste trabalho, enriquecendo o meu aprendizado.

*“Se não vemos mais uma grande variedade de “radinhos” de pilha à venda nas boas casas do ramo, não é porque o rádio se perdeu entre as fontes mais modernas de difusão.”*

(Rony Locher)

## RESUMO

A rádio é um meio de comunicação muito importante e de referência a nível mundial. Em África alcança mais pessoas do que qualquer outro meio de comunicação. Em Moçambique particularmente estima-se que 75% da população do país é informado através de rádios comunitárias segundo o Instituto de Comunicação Social. Este veículo de comunicação que desde a sua criação esteve em constante evolução actualmente esta a passar para uma nova era, a era da rádio digital. Paulatinamente estamos a migrar do rádio analógico para a rádio digital, que altera paradigmas e formas quotidianas de lidar com os conteúdos.

Analisando-se os sistemas de rádio digital, verifica-se que elas se dividem em duas vertentes. Na primeira, o rádio digital é visto como uma evolução das actuais rádios. Por conseguinte a rádio digital é concebida para conviver com o sistema de radiodifusão analógico em AM e FM actual e, permitir uma transição tecnológica suave. Este é o caso do padrão americano HD Radio e o padrão europeu DRM. Em contrapartida, na segunda vertente a rádio é vista como um novo serviço, tal como foi com a introdução da rádio FM num mundo dominado pelas rádios AM. São exemplos desta vertente o padrão europeu DAB e o padrão japonês ISDB-Tsb.

Este estudo tem por objectivo desenvolver uma análise em torno da Rádio Digital, especificamente uma análise comparativa dos padrões de transmissão de rádio digital com o intuito de propor o padrão que melhor se adequa a nossa realidade Moçambicana para a implementação no país no processo de migração da rádio analógica para a rádio digital. Portanto, com este objectivo faremos uma breve descrição dos padrões de transmissão de rádio digital, suas características, funcionalidades, estrutura e limitações. Revisitamos também a história da rádio analógica com o intuito de elucidar os motivos que levam este movimento mundial de procura de alternativas às rádios analógicas.

Palavras-chave: Radiodifusão analógica AM/FM, Rádio digital, HD Radio, DRM DAB, ISDB-Tsb

## **ABSTRACT**

Radio is an important way of communication and a worldwide reference. In Africa, it reaches more people than any other means of communication. In Mozambique, it is estimated that 75% of the country's population uses community radios, according to the Social Communication Institute. This communication vehicle, which since its creation has been in constant evolution, is currently moving into a new era, the era of digital radio. Gradually we are migrating from analogue radio to digital radio, which changes paradigms and everyday ways of dealing with content.

Analyzing the digital radio systems, it appears that they are divided into two aspects. At first, digital radio is seen as an evolution of current radio. Therefore, digital radio is designed to coexist with the current analog broadcasting system in AM and FM and allow a smooth technological transition. This is the case for the American HD Radio standard and the European DRM standard. On the other hand, in the second aspect, radio is seen as a new service, as it was with the introduction of FM radio in a world dominated by AM radio. Examples of this aspect are the European DAB standard and the Japanese ISDB-Tsb standard.

This study aims to develop an analysis about Digital Radio, specifically a comparative analysis of digital radio transmission standards in order to propose the standard that best suits our Mozambican reality for implementation in the country in the migration process of analogue radio to digital radio. Therefore, with this objective we will make a brief description of the digital radio transmission standards, their characteristics, functionalities, structure and limitations. We also revisit the history of analogue radio in order to elucidate the reasons that lead this worldwide movement to seek alternatives to analogue radios.

Keywords: AM/FM analog broadcasting, Digital radio, HD Radio, DRM DAB, ISDB-Tsb

## ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO.....	iii
ABSTRACT .....	iv
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
1. CAPITULO I: INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Nota introdutória.....	1
1.2. Definição do problema.....	2
1.3. Relevância da pesquisa .....	3
1.4. Objectivos.....	4
1.4.1. Objectivo Geral .....	4
1.4.2. Objectivos específicos .....	4
1.5. Metodologia.....	4
2. CAPITULO II: HISTORIAL DA RÁDIO .....	6
2.1. Breve História da rádio analógica.....	6
2.2. A rádio em África .....	8
2.3. Rádio em Moçambique.....	9
2.4. Transformações .....	10
2.4.1. Rádio AM.....	11
2.4.2. Rádio FM .....	11
2.4.3. Rádio digital .....	12
3. CAPITULO III: RÁDIO DIGITAL .....	15
3.1. Padrões de rádio digital.....	15
3.1.1. Padrão americano – HD Radio .....	16
3.1.1.1. A Tecnologia HD Rádio .....	16

3.1.1.2.	Componentes do sistema .....	17
3.1.1.3.	Modos de operação .....	20
3.1.1.4.	Sistema de Transmissão .....	22
3.1.1.5.	Vantagens e desvantagens do HD Radio .....	24
3.1.1.6.	Cobertura Global do HD Radio .....	24
3.1.2.	Padrão europeu – Digital Rádio Mondiale (DRM) .....	25
3.1.2.1.	Descrição do sistema .....	26
3.1.2.2.	Arquitetura do sistema .....	27
3.1.2.3.	Parâmetros relacionados à eficiência de transmissão .....	29
3.1.2.4.	Multiplexação .....	32
3.1.2.5.	Codificação de Áudio .....	33
3.1.2.6.	Cobertura Global do DRM .....	35
3.1.3.	Padrão europeu – Digital Audio Broadcasting (DAB) .....	36
3.1.3.1.	Descrição tecnológica do DAB .....	36
3.1.3.2.	Sistema de transmissão .....	38
3.1.3.3.	Modos de operação .....	41
3.1.3.4.	Cobertura Global do DAB .....	42
3.1.4.	Padrão Japonês– ISDB-T <sub>SB</sub> .....	42
3.1.2.	Características do sistema de transmissão ISDB-T <sub>SB</sub> .....	44
3.1.3.	Parâmetros básicos de transmissão .....	45
3.1.4.	Contexto mundial dos sistemas de Rádio digital .....	47
3.2.	Comparações entre os padrões .....	48
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	51
4.1.	Recomendações e trabalhos futuros .....	52
5.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54
Anexos	.....	56



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAC – *Advanced Audio Coding*

BEC – *British East Company*

CELP – *Code Excited Linear Prediction*

COFDM – *Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex*

DAB – *Digital Audio Broadcasting*

DARS – *Digital Audio Radio Service*

DRM – *Digital Radio Mondiale*

FCC – *Federal Communications Commission*

FEC – *Forward Error Correction*

FIC – *Fast Information Channel*

HD Radio – *High Definition Radio*

HDC – *High-Definition Coding*

HE AAC – *High Efficiency AAC*

HVXC – *Harmonic Vector Excitation Coding*

IBOC – *In Band on channel*

ICS – *Instituto de Comunicação Social, ICS*

ISDB-Tsb – *Integrates Services Digital Broadcasting, Terrestrial Sound Broadcasting*

MCI – *Multiplex Configuration Information (*

MER – *Modulation Error Ratio*

MP4 – *MPEG Audio Layer-4*

MSC – *Main Service Channel*

MUSE – *Multiple sub-Nyquist sampling encoding*

OC – Ondas curtas

OM – Ondas médias

OT – Ondas tropicais

RBDS – *Radio Broadcast Data System*

RDS – *Radio Data System*

RM – Rádio Moçambique

SBR – *Spectral Band Replication*

SCA – Subsidiary Communications Authorization

SDC – *Description Channel*

SFN – Single Frequency Network

TSF – Telegrafia Sem Fios

# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Sinal HD Radio FM no modo híbrido .....	21
<b>Figura 2:</b> Sinal HD Radio FM no modo híbrido estendido.....	21
<b>Figura 3:</b> Sinal IBOC no modo totalmente digital .....	22
<b>Figura 4:</b> Sinal HD Radio no modo transmissão híbrido/estendido.....	23
<b>Figura 5:</b> Cobertura Global de Rádio HD .....	25
<b>Figura 6:</b> Diagrama de blocos de transmissão DRM conceitual .....	28
<b>Figura 7:</b> Codificação de áudio .....	34
Figura 8: Cobertura Global do DRM .....	35
<b>Figura 9:</b> Rede conceitual e simplificada do DAB Eureka 147.....	37
<b>Figura 10:</b> Diagrama de blocos conceitual do transmissor do sistema DAB.....	39
<b>Figura 11:</b> Diagrama de blocos conceitual da recepção do sinal DAB .....	40
<b>Figura 12:</b> Cobertura global do DAB.....	42
<b>Figura 13:</b> transmissão e recepção de sinal ISDB-T de banda larga e ISDB-T de banda estreita.....	43
<b>Figura 14:</b> Diagrama em blocos do sistema de transmissão ISDB-T.....	45
<b>Figura 15:</b> Contexto mundial dos sistemas de Rádio digital .....	47

# 1. CAPITULO I: INTRODUÇÃO

## 1.1. Nota introdutória

O mundo tem passado por transformações constantes impactando as sociedades no seu todo. O desenvolvimento global que se assiste em todas as áreas do saber, tem sido determinado fundamentalmente pelo avanço da ciência e das tecnologias. Desde o início da civilização, o homem sempre se preocupou em melhorar e facilitar a sua vida, em que a descoberta do fogo foi um evento marcante para o desenvolvimento da humanidade. Assim, torna-se claramente visível que as sociedades actuais são conduzidas pelas dinâmicas que se impõe em função das necessidades que tem permeado a vida do homem.

Ainda sobre necessidade, “Deve ter sido para o homem, desde um passado remoto, aspiração forte a de conseguir a comunicação à distância tão boa e tão rápida como a de dois interlocutores frente a frente” disse Sampaio (1984) citado por Curado (2015). A telegrafia por meio do código morse foi o primeiro meio de comunicação a possibilitar o encurtamento de distâncias em tempo real e, pela primeira vez então, a distância deixou de ser barreira para a comunicação. Anos mais tarde, impaciente com a simples transmissão liga-desliga dos sinais do Código Morse, o homem se interessou pela transmissão contínua de som, principalmente da voz humana. Na sequência, após um longo período de ensaios e descobertas científicas nasceu a transmissão via rádio por modulação de amplitude de som e voz, o AM.

Com o AM nasceu a rádio e, desde a sua criação, mostrou-se um poderoso meio de comunicação. Em África atinge muito mais pessoas do que qualquer outro meio de comunicação, é o meio de comunicação mais popular para o acesso à informação o que a torna no meio de maior valor sobre os demais na região. Em Moçambique sem excepções, tornou-se o meio de comunicação por excelência e no contexto actual de pandemia da covid 19, em que há bastante restrição de movimento a rádio desempenha um papel fundamental visto que proporciona a oportunidade de alcançar grupos vulneráveis com uma grande variedade de conteúdos.

Este meio de comunicação desde a sua origem esteve em constante evolução. Segundo Kochhann, Freire e Lopez (2011), esta evolução como meio de comunicação está relacionada às mudanças pelas quais passaram a tecnologia e os dispositivos de transmissão e consumo de informação. Actualmente, fala-se cada vez mais de rádio digital, a rádio está a sofrer uma revolução irreversível e mundial. Assim sendo, o presente trabalho objectiva analisar os padrões de transmissão de rádio digital e propor um padrão para a implementação em Moçambique no processo de migração da rádio analógico para a rádio digital.

## **1.2. Definição do problema**

A rádio é por excelência o meio de comunicação muito usado em Moçambique. Segundo o Instituto de Comunicação Social, ICS, cerca de 75% da população do país é informada através de rádios comunitárias. No entanto, por um lado, actualmente, o espectro de frequência está saturado, o que leva o Instituto Nacional das Comunicações de Moçambique (INCM) a não conceder frequências para a exploração de um serviço de radiodifusão. Isso acontece em radiodifusão sonora, nomeadamente em frequência Modulada (FM), como também acontecia em radiodifusão televisiva, nomeadamente UHF, tendo-se resolvido com migração para o digital. Portanto, os canais ou frequências até então esgotaram-se.

Por outro lado, actualmente grande parte da radiodifusão explora as bandas AM e FM. Estas modulações não resistem à oposição do ambiente, nomeadamente as condições meteorológicas, os ecos das montanhas, das árvores, edifícios e também aos ruídos dos motores, entre outros. Portanto, essas bandas estão sujeitas a condições exteriores, o que mostra a vulnerabilidade dos seus sinais. Além disso, os equipamentos de transmissão são pesados, volumosos e pouco eficientes, às vezes, muito caros. A sua manutenção é dispendiosa e consome muita energia.

Todos estes inconvenientes da rádio analógica conduziram os cientistas e engenheiros a pensar num outro método de difusão e assim, desenvolveram o método de difusão digital. Em Moçambique a televisão já iniciou a sua migração, e a rádio está atrasada neste

processo. O grande constrangimento reside na definição do padrão a adoptar, no caso da rádio, e das políticas governamentais para garantir que a população tenha acesso à informação radiofónica, um direito consagrado constitucionalmente.

### **1.3. Relevância da pesquisa**

Desde a sua criação no final do século XIX, a rádio tem se mostrado até aos dias de hoje um poderoso meio de comunicação, cobrindo amplamente o mercado com serviços de radiodifusão de áudio em AM e FM. Por décadas a rádio foi o meio de comunicação mais importante do mundo. O advento da rádio analógica marcou o mundo. Na África, a rádio é um dos meios de comunicação mais usados.

Hoje em dia, vivemos em um mundo de sistemas e serviços de comunicação digital. Partes essenciais dos processos de produção das emissoras de rádio foram alteradas para digitais nos últimos tempos, começando com a mudança de fita de áudio analógica convencional para gravação digital em fita magnética ou disco rígido, processamento de sinal digital em mesas de som, entre outros. Consequentemente, os sistemas de transmissão agora tendem a mudar de transmissão analógica convencional para digital.

Por conseguinte, fala-se cada vez mais de rádio digital nos continentes europeu e americano que desenvolveram essa tecnologia. A rádio está a sofrer uma revolução, do analógico estamos a migrar ao digital. A evolução do analógico para o digital é um movimento irreversível e mundial, que tem repercussões nas tecnologias da sociedade de informação. Várias outras áreas também passaram com sucesso pelo processo de digitalização tais como, a área das telecomunicações, da música, da fotografia entre outros. Faltando neste processo a televisão e a rádio.

Em Moçambique a televisão já iniciou a sua mutação para o digital e o padrão europeu, o DVB-T2 foi adoptado. A rádio está atrasada neste processo e ainda sequer foi definido o padrão de rádio a ser adoptado mostrando-se desta forma a relevância desta pesquisa.

## **1.4. Objectivos**

### **1.4.1. Objectivo Geral**

Analisar e comparar os padrões de transmissão de rádio digital e propor um padrão para a implementação em Moçambique no processo de migração da rádio analógico para a rádio digital.

### **1.4.2. Objectivos específicos**

- Descrever a situação actual da radiodifusão em Moçambique;
- Descrever os padrões de rádio digital existentes na actualidade;
- Identificar os principais aspectos técnicos e socioeconómicos que influenciaram na escolha do padrão de rádio digital;
- Comparar os padrões de rádio digital;
- Propor um padrão de rádio digital para implementar em Moçambique no processo de migração da rádio analógico ao digital.

## **1.5. Metodologia**

O presente trabalho quanto a sua natureza constitui uma pesquisa aplicada pois visa resolver um problema específico na sociedade moçambicana relacionado com a rádio. Quanto aos objectivos constitui uma pesquisa descritiva pois é realizado um estudo detalhado, com colecta de dados, análise e interpretação dos mesmos, enquadrando-se desta forma na classificação quanto a abordagem numa pesquisa qualitativa. Esta análise comparativa, a que se propõe fazer, será realizada por meio da técnica de *Benchmarking* concorrencial pois, serão comparados produtos, serviços, processos ou métodos entre os sistemas ou padrões de rádio digital concorrentes. No que diz respeito aos aspectos técnicos e métricas, as grandezas de referencia que tem relação com o desempenho dos sistemas vão, entre outros, desde:

- Operar de maneira satisfatória nos serviços de ondas já destinadas à radiodifusão analógica AM ou FM;
- Compatibilidade com o sistema de radiodifusão analógico actual, com boa qualidade de áudio e com mínimas interferências em outras estações;
- Área de cobertura do sinal digital igual do actual analógico, com menor potência de transmissão;
- Interactividade e multiprogramação;
- Custo para implantação de uma emissora digital ou adequação da emissora para transmissão do sinal digital utilizando cada sistema; etc.

Como métricas de estudo é também levado em conta um estudo sobre quantos países tiveram sucesso e/ou falha na implementação de um padrão de rádio digital. Portanto, para a realização deste trabalho será inicialmente feita um criterioso levantamento bibliográfico na literatura científica, a partir da compilação de trabalhos publicados em revistas científicas e livros com o intuito de recolher informação em volta do problema.

## 2. CAPITULO II: HISTORIAL DA RÁDIO

### 2.1. Breve História da rádio analógica

A história da rádio está ligada ao aparecimento da Telegrafia Sem Fios (TSF). A partir do desenvolvimento da telegrafia sem fio e da radiocomunicação surgiu o rádio, pela primeira vez então, a distância deixou de ser barreira para a comunicação. No entanto, não há unanimidade entre os países quanto ao autor desta invenção. Na medida em que se observa que a sua invenção foi um processo longo e várias descobertas científicas ajudaram na concepção deste aparelho. Tratando-se apenas de uma breve história, resguardemos a longa lista dos inventores e as suas descobertas para focarmos os mais proeminentes desde a invenção do telégrafo. Vamos seguir cronologicamente as diferentes etapas desse percurso.

Quando, em 1835, foi inventado o telégrafo por Samuel Morse e na sequência, a escrita que tem o seu nome, o código morse. Na altura não se imaginava que esta serviria de ponto de partida para a invenção da rádio. Com efeito, as invenções que seguiram a telegrafia até a rádio apoiaram-se na descoberta da telegrafia, já que a primeira mensagem radiofónica foi transferida a partir do código morse (Augustin, 2013).

Baseando-se nos estudos de Michael Faraday, em 1864, o escocês James Clerk Maxwell unificou, todos os fenómenos eléctricos e magnéticos observáveis em um trabalho que estabeleceu conexões entre as várias teorias da época, isto é, estabeleceu a sua teoria de conjunto sobre as ondas electromagnéticas, demonstrando a semelhança com as ondas luminosas. Vinte e três anos mais tarde, isto é, em 1887, o alemão Heinrich Hertz conseguiu as primeiras experiências sérias e conclusivas sobre as teorias de James Maxwell ao produzir as ondas que levam o seu nome, as ondas hertzianas (Augustin, 2013).

Depois desta descoberta, em 1890, o físico e inventor francês Edouard Branly faz uma investigação completa das limalhas de metal em um tubo evacuado e como são sensíveis a faíscas ou centelhas eléctricas à distância [24]. Com efeito, descobriu a lei da rádio condução e fabricou o primeiro detector de ondas hertzianas, chamado *cohéreur*. Foi uma invenção imprescindível para todos os outros investigadores durante vários anos

(Augustin, 2013). Graças aos seus trabalhos na área da rádio condução, Marconi efectua em 1899 as ligações radiotelegráficas que conduziram à telegrafia sem fios. E Nikola Tesla, o sérvio – americano, patenteou o seu sistema de telegrafia sem fios, chamado radiotelegrafia e pôs em funcionamento lâmpadas electrónicas frias.

Segundo Jeanneney (2003) citado por Augustin (2013), a primeira experiência comprovada da comunicação á distância foi realizada em Bolonha em 1894 em um raio de 400 metros e depois 2000 metros. Porém a primeira mensagem que atravessou o canal da Mancha foi efectuada, em 1899, entre Marconi e Branly utilizando a telegrafia sem fios.

Em 1895, o Incansável estudioso das emissões electromagnéticas das tempestades, Alexander Stepanovich Popov, desenvolveu e utilizou uma vareta metálica para transmitir e receber a uma distância de 1000 metros as ondas geradas pelo oscilador de Hertz essa vareta é chamada de dipolo simples, ou seja, inventou a antena (Instituto Nacional de Telecomunicações [INATEL]).

Anos mais tarde, impaciente com a simples transmissão liga-desliga dos sinais do Código Morse, o cientista canadense de renome internacional, Reginald Aubrey Fessenden, se interessou pela transmissão contínua de som, principalmente da voz humana. Na sequência, desenvolveu a ideia de sobrepor um sinal eléctrico, oscilando nas frequências das ondas sonoras, sobre uma onda de rádio de frequência constante, de modo a modular a amplitude da onda de rádio na forma da onda sonora. O receptor dessa onda combinada separaria o sinal de modulação da onda portadora e reproduziria o som para o ouvinte. No dia 23 de Dezembro de 1900, pela primeira vez na história da humanidade, Fessenden conseguiu transmitir uma mensagem de voz humana breve e inteligível entre duas estações localizadas a cerca de 1 milha de distância a partir de Cobb Island, perto de Washington DC [18]. A transmissão via rádio por modulação de amplitude (AM) de som e voz acabava de nascer.

Em 1906, Reginald Fessenden fez mais dois avanços no desenvolvimento do rádio. Em Janeiro, Fessenden completou a primeira transmissão transatlântica bidireccional, ou seja, uma troca de mensagens em código Morse entre Brant Rock, Massachusetts, e Machrihanish, Escócia. A 24 de Dezembro, na presença de uma pequena equipa técnica, a sua esposa e a sua secretária, produziu a primeira emissão de rádio de voz e música, a

primeira emissão de rádio pública ou emissão de *Brant Rock*. Seu programa inclui um breve discurso, uma gravação musical do Largo de Handel, uma canção de Natal, Noite Santa, tocada ao violino, e uma curta leitura da Bíblia. Esta transmissão foi ouvida principalmente por operadores de rádio em navios no oceano atlântico. Tendo pedido aos seus ouvintes para que lhe escrevessem depois de lhes desejar um Feliz Natal, assim soube que o programa tinha sido ouvido a mais de 800 km de distância, em Norfolk, Virgínia [20].

Entretanto, alguns cientistas afirmam que o rádio foi uma invenção do padre brasileiro Landell de Moura, que teria feito a primeira transmissão de voz, sem a utilização de fios, meses antes da transmissão de Fessenden, em 6 de junho de 1900. Existem documentos sobre uma acção movida por Landell contra o norte-americano Reginald Aubrey Fessenden e o governo dos Estados Unidos, pedindo o reconhecimento da patente. Pois, o americano teria feito sua transmissão apenas seis meses depois. mas perdeu o processo [25].

Contudo, um aspecto notável é que a invenção da rádio foi um processo sequencial, longo e contínuo em que várias descobertas científicas apoiaram-se uma nas outras, em algum momento dando continuidade ao trabalho desenvolvido por outrem, como também em outros momentos unificando as várias contribuições dos mais variados cientistas. Vários cientistas participaram na invenção do rádio. Segundo Augustin (2013), essa é a razão pela qual nunca houve unanimidade em torno do inventor da rádio na história. Aqueles que procuraram investigar o caso depararam-se com um problema que tange o nacionalismo em detrimento da verdade científica objectiva.

## **2.2. A rádio em África**

A rádio em África alcança mais pessoas do que qualquer outro meio de comunicação, o que a torna o meio predominantemente dominante na região. Na Tanzânia estima-se que 83% dos adultos recebem notícias e informação através da rádio; no Quênia 89%; e segundo Franz Kruger, Director da Academia de Rádio Wits, na África do Sul mais de 90% das pessoas ouvem a rádio diariamente. Em Moçambique, Segundo o Instituto de

Comunicação Social, ICS, cerca de 75% da população do país é informado através de rádios comunitárias. No actual contexto de restrição de movimento, a rádio está a tornar-se ainda mais importante porque oferece a oportunidade de alcançar grupos vulneráveis com uma grande variedade de conteúdos [17].

Segundo Tudesq e Nedelec (1998) citados por Augustin (2013), as ondas radiofónicas apareceram no continente africano praticamente trinta anos depois da sua invenção. A aparição da rádio na África era inevitável. Primeiro, foi um assunto entre os expatriados europeus que queriam manter a ligação com a sua terra. Por conseguinte, a instalação dos primeiros postos de rádio não foi da autoria dos governantes africanos, mas sim dos colonos, dos missionários ou dos administradores.

Ainda segundo os mesmos autores, as primeiras estações de rádio em África surgiram, em 1924, na então União sul-africana e depois em 1928, em Nairobi, no Quênia. Foram criadas pela BEC (*British East Company*). Anos mais tarde, levado pelo entusiasmo da experiência da BEC, o oficial militar Mansfield Robinson, apoiado por um grupo de colonos e por Lord Delamere, poderoso homem de negócios respeitado no império britânico, criaram a *British East African Broadcasting Company*. Um verdadeiro voto de autonomia e a até mesmo de independência em relação a BEC.

### **2.3. Rádio em Moçambique**

Efectuou-se a 5 de Junho de 1932, numa das salas do Grémio Náutico, a primeira reunião preparatória para a fundação do que viria a chamar-se Grémio dos Radiófilos da Colónia de Moçambique. E os seus estatutos cuidadosamente elaborados receberam a aprovação do Governador-geral, Sr. Coronel José Cabral e, no ano seguinte, a primeira estação de rádio em Moçambique, chamada Grémio dos Radiófilos da Colónia de Moçambique, trabalhando na frequência de 6.137 kHz, onda de 48,88m, começou a emitir em Março de 1933 em Lourenço Marques, actual Maputo, mas suspendeu as emissões por algum tempo em 1934 por falta de dinheiro. Uma decisão inicial foi contratar um quarteto musical para preencher a programação. Em 1935, a orquestra deu lugar à transmissão de concertos musicais a partir de um salão de chá da cidade.

Em 1938, a estação tinha 17 empregados europeus, a ilustrar a ideia de rádio orientada para a população portuguesa e inglesa, e não para a africana. Só no final da década de 1950 e, em especial, durante a década de 1960, a estação começou a emitir nas línguas nacionais: ronga, sena, nhúngue, changane, chuabo e macua.

Em 1948, a rádio instalou-se em um edifício de quatro andares, conhecido como Casa da Rádio, com escritórios no rés-do-chão e serviços de produção no primeiro e segundo andar. Então, perdia o nome Grémio de Radiófilos (1937) para Rádio Clube de Moçambique, a estender-se lentamente a todo o país. Além do centro emissor de Lourenço Marques (actual Maputo), em ondas médias e curtas, a estação dispunha de emissores regionais de Porto Amélia, Nampula, Quelimane, Dondo, Tete, Vila Cabral (actual Lichinga), Inhambane e Vila Pery (atual Chimoio) [23].

Após o término do período colonial, com a proclamação da independência do país a 25 de Junho de 1975, ano da independência também tido como ano da nacionalização dos órgãos de produção e emissão radiofónica então existentes em Moçambique, a Rádio Clube de Moçambique perdia o nome para o actual Rádio Moçambique (RM). Neste período a rádio era explorada através de quatro organismos distintos, a Rádio Moçambique, Serviço de Radiodifusão e Cinema Educativo e Informativo, Emissora do Aeroclube da Beira e a Rádio Pax [15].

A cobertura da radiodifusão sonora até 1970 fazia-se quase exclusivamente em onda curta, tendo-se intensificado a partir desta data a cobertura em onda média à medida que se foram criando os emissores regionais. Actualmente, a radiodifusão sonora é explorada em AM ondas médias (OM) e em FM e só em Maputo conta com as estações mostradas nas tabelas 7 e 8 em anexo 1.

## **2.4. Transformações**

Para chegarmos ao que conhecemos hoje, a rádio passou por momentos de muita instabilidade. Desde a primeira transmissão radiofónica no mundo e em Moçambique, até aos dias actuais, o rádio sempre esteve em constante evolução. Essa evolução da rádio como meio de comunicação está relacionada ao avanço tecnológico pelas quais passaram

os dispositivos de transmissão e consumo de informação. A seguir é abordado a transformação da rádio desde o AM até ao rádio digital.

### **2.4.1. Rádio AM**

Desde a invenção da telegrafia sem fio no fim do século XIX, até aos meados do século XX, todo o processo de comunicação por radiodifusão era feito através da rádio AM. Era a única frequência de radiodifusão a ser explorada no mundo. Devido ao seu largo alcance chegava a lugares onde outros meios de comunicação como o jornal sequer chegavam. Este longo alcance que o rádio AM possui é dependente do horário de transmissão e da faixa de frequência que é dividida em Ondas Curtas, Ondas Médias (520 –1610 kHz, utilizada em Moçambique), Ondas Longas e Ondas Tropicais.

No entanto, no decurso de sua história, a sobrevivência da rádio AM sempre foi ameaçada em razão do surgimento de outras Médias como as rádios FM, a televisão e a internet com uma melhor qualidade de sinal. Porém, a rádio AM nunca deixou de existir.

O principal problema sentido em AM está com a qualidade do sinal. O que acontece é que com o crescimento dos grandes centros urbanos, o ruído e interferências na transmissão do som do AM aumentaram deteriorando dessa forma a qualidade do sinal. Ademais, a recepção de rádio AM é limitada por limitações de largura de banda, que restringem a qualidade do áudio e pela interferência de outros co-canais e transmissões de canais adjacentes. Isso é particularmente problemático durante período noturno. Estes inconvenientes da rádio AM conduziram a uma discussão sobre a migração para o rádio FM, que possui um alcance menor, mas uma maior largura de banda, o que mantém a boa qualidade de som se comparado ao AM.

### **2.4.2. Rádio FM**

A rádio FM apareceu como uma opção à rádio AM, que apresentava muitos problemas. A Rádio FM consiste na utilização de radiodifusão mediante modulação em frequência. Inventada em 1933 pelo engenheiro americano Edwin Armstrong para ser uma solução para a ineficiência e interferências que a AM apresentava frequentemente, a radiodifusão

FM em banda larga é mundialmente utilizada por fornecer som de melhor fidelidade na transmissão e recepção de rádio [22].

A modulação em frequência consiste em fazer variar a frequência de uma onda portadora de RF de forma directamente proporcional ao sinal a transmitir. Portanto, o sinal recuperado depende da frequência e não da amplitude e como a maior parte do ruído é baseada na amplitude, o ruído pode ser removido passando o sinal modulado por um limitador de forma de onda, de forma que apenas as variações de frequência apareçam. É possível reduzir ainda mais o ruído aumentando o desvio de frequência. Deste modo, os efeitos do ruído são minimizados em FM. Consequentemente, também devido a sua maior largura de banda, a transmissão FM supera em qualidade de som, a transmissão AM. Ademais, A transmissão FM pode ser usada para transmissão de som estéreo devido ao grande número de bandas laterais [21].

O início dos serviços de FM na década de 1950 melhorou a largura de banda do áudio e superou as interferências nocturnas, mas as transmissões foram projectadas para serem recebidas em receptores fixos com antenas externas. Quando escutada em veículos ou em portáteis, a recepção sofria os efeitos de sinais reflectidos e outras formas de interferência, principalmente em áreas suburbanas e urbanas. Ademais, conforme a frequência aumenta, a propagação torna-se mais direccional e mais vulnerável a obstáculos físicos e condições atmosféricas, esta é uma propriedade da radiação electromagnética. Enquanto as transmissões de rádio em AM podem chegar a milhares de quilómetros, a transmissão em FM necessita de estações repetidoras para cobrir distâncias maiores. A largura de banda na transmissão FM é muito maior, pois um canal de frequência mais amplo é necessário, o que consequentemente resulta em alto consumo do espectro electromagnético de frequências e rapidamente leva a escassez de frequências para a exploração de serviços de radiodifusão. Esta característica do FM constitui uma limitação séria do sistema.

### **2.4.3. Rádio digital**

Os sistemas analógicos AM e FM existentes sofrem de deficiências inerentes e nenhum deles pode oferecer qualidade de recepção uniforme em toda a área de cobertura. Outro

aspecto das transmissões analógicas AM e FM é o uso ineficiente do espectro, em relação ao que é possível usar com a tecnologia digital. Segundo Augustin (2013) a rádio digital é a solução ideal para resolver o problema de escassez de frequências para a exploração de serviços de radiodifusão, utilizando a tecnologia de compressão digital. Esta solução possui ainda a vantagem de ordem sociológica de adaptar este meio de comunicação ao mundo de hoje. Há muitas maneiras pelas quais os sistemas de rádio digital podem melhorar os sistemas analógicos:

- ❖ Os sinais digitais são mais robustos que os analógicos e podem ser transmitidos com sucesso em baixas potências para atender à uma mesma área de cobertura;
- ❖ Os sistemas digitais usam modulação multiportadora codificada que oferece uma recepção muito melhor em rádios móveis e portáteis;
- ❖ Técnicas avançadas de compressão digital permitem que baixas taxas de bits sejam usadas com sucesso, enquanto ainda produzem som com qualidade próxima de CD. Isso torna os sistemas digitais mais eficientes em termos de espectro;
- ❖ O fluxo de bits digital pode ser usado para transmitir áudio e dados;
- ❖ A capacidade de dados da rádio digital pode ser usada directamente ou, com alguma modificação, para outras actividades de transmissão relacionadas, como rádio na Internet.

Por conseguinte, a rádio vem se tornando digital em vários países do mundo. Em todo o mundo, países seguem diferentes estratégias para implementar a transmissão digital, sem estabelecer data limite para o desligamento do sinal analógico. Depois de Moçambique ter escolhido o padrão europeu DVB-T2 para o sistema de TV digital terrestre, chega a vez de escolher o padrão para radiodifusão digital terrestre e definir estratégias para a sua implementação.

Actualmente existem vários padrões de rádio digital terrestre que podem ser classificados em dois grandes grupos de acordo com compatibilidade com a radiodifusão analógica actual, em sistemas compatíveis ou *in-band* que são sistemas que podem ser utilizados para a transmissão simultânea de sinais digitais e analógicos na mesma banda de frequência das actuais estações AM e FM e, em sistemas incompatíveis ou *out-of-band*

que requerem uma faixa de frequência exclusiva. No capítulo seguinte são descritos e comparados os padrões de rádio digital.

### 3. CAPITULO III: RÁDIO DIGITAL

A transmissão de informações digitais, especificamente na radiodifusão, por meio das ondas de rádio, data de meados da década de 80, com os sistemas RDS (*Radio Data System*) e RBDS (*Radio Broadcast Data System*). Esses sistemas eram protocolos padrão de comunicações para a agregação de pequenas quantidades de informação digital em transmissões de rádio FM tradicional usando o espaço livre no espectro radioelétrico, mais especificamente, a parte superior (54 a 99 kHz) do canal de FM das estações. Eram sistemas híbridos, em que o áudio era transmitido em sua forma original, isto é, analógica, junto com uma uniformizada diversidade de informações digitais. Tais informações poderiam ser, por exemplo, relativas a identificação da estação e informações sobre a programação da estação, como também sobre a meteorologia, a serem reproduzidas em um *display* alfanumérico (Das Neves, 2005).

Actualmente existem vários sistemas no mundo, uns sendo implantados enquanto outros ainda em fase de testes. A seguir são descritos tais sistemas.

#### 3.1. Padrões de rádio digital

A União Internacional de Telecomunicações (UIT) reconhece 4 tipos de padrões ou sistemas de rádio digital, nomeadamente:

- ❖ HD Radio
- ❖ Digital Radio Mondiale (DRM);
- ❖ Digital Audio Broadcasting (DAB);
- ❖ Transmissão Digital de Serviços Integrados, Radiodifusão Sonora Terrestre (ISDB – T<sub>SB</sub>).

### **3.1.1. Padrão americano – HD Radio**

O padrão americano HD Radio para o rádio digital foi criado nos Estados Unidos pela empresa norte-americana *iBiquity Digital Corporation*. Este sistema de radiodifusão foi licenciado pela Comissão Federal de Comunicações (FCC) para realizar a radiodifusão sonora digital nas faixas de MF e VHF nos EUA (Das Neves, 2005). A ideia que norteou o desenvolvimento desse sistema é a de que a rádio digital é uma evolução das actuais rádios. Sendo assim, foi concebido para possibilitar a transmissão simultânea dos sinais digitais dentro do mesmo canal actualmente ocupado pelo sinal analógico da emissora, transmitidos nas bandas laterais por meio de subportadoras adicionadas as bandas laterais ao sinal analógico que devem obedecer a máscaras de transmissão estabelecidas pelo FCC que limitam a potência digital transmitida relativa ao sinal analógico e aos sinais em canais adjacentes (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia [INMETRO], 2012). Na visão de seus autores, isso possibilitaria uma transição de tecnologia suave, isto é, que as estações de rádio analógicas actuais pudessem migrar para a tecnologia digital quando lhes fosse conveniente e sem interromper ou prejudicar a transmissão do modo analógico, adequando-se desta forma às possibilidades técnicas e económicas de cada país (Das Neves, 2005). No modo híbrido, ambos os sinais, o analógico e o digital, convivem dentro do mesmo canal.

#### **3.1.1.1. A Tecnologia HD Rádio**

Da mesma forma que os outros sistemas de rádio digital, este sistema usa a modulação COFDM e tem como ideia levar ao ouvinte um som de melhor qualidade, além de possibilitar a inclusão de outras informações por meio de um fluxo de dados ou mesmo um segundo canal de áudio independente.

Segundo Takashi citado por De Aquino (2007) baseado numa forma de licenciamento proprietária, o que implica necessidade de pagamento de direitos autorais para seu uso, existem duas versões do HD Radio, uma para a faixa de ondas médias, o HD Radio AM e, outra para a faixa VHF de 88-108MHz, o HD Radio FM. Ainda segundo o mesmo autor, ambas adoptam a mesma filosofia, o mesmo decodificador de áudio e o mesmo processo

de modulação, diferindo em alguns detalhes como a configuração de parâmetros ou a alocação do espectro. Contudo, a digitalização das transmissões AM ou FM por meio do padrão HD Radio permite que as emissoras do AM passem a beneficiar-se de uma qualidade de som similar à oferecida pelas actuais FM, e estas, por sua vez, passam a ter qualidade de CD. Em tese, de acordo com Das Neves (2005), estas duas versões por usarem a mesma arquitectura e o mesmo codificador de áudio, um receptor HD Radio AM e outro HD Radio FM, ambos digitais, teriam boa parte de seus circuitos em comum para as duas faixas.

### **3.1.1.2. Componentes do sistema**

#### **3.1.1.2.1. Codificador de áudio**

O sistema HD Radio utiliza o *codec* de Codificação de Áudio Avançada (AAC) complementado pela tecnologia de Replicação de Banda Espectral (SBR). Isso oferece áudio estéreo semelhante a FM de alta qualidade dentro das restrições de largura de banda impostas a operações abaixo de 30 MHz [14]. Entretanto, para operações acima de 30 MHz é usado um codificador de áudio, denominado HDC (Codificação de Alta Definição), desenvolvido pela *Coding Technologies*. O codificador HDC é escalonável, funciona em 18, 36, 64 e 96 kbit/s, o que permite compor diferentes combinações. A 96 kbit/s, a qualidade do som obtida é igual ao de um CD (Das Neves, 2012). De acordo com Rotel este codificador de áudio também pode ser usado em AM.

Para aumentar ainda mais a robustez do áudio digital além daquela fornecida por FEC (*Forward Error Correction*) e intercalação, técnicas especiais de ocultação de erros são empregadas pelos *codecs* de áudio para mascarar os efeitos de erros no fluxo de bits de entrada. Além disso, o formato de fluxo de bits do *codec* de áudio oferece a flexibilidade de permitir futuras melhorias nas técnicas básicas de codificação de áudio [14].

#### **3.1.1.2.2. Técnicas de modulação**

O sistema HD Radio utiliza a modulação QAM. O QAM tem uma eficiência de largura de banda suficiente para transmissão de qualidade de áudio estéreo semelhante a FM para

AM e *Surround* para o FM, além de fornecer áreas de cobertura adequadas na largura de banda disponível.

O sistema também usa uma abordagem multiportadora chamada OFDM. OFDM é um esquema no qual muitas portadoras QAM podem ser multiplexadas por divisão de frequência de maneira ortogonal, de modo que não haja interferência entre as portadoras. Quando combinado com codificação FEC e intercalação, a robustez do sinal digital é ainda mais aprimorada. A estrutura OFDM suporta naturalmente técnicas de codificação FEC que maximizam o desempenho no ambiente de interferência não uniforme [14].

### 3.1.1.2.3. Codificação FEC e intercalação

A codificação FEC e a intercalação no sistema de transmissão melhoram muito a confiabilidade das informações transmitidas, adicionando cuidadosamente informações redundantes que são usadas pelo receptor para corrigir erros que ocorrem no caminho de transmissão. Técnicas avançadas de codificação FEC foram projectadas especificamente com base em estudos detalhados de interferência para explorar a natureza não uniforme da interferência na banda de operação. Além disso, técnicas especiais de intercalação foram projectadas para espalhar erros de rajada ao longo do tempo e da frequência para auxiliar o decodificador FEC em seu processo de tomada de decisão.

Um grande problema enfrentado pelos sistemas que operam abaixo de 30 MHz é a existência de estruturas condutoras aterradas que podem causar mudanças rápidas de amplitude e fase que não são distribuídas uniformemente pela banda. Para corrigir isso, o sistema HD Radio usa técnicas de equalização para garantir que a fase e a amplitude das portadoras digitais OFDM sejam mantidas o suficiente para garantir a recuperação adequada das informações digitais. A combinação de codificação FEC avançada, equalização de canal e técnicas de intercalação otimizadas permitem que o sistema HD Radio forneça uma recepção confiável de áudio digital em um ambiente móvel [14].

#### 3.1.1.2.4. Diversidades no tempo e na frequência

O sistema HD Radio apresenta diversidade temporal e de frequência com a finalidade de reduzir os efeitos dos desvanecimentos, propiciando a melhor recepção possível, tornando o sistema mais robusto em relação à acção degradante do canal de propagação RF.

No sistema transmissor, antes da modulação dos dados das subportadoras pelos bits das palavras código, um sinal de *backup*, isto é, uma réplica de cada palavra código a ser transmitida redundantemente é gerada e atrasada por um deslocamento de tempo fixo de vários segundos em relação à transmissão de áudio principal, isto é, as palavras código originais. Este sinal de *backup* é utilizado para modular as subportadoras localizadas na banda lateral superior enquanto que o áudio principal é utilizado para modular as subportadoras localizadas na banda lateral inferior e, vice-versa. Como resultado o sinal composto pelas bandas laterais de *backup* e do áudio principal, que correspondem ao sinal de uma palavra código específica possui diversidade temporal e em frequência (INMQT, 2012).

No sistema receptor, o sinal recebido nas bandas laterais superior e inferior, distorcido pelo canal e somado a ruído e interferência é desmodulado para gerar a estimativa da palavra código transmitida.

#### 3.1.1.2.5. *Blend* (Traduzido – Mistura)

Além das diversidades em frequência e temporal aplicadas no sinal digital HD Radio, o sistema também utiliza um método chamado de *blending* para mitigar os efeitos de interrupções intermitentes na recepção do sinal digital.

No sistema híbrido, o sinal analógico serve como sinal de *backup*, enquanto no sistema totalmente digital, um fluxo de áudio digital separado serve como sinal de backup. O atraso na transmissão do sinal de *backup* se mostra útil para a implementação de uma função de *blend*. Durante a sintonia, o *blend* permite a transição do sinal de *backup* adquirido instantaneamente para o sinal principal após a aquisição. Uma vez adquirido, o *blend* permite a transição para o sinal de *backup* quando o sinal principal está corrompido. Quando ocorre uma interrupção de sinal, o receptor combina perfeitamente com o áudio

de *backup* que, em virtude de sua diversidade de tempo com o sinal principal, não sofre a mesma interrupção [14].

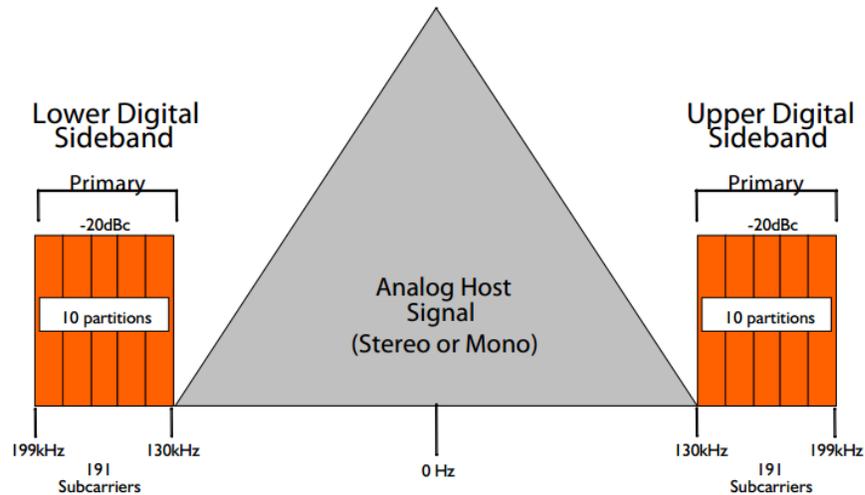
A métrica utilizada por este recurso para determinar se um sinal digital está interrompido e chavear para o modo analógico é a Taxa de Erro de Modulação (MER) das subportadoras de referência (INMQT, 2012).

### **3.1.1.3. Modos de operação**

O HD Radio permite a transição do analógico para o digital através de um modo de operação Híbrido e Híbrido Estendido, antes de adoptar um modo de operação totalmente digital. O sinal digital é modulado em um grande número de subportadoras, usando multiplexação por divisão de frequência ortogonal (OFDM), que são transmitidos simultaneamente.

#### **3.1.1.3.1. Modo híbrido**

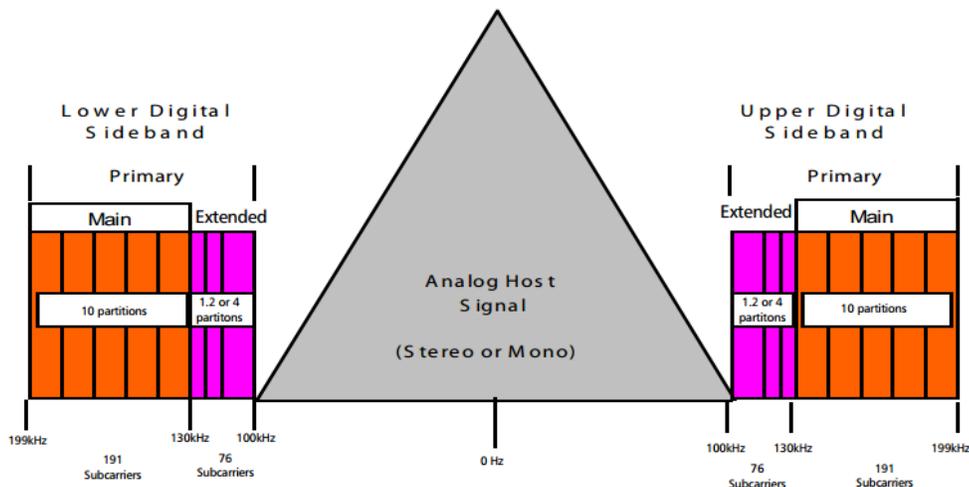
Na forma de onda híbrida, o sinal digital é transmitido em bandas laterais de cada lado do sinal do *host* analógico, conforme mostrado na figura 1. Nesta figura o sinal digital é do tipo OFDM formado por 190 subportadoras de cada lado, com um nível de potência fixo em relação à portadora principal e com uma capacidade de transporte total de 96 kbit/s. As portadoras OFDM, ou portadoras digitais, estendem-se a uma largura de banda de aproximadamente  $\pm 14,7$  kHz da portadora AM e em aproximadamente  $\pm 69,041$  kHz da portadora FM. Esses sinais estariam sendo transmitidos de modo a ficarem restritos dentro da máscara de emissão especificada pela FCC.



**Figura 1:** Sinal HD Radio FM no modo híbrido  
 Nota. Fonte: The BE Guide to HD Radio All the Basics and More, 2005, p.2.

### 3.1.1.3.2. Modo híbrido estendido

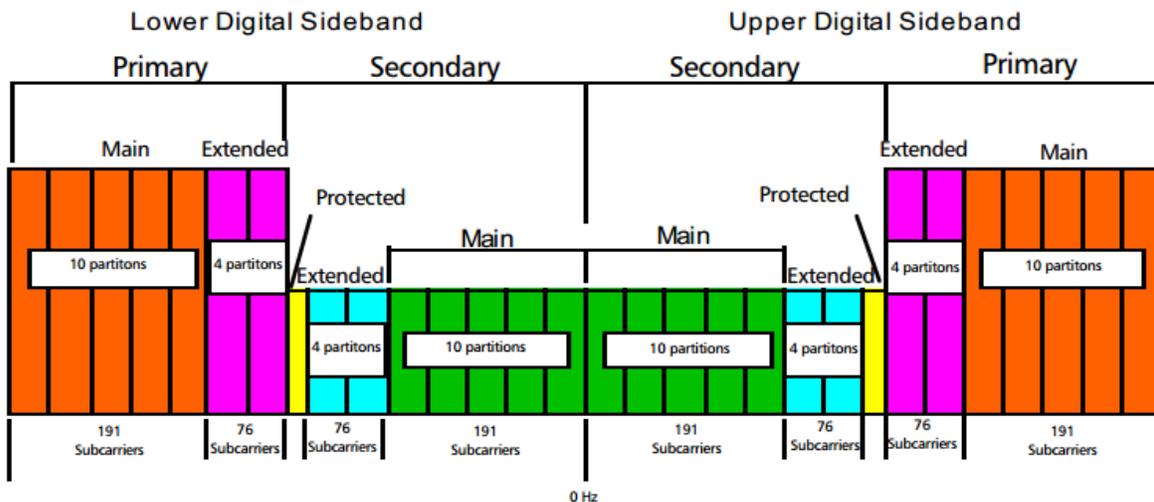
Este modo inclui o modo híbrido e os sinais digitais adicionais são inseridos mais próximos do sinal analógico, utilizando uma largura de banda de 27,617 kHz, em ambos os lados do sinal FM analógico que deve ser restrito a 100 kHz, conforme mostrado na figura 2. Este modo só existe para o FM. As bandas laterais digitais do modo híbrido estendido do HD Radio são chamadas de bandas laterais estendidas primárias. A capacidade de transporte, nesse caso, varia de 110 a 150 kbit/s, dependendo dos parâmetros de configuração adotados.



**Figura 2:** Sinal HD Radio FM no modo híbrido estendido  
 Nota. Fonte: The BE Guide to HD Radio All the Basics and More, 2005, p.2.

### 3.1.1.3.3. Modo totalmente digital

O modo totalmente digital permite um desempenho digital aprimorado após a exclusão do sinal analógico existente. Conforme mostrado na figura 3, a principal diferença entre os modos híbrido e híbrido estendido, com o modo totalmente digital é a exclusão do sinal analógico que é substituído por bandas laterais secundárias digitais de menor potência, expandindo assim a capacidade digital. No modo totalmente digital, a capacidade de transporte varia de 200 a 300 kbit/s, dependendo dos parâmetros de configuração.



**Figura 3:** Sinal IBOC no modo totalmente digital

Nota. Fonte: The BE Guide to HD Radio All the Basics and More, 2005, p.2.

Como ocorre com a maioria dos sistemas digitais, a capacidade de transporte pode ser utilizada por uma mistura de sinais de áudio (um ou mais canais) e fluxos de dados. Por exemplo, no modo híbrido mais simples, é possível ter dois fluxos de bits: um com 74 kbit/s e outro com 25 kbit/s. No modo estendido, acrescenta-se um fluxo adicional de 12, 25 ou 50 kbit/s, dependendo dos parâmetros de configuração. No modo totalmente digital, é possível ter até quatro fluxos independentes, variando de 6 a 98 kbit/s (INMQT], 2012).

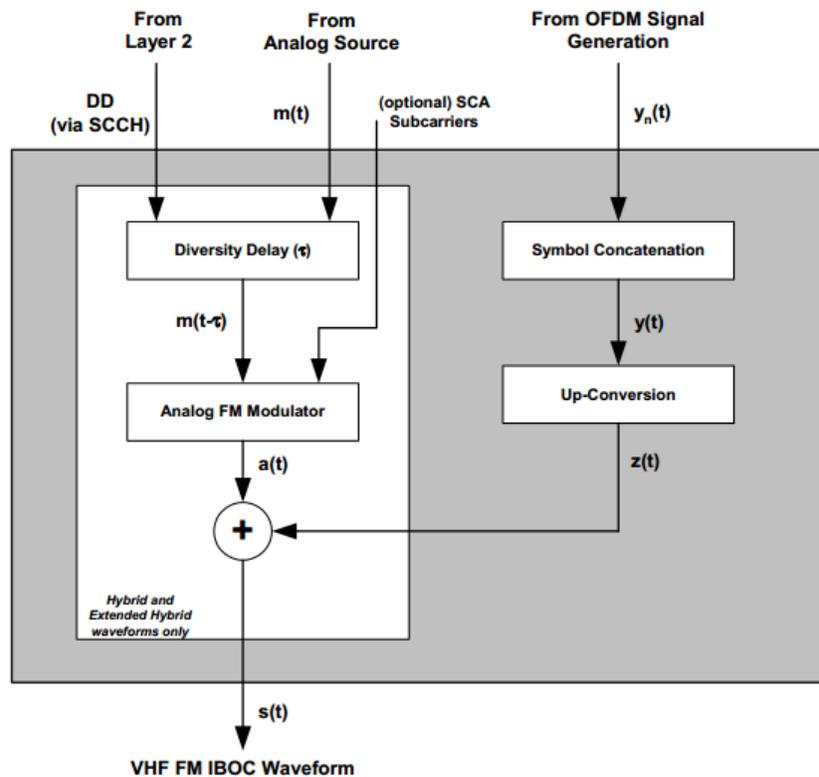
### 3.1.1.4. Sistema de Transmissão

O Sistema de Transmissão formata a forma de onda do HD Radio de banda base para transmissão através do canal de RF apropriado. As funções incluem concatenação de

símbolos e conversão ascendente de frequência, isto é, modulação digital. Além disso, ao transmitir as formas de onda Híbridas ou Híbridas Estendidas, o sistema inclui funções que atrasam e modulam o sinal analógico de banda base antes de combiná-lo com a forma de onda digital.

O diagrama de Blocos Funcionais do Sistema de Transmissão Híbrido/Estendido é mostrado na figura 4. A entrada ao sistema é um símbolo OFDM complexo, de banda base, no domínio do tempo,  $y_n(t)$ , da função de geração de sinal OFDM. Um sinal analógico de banda base  $m(t)$  também é recebido de uma fonte analógica, juntamente com sinais opcionais de autorização de comunicações subsidiárias (SCA), ao transmitir a forma de onda Híbrida ou Híbrida Estendida. Além disso, o controle de atraso de diversidade analógico (DD) é inserido da camada 2 por meio do CCH. A saída deste sistema é o VHF FM HD Radio [9].

Este sistema esta incluso dentro de um sistema mais geral do tratamento e processamento do sinal HD Radio, em anexo neste trabalho, anexo 2.



**Figura 4:** Sinal HD Radio no modo transmissão híbrido/estendido  
 Nota. Fonte: iBiquity Digital Corporation. IBOC FM Transmission Specification 2001, p.15.

### 3.1.1.5. Vantagens e desvantagens do HD Radio

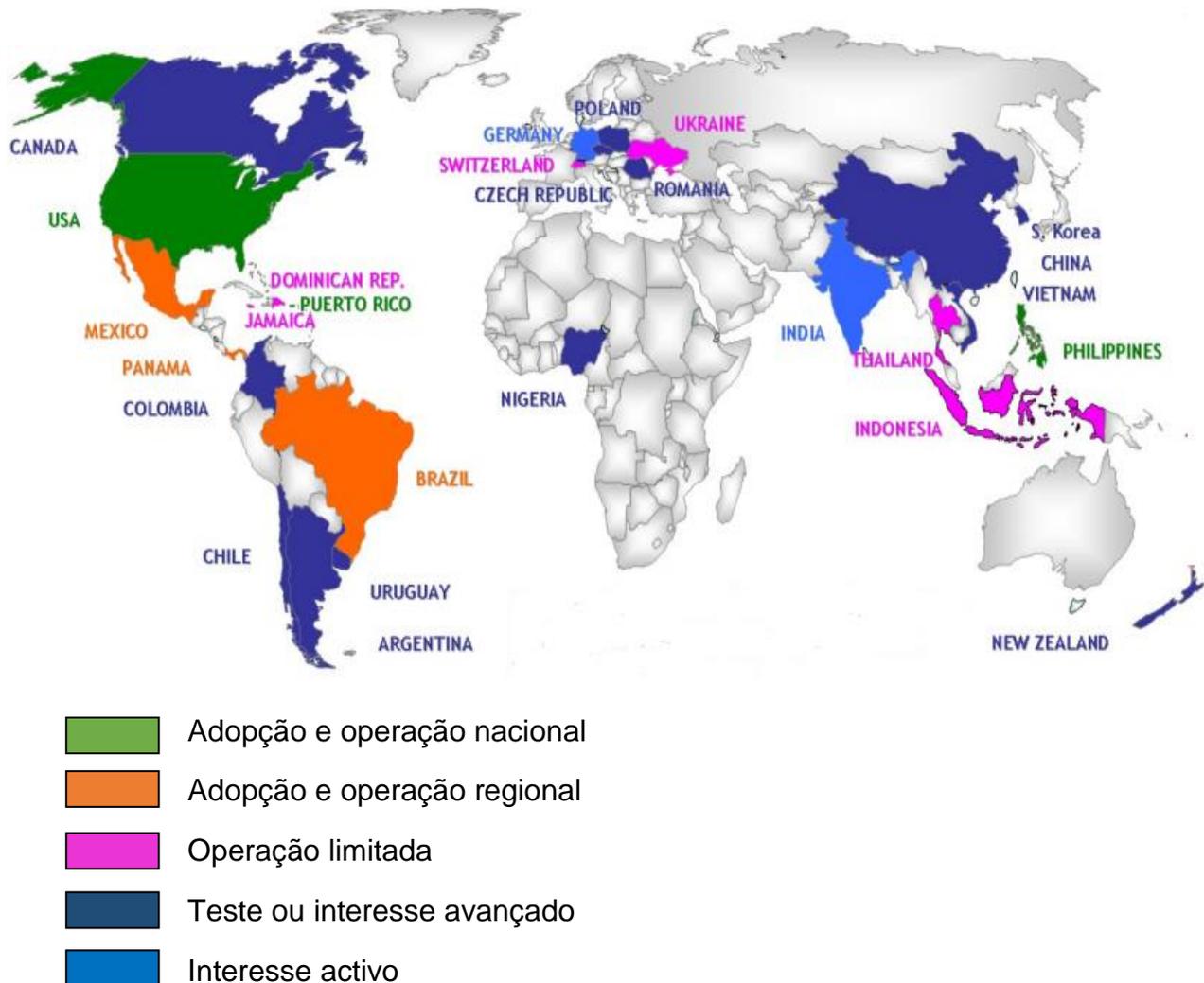
O sistema HD Radio apresenta um menor custo de implementação e estes de campo indicam que o HD Radio tem uma área de cobertura digital comparável à cobertura analógica, mas com uma menor potencia de transmissão e a sua recepção pode ser obtida em áreas onde o serviço analógico é de má qualidade devido à interferência, tais como ruídos (Augustin, 2013).

Além disso, o sistema introduz aperfeiçoamentos que produzem ganhos inclusive nas transmissões analógicas durante o período de *simulcasting* e incorpora uma série de novas funcionalidades aos receptores de rádio AM e FM, como textos que podem ser exibidos em *displays*. Garante a imunidade quase total aos problemas típicos de recepção FM; melhora significativamente a cobertura estéreo; fornece meios eficientes para as emissoras de AM e FM começarem a transição para a radiodifusão digital (Augustin, 2013).

Em contrapartida, questionamentos estão sendo levantados, sobretudo nos meios técnicos e acadêmicos, acerca do sistema americano e, de acordo com De Aquino (2007) existem controvérsias em relação à adopção do sistema. **segundo Joaquim Carvalho citado por De Aquino (2007), esse sistema poderá levar as pequenas rádios e as rádios comunitárias à falência, já que os proprietários cobram licenciamento pelo uso da tecnologia. Respectivamente, o pagamento de uma taxa para as industriais que fabricam os equipamentos, uma taxa pedida quando se instala um novo transmissor, e uma taxa baseada no número de ouvintes** (Augustin, 2013).

### 3.1.1.6. Cobertura Global do HD Radio

- ❖ Adoptado como o padrão de rádio digital nos EUA, 90% da população pode receber um sinal de HD Radio
- ❖ México e Brasil adoptaram e transmitiram activamente
- ❖ Argentina, China e outros países estão a testar activamente
- ❖ O Canadá renovou o interesse e está a buscar operar activamente
- ❖ Em África, a Nigéria avançou interesse pelo sistema



**Figura 5:** Cobertura Global de Rádio HD

Nota. Adaptado de: Advanced Digital Radio: HD Radio, DRM, DAB & CDR, 2015, p.13

### 3.1.2. Padrão europeu – Digital Rádio Mondiale (DRM)

A tecnologia europeia Digital Rádio Mondiale (DRM) é o único sistema de rádio digital padrão aberto do mundo de radiodifusão sonora digital compatível com a radiodifusão analógica em AM como também em FM. O Consórcio DRM é uma organização internacional sem fins lucrativos composta por radiodifusores, provedores de rede, fabricantes de transmissores e receptores, universidades, associações de radiodifusores e institutos de pesquisa. Seu objectivo é apoiar e difundir um sistema de radiodifusão digital

apropriado para uso em todas as faixas de frequências até a Banda III VHF. O Consórcio possui 93 membros e 90 financiadores de 39 países envolvidos até Outubro de 2009 [6].

O DRM foi criado em Guangzhou, China em 1998, inicialmente com o objectivo de digitalização das bandas de radiodifusão AM até 30MHz. A especificação do sistema DRM para a transmissão abaixo de 30MHz, denominado “DRM30”, foi publicada pela primeira vez pelo ETSI em 2001, seguido de uma Recomendação ITU definindo a utilização do sistema de radiodifusão sonora digital a nível internacional (INMQT, 2012).

Entretanto, em 2005 foi tomada a decisão de estender o sistema DRM para operar nas bandas de transmissão VHF, sendo então esta especificação denominada "DRM+". O desenvolvimento desta especificação exigiu trabalho adicional necessário a fim de definir o novo modo para a transmissão em VHF, que após refinamento através de ensaios laboratoriais e ensaios de campo, culminou na publicação da actual e estendida especificação DRM, a ETSI ES 201 980 internacional (INMQT, 2012).

### **3.1.2.1. Descrição do sistema**

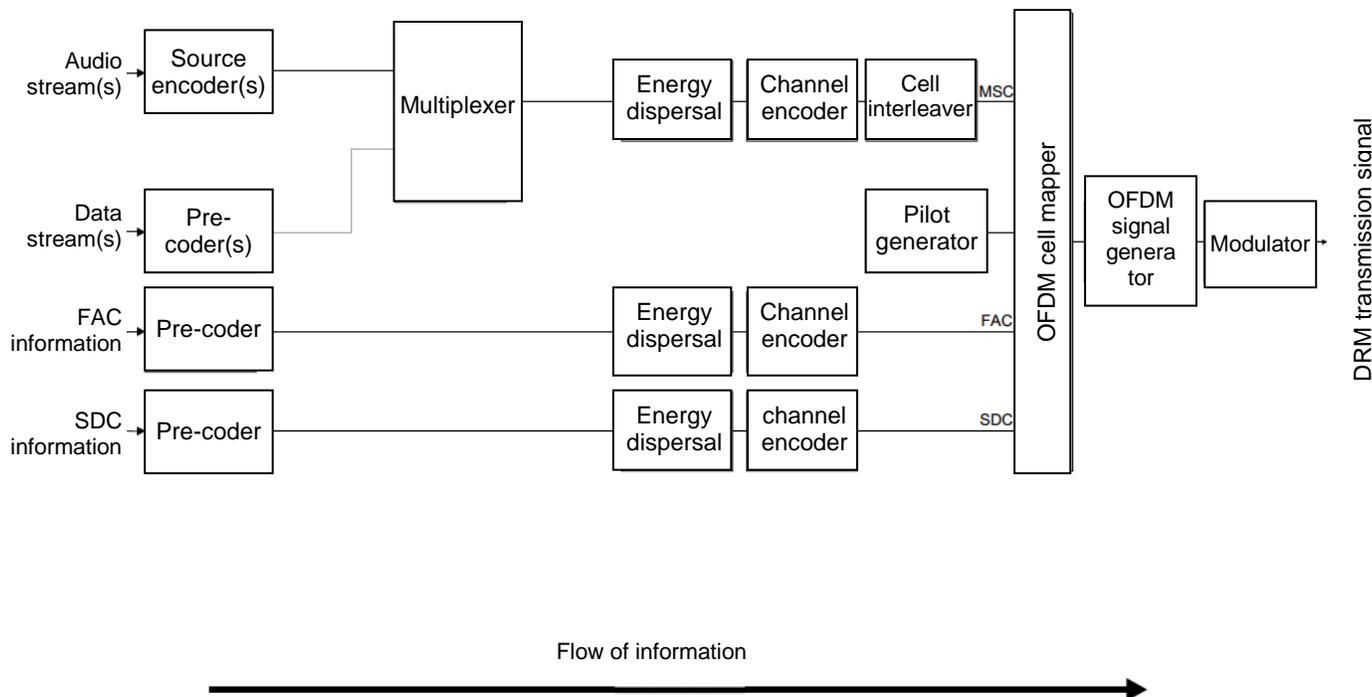
A tecnologia DRM é um padrão aberto, que permite que todos os fabricantes tenham acesso às especificações técnicas e possam projectar e fabricar os equipamentos. O DRM foi desenvolvido para oferecer melhor qualidade de áudio em bandas de radiodifusão AM e FM. O sistema permite um modo *simulcast* onde a alocação da banda do serviço digital com boa qualidade de áudio é agregada ao lado do sinal analógico tradicional de modo que as transmissões digitais existentes possam coexistir com as transmissões analógicas actuais, seja AM ou FM. Este ainda permite que os transmissores analógicos sejam adaptados para transmissões digitais e analógicas. O sistema pode ocupar uma variedade de diferentes larguras de banda, dependendo da localização e as frequências em uso. Para a transmissão abaixo de 30 MHz, ou seja, para o DRM30 o sistema permite a escolha de uma das seis larguras espectrais definidas que são 4.5, 5, 9, 10, 18 e 20 kHz, respectivamente. Entretanto, para frequências acima de 30 MHz, ou seja, para DRM+ a largura de banda definida é de 100 kHz (INMQT, 2012).

Em relação à largura do canal de 10 kHz, a taxa de *streaming* de média é limitada a cerca de 35 kbps para um único canal e 72 kbps quando se utilizam dois canais. Embora a taxa de bits não seja muito alta, a qualidade atinge ou ultrapassa a qualidade das transmissões em FM. O padrão avançado de codificação de áudio (AAC), combinado com a técnica Réplicação da Banda do Sinal (SBR) fornece alta qualidade de áudio em taxas de bits muito baixas (INMQT, 2012). Nos modos DRM30 de largura de banda de 18 e 20 KHz e modo DRM+, a taxa de dados disponível permite o uso possível de transmissões de som *surround* 5.1 compatíveis com MPEG 4 [6].

Baseado na modulação COFDM, que fornece elevada robustez contra os efeitos de propagação, o sistema DRM permite modificar vários parâmetros do sistema para focar na qualidade da transmissão de radiodifusão sonora ou na robustez contra os efeitos do ruído, interferência, multipercurso e Efeito *Doppler* (INMQT, 2012). Os principais parâmetros modificáveis são o modo de transmissão OFDM, as modulações, a taxa de código para controlo de erros e o grau de entrelaçamento.

### **3.1.2.2. Arquitectura do sistema**

Um diagrama de blocos funcionais do sistema de transmissão DRM conceitual é mostrado na figura 6. Esta figura descreve o fluxo geral de diferentes classes de informação tais como, por exemplo áudio e dados, e não diferencia entre diferentes serviços que podem ser transmitidos dentro de uma ou mais classes de informação [8].



**Figura 6:**Diagrama de blocos de transmissão DRM conceitual

Nota. Fonte: fonte: ETSI ES 201 980: “Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification”, v3.1.1, 2009, p.16.

Os codificadores e os pré-codificadores de fluxo de dados à entrada do sistema garantem a adaptação dos fluxos de entrada em um formato de transmissão digital apropriado. Para o caso de codificação de fonte de áudio, esta funcionalidade inclui técnicas de compressão de áudio. A saída destes pode incluir dados para um ou dois níveis diferentes de protecção dentro do codificador de canal subsequente. Todos os serviços devem escolher entre os mesmos dois níveis de protecção.

O multiplexador combina os níveis de protecção de todos os serviços de dados e áudio posteriormente a dispersão de energia fornece uma complementação selectiva determinística de bits para reduzir a possibilidade de que padrões sistemáticos resultem em regularidade indesejada no sinal transmitido.

O codificador de canal adiciona informações redundantes como um meio para transmissão quase livre de erros e define o mapeamento das informações codificadas digitais em células QAM. Dando continuidade ao fluxo de informação, **a intercalação de células espalha células QAM consecutivas em uma sequência de células quase aleatoriamente separadas em tempo e frequência**, a fim de fornecer transmissão robusta em canais

dispersivos de tempo e frequência. O gerador piloto fornece meios para derivar a informação do estado do canal no receptor, permitindo uma desmodulação coerente do sinal.

O mapeador de células OFDM colecta as diferentes classes de células e as coloca na grade de tempo e frequência. O gerador de sinal OFDM transforma cada conjunto de células com o mesmo índice de tempo em uma representação do sinal no domínio do tempo. Consecutivamente, o símbolo OFDM é obtido a partir desta representação no domínio do tempo inserindo um intervalo de guarda como uma repetição cíclica de uma porção do sinal. E por fim, o modulador converte a representação digital do sinal OFDM no sinal analógico no ar. Esta operação envolve conversão e filtragem de digital para analógico [8].

### **3.1.2.3. Parâmetros relacionados à eficiência de transmissão**

Para qualquer valor do parâmetro de largura de banda do sinal, os parâmetros relacionados à eficiência de transmissão são definidos para permitir uma troca entre capacidade, isto é, entre a taxa de bits útil e robustez a ruído, multipercurso e *Doppler*. Esses parâmetros são de dois tipos:

- ❖ Taxa de codificação e parâmetros de constelação da modulação QAM, definindo qual taxa de código e constelações são usadas para transmitir dados;
- ❖ Parâmetros dos símbolos OFDM, definindo a estrutura dos símbolos OFDM a serem utilizados em função das condições de propagação.

#### **3.1.2.3.1. Taxas de codificação e constelações da modulação**

Em função da protecção desejada associada a cada serviço ou parte de um serviço, o sistema oferece uma gama de opções para atingir um ou dois níveis de protecção por vez. Dependendo dos requisitos do serviço, esses níveis de protecção podem ser determinados pela taxa de código do codificador de canal, ou pela ordem constelação da modulação QAM, por exemplo: 4-QAM, 16-QAM e 64-QAM.

### 3.1.2.3.2. Conjunto de parâmetros OFDM (Modos de robustez)

Conjuntos de parâmetros OFDM são definidos para diferentes condições de transmissão relacionadas à propagação para fornecer vários modos de robustez para o sinal. Em uma determinada largura de banda, os diferentes modos de robustez fornecem diferentes taxas de dados disponíveis. A Tabela 1 ilustra os usos típicos dos modos de robustez [8].

Os modos de robustez OFDM oferecidos pelo sistema DRM são quatro para DRM30 e um para o DRM+, e são identificados pelas letras A, B, C, D e E. Estes modos diferem na separação das portadoras OFDM, o comprimento dos símbolos OFDM, na duração da parte útil do símbolo e o intervalo de guarda do OFDM como é mostrado na Tabela 1 e, na Tabela 2 são mostradas as aplicações típicas dos modos de robustez DRM. O modo E é o modo concebido para as bandas de VHF (INMQT, 2012).

Tabela 1 – Parâmetros dos símbolos OFDM dos modos de robustez DRM.

Lista de parâmetros	Modo de robustez				
	A	B	C	D	E
$T$ ( $\mu s$ )	$83 \frac{1}{3}$	$83 \frac{1}{3}$	$83 \frac{1}{3}$	$83 \frac{1}{3}$	$83 \frac{1}{3}$
$T_u$ (ms)	24 ( $288xT$ )	$21 \frac{1}{3}$ ( $256xT$ )	$14 \frac{2}{3}$ ( $176xT$ )	$9 \frac{1}{3}$ ( $112xT$ )	$2 \frac{1}{3}$ ( $27xT$ )
$T_g$ (ms)	$2 \frac{2}{3}$ ( $32xT$ )	$5 \frac{1}{3}$ ( $64xT$ )	$5 \frac{1}{3}$ ( $64xT$ )	$7 \frac{1}{3}$ ( $88xT$ )	$\frac{1}{4}$ ( $3xT$ )
$T_g/T_u$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{4}{11}$	$\frac{11}{14}$	$\frac{1}{9}$
$T_s = T_u + T_g$	$26 \frac{2}{3}$	$26 \frac{2}{3}$	20	$16 \frac{2}{3}$	$2 \frac{1}{3}$

**Nota.** Fonte: ETSI ES 201 980: “Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification”, v3.1.1, 2009, p. 19.

Os parâmetros do símbolo OFDM relacionados ao tempo são expressos em múltiplos do período de tempo elementar  $T$ , que é igual a  $83\frac{1}{3} \mu s$ . Esses parâmetros são:

- ❖  $T_g$ : duração do intervalo de guarda;

- ❖ Ts: duração de um símbolo OFDM;
- ❖ Tu: duração da parte útil, isto é, da parte ortogonal de um símbolo OFDM, ou seja, excluindo o intervalo de guarda.

Tabela 2 – Usos dos modos de robustez DRM

Modo de Robustez	Condições típicas de propagação	Uso típico	DRM
A	Canais gaussianos, com <i>fading</i> desprezível	Cobertura local ou regional por meio de onda de superfície nas bandas MW e LW. Cobertura local usando onda espacial em SW numa banda de 26 MHz.	DRM30
B	Canais selectivos no tempo e na frequência, com maior <i>delay spread</i>	Cobertura nacional e internacional usando onda celeste em bandas MW e SW.	
C	Tão robusto como o modo B, mas com maior espalhamento <i>Doppler</i>	Cobertura internacional utilizando onda celeste na banda SW.	
D	Tão robusto como o modo B, mas com severo espalhamento <i>Doppler</i>	Onda celeste requerendo elevada robustez, particularmente com incidência quase vertical na propagação da onda celeste para cobertura nacional em bandas SW.	
E	Canais selectivos no tempo e em frequência.	Transmissões em bandas VHF entre 30 e 174 MHz	DRM+

**Nota.** Fonte: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Medições de Campo do Sistema DRM+ (Digital Radio Mondiale) em Baixa Potência na Faixa de FM em Brasília, 2012, p44.

### **3.1.2.4. Multiplexação**

Os componentes das informações transmitidas pelo sistema de DRM são divididos e multiplexados em três canais lógicos: o Canal de serviço principal (MSC), o Canal de Acesso Rápido (FAC) e o Canal de Descrição do Serviço (SDC), mostrados na figura 6.

#### **3.1.2.4.1. Canal de serviço principal (MSC)**

O Canal de serviço principal (MSC) contém os dados de todos os serviços contidos no multiplex DRM. O multiplex pode conter entre um e quatro serviços, e cada serviço pode ser de áudio ou de dados e, portanto, detém a maioria da capacidade de transmissão do sinal DRM. A taxa de bits bruta do MSC depende da largura de banda do canal DRM e do modo de transmissão. O MSC pode ser codificado usando um ou dois níveis de protecção. As portadoras que carregam o MSC podem usar modulação 16-QAM ou 64-QAM no DRM30 e 4-QAM ou 16-QAM no DRM+.

#### **3.1.2.4.2. Canal de Acesso Rápido (FAC)**

O Canal de Acesso Rápido (FAC) é usado para fornecer informações sobre os parâmetros de canal necessários para a desmodulação do multiplex de forma eficaz. Transporta dados que informam ao receptor a largura espectral do sinal DRM, as modulações usadas com o SDC e o MSC, a intercalação, quantos serviços contém o MSC e o nome de tais serviços, bem como informações básicas de selecção de serviço para varredura rápida e um indicador de anúncios de Aviso ou Alarme. O receptor descodifica o FAC primeiro, e depois descodifica o SDC e, finalmente, a MSC (INMQT, 2012).

#### **3.1.2.4.3. Canal de Descrição do Serviço (SDC)**

O Canal de Descrição do Serviço (SDC) fornece informações sobre como descodificar o MSC, como encontrar fontes alternativas dos mesmos dados e fornece os atributos dos serviços dentro do multiplex. A capacidade de dados do SDC varia com a ocupação do espectro do multiplex e outros parâmetros. As portadoras que transportam os dados do

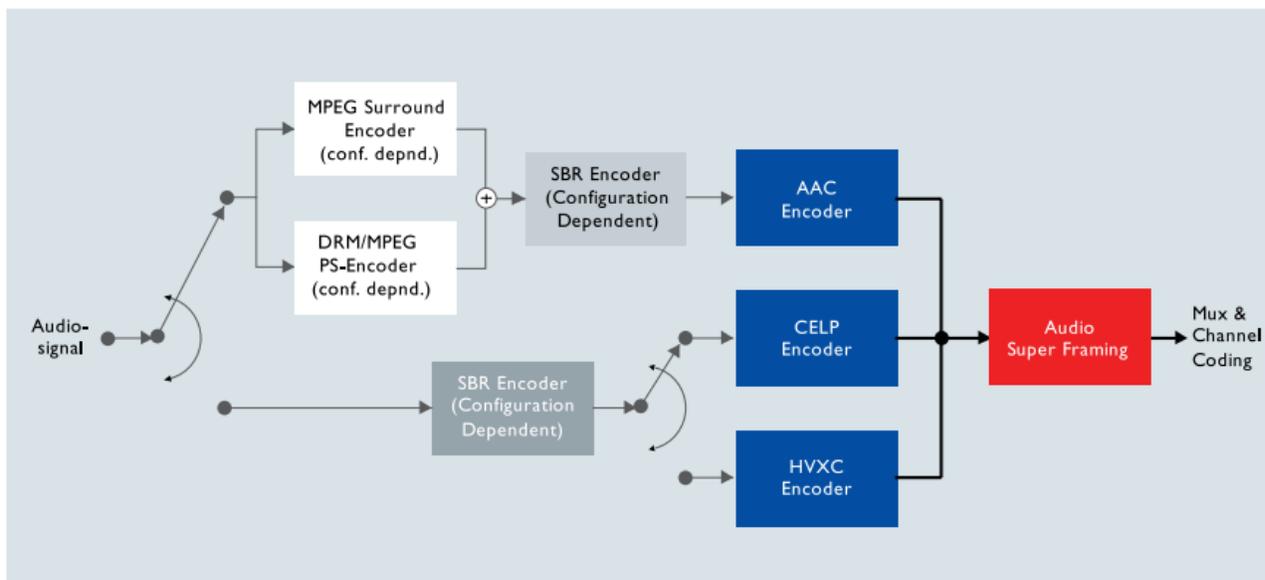
SDC sempre usam uma modulação mais robusta do que a utilizada pelo MSC (INMQT, 2012).

Grupos de símbolos OFDM do MSC e SDC são entrelaçados no tempo, a fim de reduzir os efeitos de curto prazo do desvanecimento. No DRM30 a extensão, isto é, o número de símbolos, pode ser longa ou curta, o que corresponde a um intervalo de tempo de 0.4 s ou 2.4 s, respectivamente. Em DRM+ a profundidade do entrelaçador é única e é de 600 ms (INMQT, 2012).

### 3.1.2.5. Codificação de Áudio

Para permitir um equilíbrio entre qualidade de áudio e número de serviços, o sistema DRM fornece 3 *codecs* de áudio MPEG-4 que variam em seu campo de aplicação e requisitos de taxa de bits. Estes são o AAC, CELP e HVXC ilustrados na Figura 7.

O Codificador de áudio avançado (AAC) usado para a codificação de áudio genérico, mono, estéreo ou *surround*, fornece a mais alta qualidade a taxas de amostragem de 12 kHz ou 24 kHz no DRM30 e de 24 kHz ou 48 kHz no DRM+. Por outro lado, o CELP (*Code Excited Linear Prediction*) e o HVXC (*Harmonic Vector Excitation Coding*) usados para codificação de voz, exigem taxas de bits progressivamente mais baixas, mas são projectados para serviços somente de fala, podendo transmitir até quatro programas de fala, ou o mesmo programa em até quatro idiomas. O desempenho de todos os três *codecs* pode ser aprimorado pelo uso opcional da codificação SBR. O objectivo do SBR é recriar a banda de alta frequência ausente do sinal de áudio que não pôde ser codificada pelo codificador. Algumas das características destes *codecs* são mostradas na Tabela 3 [6].



**Figura 7:** Codificação de áudio

Nota. Fonte: Digital Radio Mondiale (DRM). A Broadcaster's Guide. Version 1.1", DRM Consortium, 2010, p24.

Tabela 3 – Características dos codificadores de áudio DRM

Codificadores	Taxa de amostragem (kHz)	Taxa de bits (kbps)	Aplicação
AAC	12 e 24 para DRM30 24 e 48 para DRM+	Qualquer taxa de bits. A granularidade é 20 bps para DRM30 e 80 bps para DRM+.	Para codificação de áudio genérico, mono, estéreo ou <i>surround</i>
CELP	8 e 16	4 e 20	Codificação de voz a taxas baixa de bits
HVXC	8	2 e 4	Codificação de voz a taxas de bits muito baixas

**Nota.** Fonte: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Medições de Campo do Sistema DRM+ (Digital Radio Mondiale) em Baixa Potência na Faixa de FM em Brasília, 2012, p46.

A combinação do codificador AAC com o esquema de SBR é chamada aacPlus ou *High Efficiency AAC* (HE AAC). O aacPlus é capaz de fornecer sinais de áudio estéreo de alta qualidade, equivalente à qualidade oferecida por CDs, com taxas de bit em torno de 48 kbps, e os sinais de áudio mono com qualidade próxima ao proporcionado pelas estações de FM podem ser alcançados a taxas de bits em torno de 20 kbps.

De acordo com a INMQT (2012) o sistema DRM permite também o uso de um sistema estéreo paramétrico, que usa uma técnica de síntese para decodificar o sinal de áudio para melhorar o mono AAC, dando a percepção de um sinal estéreo.

### 3.1.2.6. Cobertura Global do DRM



- Países que transmitem regularmente em DRM30/DRM+
- Países que testaram/ estão testando o DRM30

Figura 8: Cobertura Global do DRM

Nota. Adaptado de: Advanced Digital Radio: HD Radio, DRM, DAB & CDR, 2015, p.14

### 3.1.3. Padrão europeu – Digital Audio Broadcasting (DAB)

Ainda na década de 80, diversos trabalhos de pesquisa foram conduzidos para possibilitar a radiodifusão totalmente digital. Um desses trabalhos começou a ganhar corpo em 1987, quando foi submetida uma proposta de projecto dentro do programa europeu Eureka, de fomento à formação de redes de pesquisa (Das Neves, 2005). O projecto recebeu o número 147, e era uma rede constituída por radiodifusores europeus, representados pela EBU (*European Broadcasting Union*), bem como pelos institutos *Rundfunktechnik* e *Fraunhofer*, da Alemanha e o *Centre Commun d'Études en Télédiffusion et Télécommunications* (CCETT), da França (Augustin, 2013). O projecto Eureka 147 visava o desenvolvimento de um sistema de rádio totalmente digital, baseado na modulação COFDM. Quando pronto esse sistema veio a ser baptizado de DAB (Das Neves, 2005).

O conceito do padrão europeu DAB é diferente do adoptado no desenvolvimento do modelo americano. Nessa visão, o rádio digital é concebido como um novo serviço, não uma mera evolução, mas algo diferente, complementar, como foi o caso da introdução do FM num mundo dominado pelas rádios AM na década de 70 (Mendes, 2007).

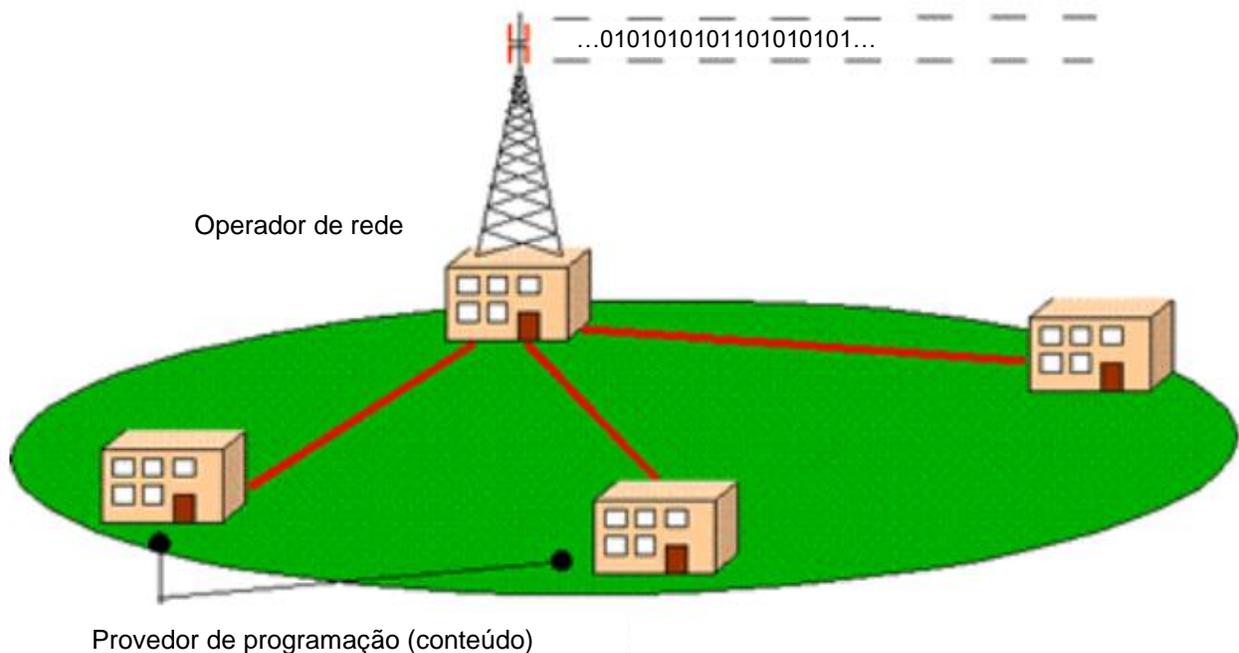
O DAB é um método para a transmissão de sinais de rádio digital. O projecto Eureka 147 teve duas áreas de especialização para o desenvolvimento deste meio, a compressão do sinal de áudio, isto é, participação na criação do MPEG e, o estabelecimento de um modo de transporte robusto, conhecido como a modulação OFDM.

#### 3.1.3.1. Descrição tecnológica do DAB **USAR ESTA PARTE PARA EXPLICAR TODOS SISTEMAS, EM GERAL.**

O sistema DAB é um sistema de transmissão de som, vídeo e dados robusto, mas altamente eficiente em termos de espectro e energia. Este sistema usa técnicas de codificação de áudio e vídeo padrão da indústria para remover a redundância dos sinais de origem e, em seguida, aplica redundância controlada ao sinal a ser transmitido para fornecer forte protecção contra erros. Para que os defeitos de distorções e fades do canal possam ser eliminados do sinal recuperado no receptor, mesmo quando se trabalha em condições de propagação severa de múltiplos caminhos, seja estacionário ou móvel, a informação transmitida é espalhada nos domínios da frequência e do tempo. A utilização

eficiente do espectro é alcançada pela intercalação de múltiplos sinais de programa e, adicionalmente, por um recurso especial de reutilização de frequência, conhecido como rede de frequência única (SFN). Este recurso é também empregado na técnica de preenchimento de lacunas que fornece cobertura de áreas sombreadas, que podem surgir dentro da área de cobertura geral fornecida pelos principais transmissores da rede de transmissão [7].

O sistema DAB é conceitualmente simples. Conforme ilustrado na figura 9, diversos provedores de conteúdo (*Service* ou *Service Component Provider*) geram programas de rádio, rádio mais dados ou apenas dados. Esses programas são transportados até um operador de rede (*Ensemble Provider* e *Transmission Network Provider*) que providencia o empacotamento dos diversos programas em um único fluxo de bits, sendo então transmitidos para os usuários (Das Neves, 2005).



**Figura 9:** Rede conceitual e simplificada do DAB Eureka 147

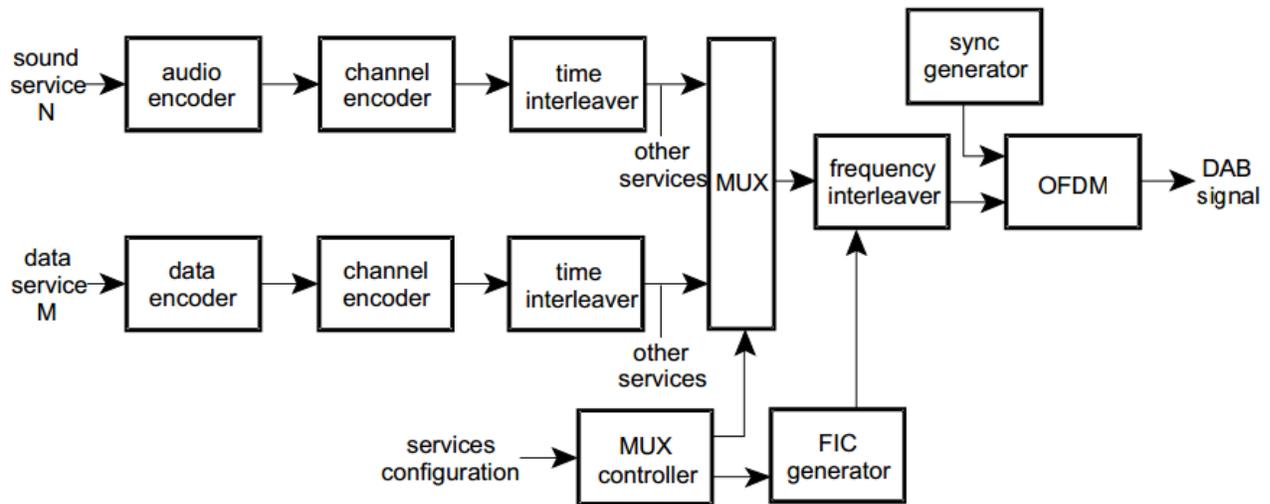
Nota. Fonte: Das Neves, J.S. Padrões de Transmissão de Rádio Digital. Departamento de Engenharia de Telecomunicações, Universidade Federal Fluminense. 2005, p11.

### 3.1.3.2. Sistema de transmissão

O sistema DAB fornece um sinal que transporta um multiplex de vários serviços digitais simultaneamente. A largura de banda do sistema é de cerca de 1,5 MHz, fornecendo uma capacidade total de taxa de bits de transporte de pouco mais de 2,4 Mbit/s em um *ensemble* completo. Dependendo dos requisitos da emissora, isto é, cobertura do transmissor e qualidade de recepção, a quantidade de proteção contra erros fornecida é ajustável para cada serviço independentemente [7].

O número e a taxa de bits de cada serviço individual são flexíveis e os receptores podem decodificar vários componentes de serviço ou serviços simultaneamente. O conteúdo real do multiplex flexível é descrito pelo chamado MCI (*Multiplex Configuration Information*, traduzido: Informações de configuração multiplex). Este é transportado em uma parte reservada específica do multiplex conhecido como *Canal de Informação Rápida* (FIC), pois não sofre o atraso inerente de intercalação de tempo (*time interleaving*) que é aplicado ao *Canal de serviço principal* (MSC). Além disso, o FIC traz informações sobre os próprios serviços e as ligações entre os serviços.

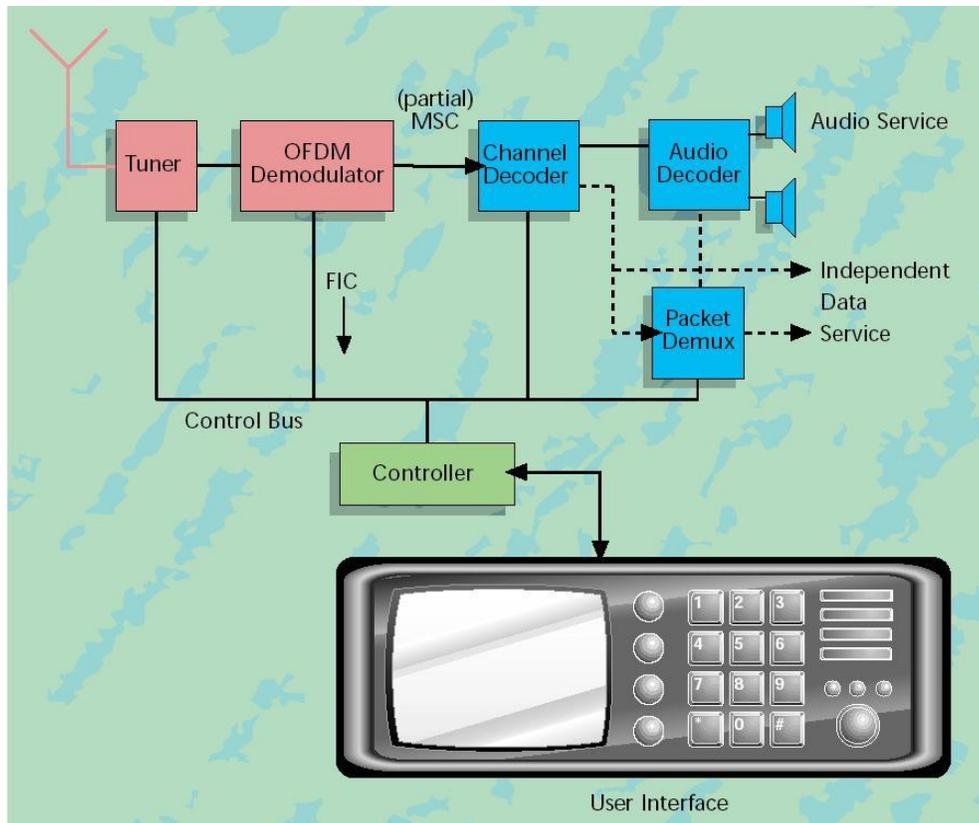
Um diagrama de blocos conceitual simplificado do sistema de transmissão é mostrado na figura 10 no qual cada sinal de serviço é codificado individualmente no nível da fonte e então protegido contra erros e intercalado no tempo. Em seguida, ele é multiplexado no multiplexador MSC, com outros sinais de serviço processados de forma semelhante, de acordo com uma configuração de serviços pré-determinada, mas mutável. A saída do multiplexador é intercalada por frequência e combinada com controlo multiplex e informações de serviço que trafegam pelo FIC para evitar o atraso da intercalação de tempo. Finalmente, símbolos de sincronização muito robustos são adicionados antes de aplicar Multiplexação por Divisão de Frequência Ortogonal (OFDM) e modulação QPSK diferencial em um grande número de portadoras para formar o sinal DAB [7]. Em anexo 3 é ilustrado um detalhado digrama de blocos conceitual e geral do transmissor DAB.



**Figura 10:** Diagrama de blocos conceitual do transmissor do sistema DAB

Fonte: ETSI EN 300 401: "Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers", v2.1.1, 2016, p.17.

No receptor, figura 11, o sinal DAB é seleccionado no sintonizador com a escolha de estação desejada e por sua vez será encaminhado para o desmodulador OFDM. A partir do desmodulador será derivado o FIC, canal que possui as informações para que usuário seleccione os serviços disponíveis no sinal, e a outra parte do sinal não decodificado pelo intercalador de tempo será encaminhada ao decodificador de canal (*Channel Decoder*) de onde saíra o sinal para o Decodificador MPEG, o sinal para o desmultiplexador de pacotes (*Demux Packet*), e além disso, sinais de dados independentes.



**Figura 11:** Diagrama de blocos conceitual da recepção do sinal DAB

Nota. Fonte: Rádio digital DAB, [https://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/index.php/R%C3%A1dio\\_Digital\\_DAB](https://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/index.php/R%C3%A1dio_Digital_DAB)

### 3.1.3.2.1. Informações de Configuração Multiplex (MCI)

As Informações de Configuração Multiplex do sistema são transportadas no FIC. Estas informações basicamente descrevem como o multiplex DAB é organizado. Especificamente, ele fornece as seguintes informações: define a organização do subcanal, lista os serviços disponíveis no conjunto, estabelece ligações entre serviços e componentes de serviço, estabelece ligações entre subcanais e componentes de serviço e, gerência a reconfiguração do multiplex.

### 3.1.3.2.2. Codificação de áudio e do canal

O sistema DAB, originalmente para compressão do sinal de áudio especificava o padrão de codificação de áudio MPEG de camada 2, formatado adequadamente para transmissão

DAB. Essa codificação de áudio foi amplamente substituída pela codificação de áudio HE AACv2. A codificação de áudio MPEG de camada 2 original é especificada em ETSI TS 103 466, enquanto a codificação HE AACv2 é especificada em ETSI TS 102 563 [7].

Cada quadro de áudio DAB contém um número de bytes que podem ser usados para transportar os Dados Associados ao Programa (PAD), ou seja, as informações relacionadas ao áudio em termos de conteúdo e sincronização.

Após a codificação de áudio o sinal é codificado pelo canal Codificador (*Channel Coding*) que faz a adição controlada de redundância para que a mesma possa ser explorada no canal Descodificador, a fim de possibilitar a correção de erros, devido à utilização desse canal codificador no sistema OFDM é que podemos chamá-lo de COFDM (Das Neves, 2005).

### 3.1.3.3. Modos de operação

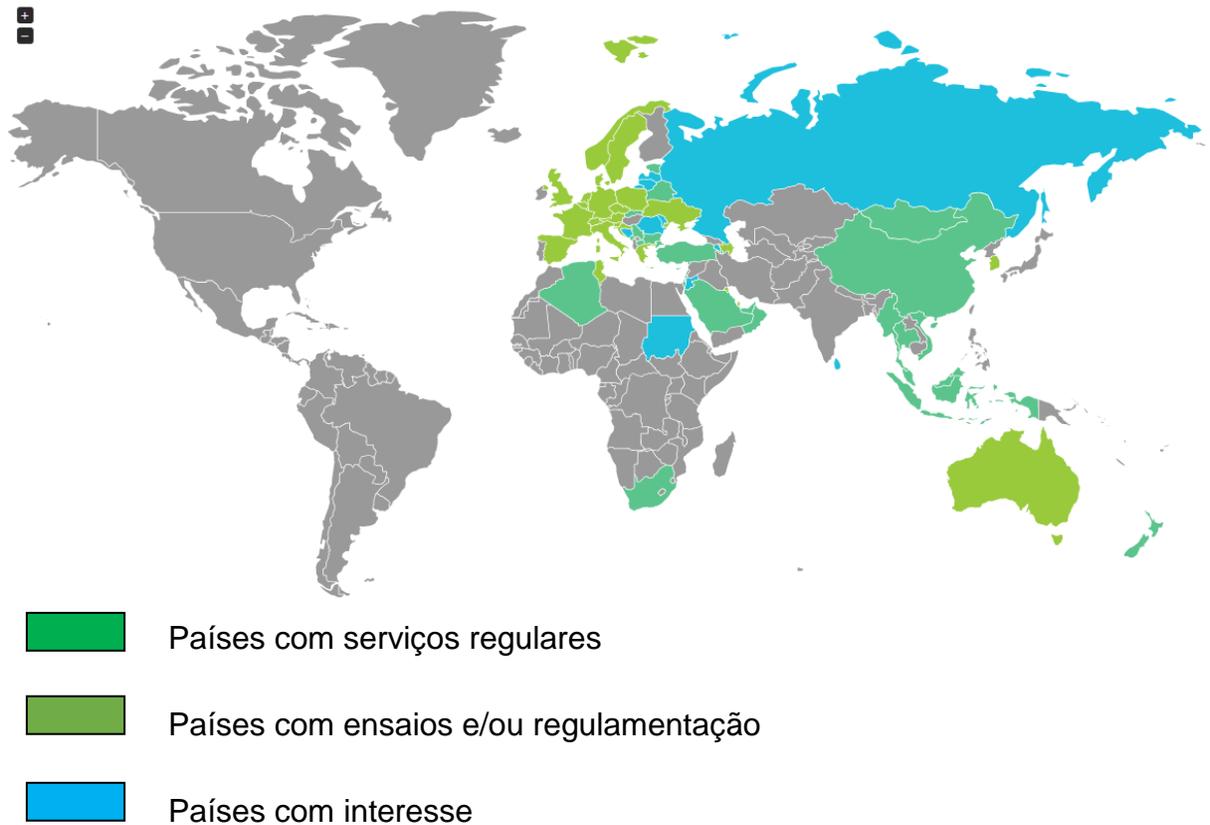
O sistema DAB foi concebido para operar em quatro modos distintos, conforme a tabela 4.

Tabela 4 – Modos de transmissão do DAB

Modo de transmissão	Frequência de operação	Aplicação
Modo I	Bandas I, II e III	Redes SFN com grande separação entre as estações transmissoras
Modo II	Bandas I, II, III e L	Estações locais e repetidoras de sinais captadas de satélite
Modo III	Qualquer faixa até 3 GHz	Retransmissão terrestre de sinais de satélite e via cabo
Modo IV	Bandas I, II, III e L	Redes SFN em UHF e serviço local em banda L

**Nota.** Fonte: Das Neves, J.S. Padrões de Transmissão de Rádio Digital. Departamento de Engenharia de Telecomunicações, Universidade Federal Fluminense. 2005, p.14.

### 3.1.3.4. Cobertura Global do DAB



**Figura 12:** Cobertura global do DAB

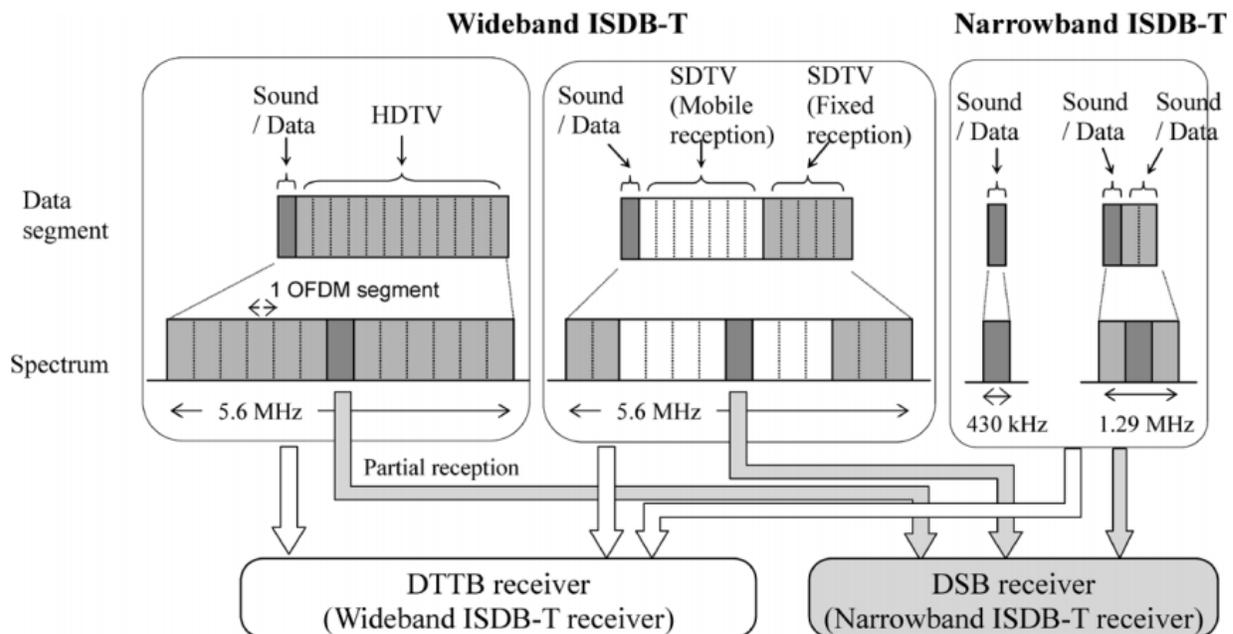
Nota. Fonte: adaptado de: Countries, <https://www.worlddab.org/countries>

### 3.1.4. Padrão Japonês– ISDB-T<sub>SB</sub>

Na década de 90, a Associação Japonesa de Indústrias e Negócios de Rádio (ARIB) desenvolveu um padrão de transmissão para transmissão digital terrestre. Contrariamente aos padrões de outras partes do mundo, este padrão deveria cobrir serviços de transmissão de televisão, transmissão de som e serviços de dados. Assim, foi estabelecido o padrão de Transmissão Digital de Serviços Integrados Terrestres japonês (ISDB-T), no qual esses serviços podem ser transmitidos separadamente em um grande número de combinações (Rohde & Schwarz, 2003).

O ISDB-T é um serviço do sistema ISDB. O ISDB é um sistema integrado constituído por três tipos de serviços, ou seja, serviços de transmissão via satélite (ISDB-S), transmissão via cabo (ISDB-C) e transmissão terrestre (ISDB-T), respectivamente. O ISDB-T além de possuir uma versão para a transmissão de serviços de televisão, o *Wideband ISDB-T* (traduzido: ISDB-T de Banda larga), também apresenta uma versão para a transmissão digital de áudio, o *Integrated Services Digital Broadcasting, Terrestrial Sound Broadcasting* (ISDB-T<sub>SB</sub>, também conhecido como *Narrowband ISDB-T*, traduzido ISDB-T de Banda de estreita), ambos com as mesmas especificações técnicas e projectados de forma que os dois modos de transmissão sejam compatíveis, ou seja, o um receptor de TV é capaz de receber o sinal de áudio e dados transmitidos em banda estreita e, de forma análoga, o receptor de radio é capaz de descodificar a parte de áudio e dados do sinal de televisão (Maciel & Moreira, 2006). A figura 13 ilustra a transmissão e recepção de sinal ISDB-T de banda larga e ISDB-T de banda estreita.

Utilizado por todas as redes de televisão e rádio do Japão, desde 1998, o ISDB-T adopta a mesma abordagem que norteou a criação do padrão europeu DAB, ou seja, entende o rádio digital como um serviço complementar aos actuais sistemas analógicos de AM e FM (Augustin, 2013).



**Figura 13:** transmissão e recepção de sinal ISDB-T de banda larga e ISDB-T de banda estreita  
 Nota. Fonte: Takada, M., Saito, M. Transmission System For Isdb-T, p.253.

### 3.1.2. Características do sistema de transmissão ISDB-T<sub>SB</sub>

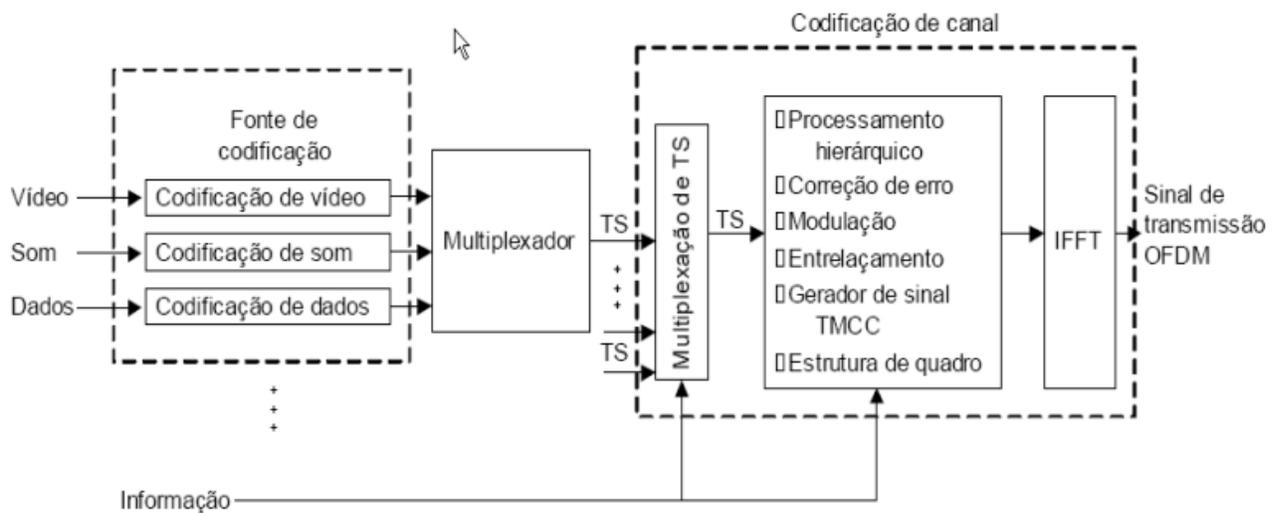
O sistema japonês de rádio digital ISDB-T<sub>SB</sub>, também conhecido como ISDB-T de banda estreita, usa a técnica de modulação OFDM, assim como outros padrões de rádio digital. no entanto, seu esquema de modulação é chamado de *Band Segmented Transmission-OFDM* (BST-OFDM). nesse esquema, as subportadoras são agrupadas em grupos chamados segmentos. Num total de 13 segmentos para a transmissão de TV, cada um com uma largura de banda de 6/14 MHz, 430 kHz aproximadamente. Para a rádio são usados apenas 1 ou 3 segmentos, conforme ilustrados na figura 13 (Maciel & Moreira, 2006).

O sistema também usa intercalação no domínio de tempo e de frequência, códigos de correcção de erros concatenados e, possui uma ampla variedade de parâmetros de transmissão para escolher o esquema de modulação da portadora, taxa de codificação do código interno de correcção de erros, intervalo de tempo de intercalação, entre outros parâmetros. Esses parâmetros de transmissão podem ser definidos individualmente para cada segmento [16].

Outra característica do ISDBT-T é a capacidade de realizar transmissões hierárquicas de até três camadas, A, B e C respectivamente. O sistema ISDB-T de 13 segmentos apresenta ate 3 camadas de hierarquização enquanto que o ISDB-T<sub>SB</sub> possui apenas duas. Os parâmetros de transmissão podem ser alterados em cada uma dessas camadas. Em particular, o segmento central do ISDB-T de banda larga desta transmissão hierárquica pode ser recebido por receptores de banda estreita devido à estrutura comum do segmento OFDM. A transmissão hierárquica segmentada por bandas permite ao sistema prover três tipos de serviços: recepção fixa, móvel e portátil.

O sistema tem três modos de transmissão, respectivamente Modos 1, 2 e 3 para permitir o uso de uma ampla faixa de frequências de transmissão e tem quatro opções de comprimento de intervalo de guarda para permitir um melhor projecto de uma rede de frequência única [16]. Usa codificação de vídeo MPEG-2 e codificação de áudio avançada (AAC). Além disso, adota sistemas MPEG-2 para encapsular um fluxo de dados. Portanto, vários conteúdos digitais como som, texto, imagens estáticas e outros dados podem ser transmitidos simultaneamente.

Além disso, para obter uma interface entre vários fluxos de transporte MPEG-2 (TSs) e o sistema de transmissão BST-OFDM, esses TSs são remultiplexados em um único TS. E para assegurar que o receptor configure corretamente a desmodulação e a decodificação na transmissão hierárquica, na qual são usados múltiplos conjuntos de parâmetros de transmissão, um sinal de controlo de configuração de multiplexação de transmissão (TMCC) deve obrigatoriamente ser transmitido usando uma portadora específica. Na figura 14 é ilustrado o diagrama em blocos do sistema de transmissão ISDB-T (Júnior, 2005).



**Figura 14:** Diagrama em blocos do sistema de transmissão ISDB-T

Nota. Fonte: Júnior, H.C., Sistema de Transmissão no Padrão Brasileiro de TV Digital, p.8

### 3.1.3. Parâmetros básicos de transmissão

O ISDB-T<sub>SB</sub> possui três modos de transmissão com diferentes intervalos de portadora para lidar com uma variedade de condições, como o intervalo de guarda variável determinado pela configuração da rede e o deslocamento *Doppler* que ocorre na recepção móvel. A Tabela 5 lista os parâmetros básicos de cada modo.

No Modo 1, um segmento consiste em 108 portadoras, enquanto os Modos 2 e 3 apresentam duas vezes e quatro vezes esse número de portadoras, respectivamente. A transmissão de televisão emprega 13 segmentos com uma largura de banda de transmissão de cerca de 5,6 MHz. A transmissão de áudio digital terrestre, por outro lado, usa um ou três segmentos com uma largura de banda de 1,29 MHz, respectivamente.

Um sinal digital é transmitido em conjuntos de símbolos. Um símbolo consiste em 2 bits em QPSK e DQPSK, 4 bits em 16QAM e 6 bits em 64QAM. Um quadro OFDM consiste em 204 símbolos com intervalos de guarda anexados, independentemente do modo de transmissão.

Esquemas de correção de erros são códigos concatenados, a saber, código Reed–Solomon (204, 188) para a codificação externa e um código convolucional para a codificação interna. A taxa de bits de informação assume vários valores dependendo do esquema de modulação seleccionado, taxa de codificação do código interno e relação de intervalo de guarda. O intervalo mostrado na tabela reflecte os valores mínimos e máximo para 3 segmentos [16].

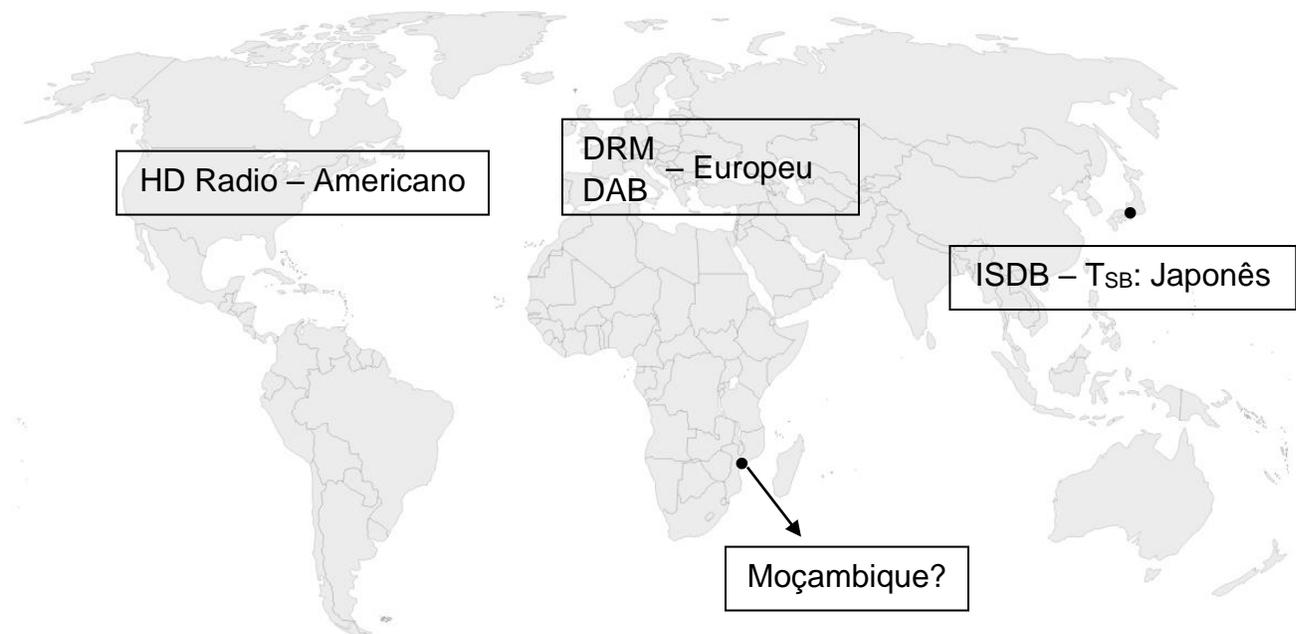
Tabela 5 – Parâmetros básicos de transmissão para cada modo

Parâmetro de transmissão	Modo 1	Modo 2	Modo 3
Largura de banda	430 kHz		
Espaçamento entre portadoras	3.968 kHz	1.984 kHz	0.992 kHz
Numero total de portadoras	108	216	432
Técnica de modulação	QPSK, 16QAM, 64QAM, DQPSK (OFDM)		
Numero de símbolos por frame	204		
Tempo útil do símbolo	252 $\mu$ s	504 $\mu$ s	1.008 ms
Intervalo de guarda	1/4, 1/8, 1/16, 1/32 do tempo útil do símbolo		
Duração do frame	53 – 64 ms	106 – 129 ms	212 – 257 ms
Codificação interna	Codificação convolucional (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)		
Codificação externa	RS (204,188)		
Intercalação	intercalação de tempo e frequência		
Tempo de intercalação	0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.8s		
Taxa de informação	280kbps - 1.8Mbps		

**Nota.** Fonte: *Overview ISDB-T for sound broadcasting Terrestrial Digital Radio in Japan*, 2003, p.8.

Um inconveniente do Sistema ISDB-T<sub>SB</sub> é o facto de não ser um sistema *in-band*, ou seja, não é compatível com a estrutura actual de canalização adoptada para a radiodifusão FM em VHF, sendo necessário, por esta razão, alocar uma faixa de frequência exclusiva para o sistema.

### 3.1.4. Contexto mundial dos sistemas de Rádio digital



**Figura 15:** Contexto mundial dos sistemas de Rádio digital

Nota. Fonte: adaptado de: free world SVG map, <https://simplemaps.com/static/demos/resources/svg-library/svg/world.svg>

## 3.2. Comparações entre os padrões

Após um estudo das principais especificações de cada padrão de transmissão de rádio digital, neste ponto serve-se da estratégia de análise comparativa para permitir que os factores internos e externos identificados em cada padrão de transmissão sejam realçados. Análise esta que também se apoia nos dados de testes práticos realizados pelas mais diferenciadas organizações e universidades apoiadas pelos seus respectivos governos.

Conforme dito antes a Europa escolheu um modelo de rádio digital onde a rádio é vista como um novo serviço complementar a radiodifusão analógica em AM e FM, denominado *out-of-band*. Essa característica técnica provem da necessidade de atribuir uma faixa de frequência exclusiva para o padrão de rádio digital DAB, dado que o padrão não pode funcionar simultaneamente com a canalização da radiodifusão actual, isto é, não pode coexistir com as actuais emisoras analógicas. Com esse sistema, seis estações diferentes partilham a mesma faixa de frequências, transmissor, antena e, conseqüentemente, a mesma área de cobertura de sinal. O mesmo acontece com o ISDB-T<sub>SB</sub>, padrão japonês que adoptou a mesma abordagem que norteou a criação do padrão europeu DAB, ou seja, entende-se a rádio digital como um serviço complementar aos actuais emissores analógicos de AM e FM.

Ao contrário do primeiro, o segundo modelo de digitalização é o sistema de *in-band*, no qual o sinal digital é transmitido no canal adjacente da mesma faixa de frequência das emisoras analógicas. Conseqüentemente não há necessidade de atribuir uma nova faixa de frequência para a operação do sistema, mas vez que o sistema pode funcionar simultaneamente com o da radiodifusão analógica, mantendo o status das actuais emisoras analógicas. Este modelo foi concebido com este propósito e, uma característica notável do mesmo é que permite uma transição tecnológica suave do analógico ao digital. Ademais, o sistema de transmissão analógico pode ser adaptado para a transmissão também em digital, reduzindo conseqüentemente o custo de implantação. Situação directamente contraria a dos sistemas *out-of-band*, DAB e ISDB-T<sub>SB</sub>, que são de alto custo pois seria necessário trocar a curto prazo os componentes das emisoras e receptores da população

Sistemas como o norte-americano, o HD Radio também denominado IBOC e, o europeu DRM são exemplos de sistemas *in-band*. Com este sistema é possível utilizar a infraestrutura existente, desde torres e transmissores, sendo necessário adquirir um novo excitador de radiodifusão digital e alguns equipamentos e periféricos. No entanto, o sistema HD Radio é uma tecnologia proprietária, o *codec* do sistema é da empresa *iBiquity* e, é preciso pagar pelo licenciamento para usá-lo. Situação directamente oposta a sistemas como DRM, ISDB-T<sub>SB</sub> e DAB que possuem código aberto (Del Bianco, 2010).

De modo a tornar fácil o entendimento das diferenças e semelhanças na Tabela 6 são comparados os padrões de transmissão para cada um dos variados aspectos técnicos identificados. Esta tabela resulta da compilação dos aspectos técnicos testados na prática em experimentos realizados no Brasil para cada padrão de transmissão e uma serie de aspectos identificados por especialistas no assunto e pelo autor deste trabalho.

Tabela 6 – Aspectos técnicos dos padrões de transmissão de rádio digital, diferenças e semelhanças

<b>Aspectos técnicos</b>	<b>IBOC</b>	<b>DRM</b>	<b>DAB</b>	<b>ISDB</b>
Técnica de modulação	COFDM	COFDM	COFDM	COFDM
Codificação de áudio	AAC e HDC	MPEG-4 CELP, HE ACC e HVXC	HE AACv2	MPEG-2 ACC
Faixa de frequência de operação	AM: 530 – 1.600 kHz; FM: 87.5 – 108.0 MHz	todas as faixas de frequências até a Banda III VHF	30MHz a 3GHz, Banda (I,II,III e L)	189 - 192MHz e 2,535 a 2,655 GHz
Compatibilidade com o sistema de radiodifusão analógico atual	Compatível com mínimas interferências em outras estações.	Compatível com mínimas interferências em outras estações.	Não compatível	Não compatível
Transmissão nocturna em modo digital.	Apresenta Problemas no AM	Permite	Permite	Permite
Área de cobertura do sinal digital igual à do	Apresenta Problemas	Comparável	Comparável a depender	

analógico, com menor potência de transmissão			da localidade	
Suporte a transmissão de dados auxiliares	Suporta	Suporta	Suporta	Suporta
Qualidade de áudio em sistemas operando em frequência inferior a 30 MHz	Apresenta Problemas	Superior à do sinal analógico, em modo estéreo, comparável ao de transmissões em FM	Não compatível	Não compatível
Recepção do sinal em ambientes <i>outdoor</i> e <i>indoor</i> .	Boa recepção	Boa recepção AM e Em estudo FM	Apresenta Problemas	Boa recepção
Interferências co-canais e em canais adjacentes.	Não apresentar	Não apresentar	Apresenta	Não apresenta
Suporte a interactividade e multiprogramação.	Suporta	Suporta	Suporta	Suporta
Tipo de tecnologia	Tecnologia proprietária	Tecnologia aberta	Tecnologia aberta	Tecnologia aberta
Custo para implantação de uma emissora digital ou adequação da emissora para transmissão do sinal digital utilizando cada sistema.	Médio a depender da infra-estrutura da emissora	Médio a depender da infra-estrutura da emissora	Alto	Alto

**Nota.** Adaptado de: Del Bianco, N.R. O Futuro do Rádio no Cenário da Convergência Frente às Incertezas Quanto aos Modelos de Transmissão Digital, 2010, p.15.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, abordámos o tema da rádio digital, especificamente a análise comparativa dos padrões de transmissão de rádio digital para a implementação em Moçambique no processo de migração da rádio analógica para a rádio digital. O nosso estudo começou por analisar as origens da rádio tradicional. Vimos que foi uma invenção que teve a contribuição de vários cientistas do século XIX. Ainda no mesmo capítulo abordamos a sua história na África ate a sua chegada em Moçambique em Março de 1933 quando a primeira estação de rádio no país, chamada Grémio dos Radiófilos da Colónia de Moçambique, actual Rádio Moçambique, trabalhando na frequência de 6.137 kHz, onda de 48,88m, começou a emitir.

Esta primeira parte do trabalho terminou com um estudo das transformações deste meio de comunicação que desde a sua origem esteve em constante evolução, passando do AM para o actual FM e agora, entretanto esta sucessivamente a passar para o digital. Esta transformação ao digital mostrou-se como a solução para os problemas enfrentados pelo rádio tradicional, dentre eles o problema relacionado a sobrecarga das ondas hertzianas e qualidade de som.

Entretanto, várias soluções digitais foram desenvolvidas pelos mais diversificados países que iniciaram a busca de medidas definitivas ou ao menos paliativas. Assim, os americanos criaram o padrão HD Radio, os europeus desenvolveram os padrões DRM e DAB e, os japoneses o ISDB-T<sub>SB</sub>. Estes padrões são reconhecidos pela União Internacional de Telecomunicações (UIT) e todos têm por finalidade transitar definitivamente da rádio analógica a rádio digital. Porém, ao contrario dos sistemas DAB e ISDB-TSB que são sistemas *Out-of-Band*, os sistemas DRM e HD Radio que são sistemas *in-band*, tem a característica de permitir uma transição suave visto que são sistemas híbridos, ou seja, tem a capacidade de conviver com a radiodifusão analógica, emitindo os dois sinais simultaneamente enquanto as emissoras vão se preparando para a operação no modo totalmente digital. Ademais, estes sistemas permitem a adequação do sistema de transmissão analógico para a transmissão também em digital.

O estudo sobre os padrões de rádio digital levou a compreensão do porquê da necessidade de mudança para a tecnologia de rádio digital no país, para além do

entendimento de qual modelo de digitalização seria mais adequado a nossa realidade e convém, neste ponto recomendar sistemas *in-band*.

Dentro deste conceito de transmissão de rádio digital *in-band* uma perspectiva promissora é o DRM. Pois, trata-se do único padrão de rádio digital aberto do mundo que cobre transmissões para bandas abaixo e acima de 30MHz até a banda III do canal VHF, DRM30 e DRM+ respectivamente, para ondas AM e FM. Ademais, cobre todas as zonas de sombras do rádio analógico.

#### **4.1. Recomendações e trabalhos futuros**

Temos a consciência de que nenhum trabalho é acabado, assim sendo, e considerando tanto a bibliografia consultada quanto os resultados alcançados, para dar continuidade e nos aprofundarmos mais neste assunto, para trabalhos futuros propõe-se os seguintes pontos:

- Fazer um estudo individual e mais detalhado de cada padrão de radio digital cobrindo mais aspectos técnicos e socioeconómicos não abordados neste trabalho;
- Recolher um conjunto de recomendações por parte das emissoras de radio, bem como dos cidadãos sobre os aspectos básicos que devem ser considerados na escolha de um padrão de rádio digital de tal forma que melhor se adegue à realidade moçambicana.
- Recolher um conjunto de recomendações por parte das emissoras de radio, bem como dos cidadãos sobre o que seria mais recomendável fazer para tornar a radiodifusão pública e a migração digital inclusivas em Moçambique.
- Abordar uma discussão sobre a forma como as emissoras de radio estão se preparando para futuramente receber um novo sistema bem como a sua preferência entre os sistemas de radiodifusão digital atualmente existentes.

Enfim, apos pesquisas sobre o tema, foi constatado que é ainda pouco explorado em artigos científicos, monografias, teses e dissertações e afigura-se pertinente dar

continuidade a este estudo, enriquecendo-o com as percepções dos demais especialistas e responsáveis pelas rádios existentes, bem como os responsáveis pela comunicação no nosso país por forma a compreender ainda melhor o tema da rádio digital por forma a aptar pela implementação de um modelo de digitalização mais adequado a nossa realidade moçambicana no processo de migração de radio analógico para a radio digital.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Augustin, K.N.K. Da Rádio Analógica À Rádio Digital: Quais as Perspectivas Para a África Ocidental Francesa?. 72f. Dissertação (Mestrado em Informação, Comunicação e Novos Media) Faculdade de Letras, Universidade de Coimbra. Coimbra, 2013
- [2] Curado, C.C. Migração De Rádios AM Para FM: Processos de Preparação e Perspectivas De Mudança Frente a Convergência Tecnológica. 194f. Monografia (Bacharel em Comunicação Social com habilitação em Jornalismo) Faculdade de Comunicação, Universidade de Brasília. Brasília, 2015
- [3] Das Neves, J.S. Padrões de Transmissão de Rádio Digital. Departamento de Engenharia de Telecomunicações, Universidade Federal Fluminense. 2005
- [4] De Aquino, M.A. Rádio Digital. 31f. Monografia (Bacharel em Comunicação Social com habilitação em Publicidade e Propaganda) Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas, Centro Universitário de Brasília. Brasília, 2007
- [5] Del Bianco, N.R. 2010 – O Futuro do Rádio no Cenário da Convergência Frente às Incertezas Quanto aos Modelos de Transmissão Digital, *Revista de Economia Política das Tecnologias de Informação e Comunicação*, vol. 12, n. 1-19
- [6] Digital Radio Mondiale (DRM). A Broadcaster's Guide. Version 1.1", DRM Consortium, June 2010
- [7] ETSI EN 300 401: "Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers", v2.1.1, 2016.
- [8] ETSI ES 201 980: "Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification", v3.1.1, 2009.
- [9] iBiquity Digital Corporation. IBOC FM Transmission Specification. 2001
- [10] Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. (2012). Medições de Campo do Sistema HD Radio na Faixa de FM em Brasília com a Rádio Comunitária da Associação de Moradores do Recanto das Emas AREMAS
- [11] Instituto Nacional de Telecomunicações. Antenas: A origem do nome Antena. Recuperado de [http://www.cesarkallas.net/arquivos/faculdade-pos/TP301-codificacao-fonte/01%20-%20Cap%201%20-%20Antenas\\_119.pdf](http://www.cesarkallas.net/arquivos/faculdade-pos/TP301-codificacao-fonte/01%20-%20Cap%201%20-%20Antenas_119.pdf)
- [12] Júnior, H.C., Sistema de Transmissão no Padrão Brasileiro de TV Digital. Departamento de Engenharia de Telecomunicações, Universidade Federal Fluminense. 2005

- [13] Kochhann, R., Freire, M., Lopez D. Rádio: convergência tecnológica e a evolução dos dispositivos. 12f. Trabalho apresentado no GT de Média Sonora, Universidade Federal de Santa Maria, 2011
- [14] Maciel, L.B., Moreira, M.G.C., Estudo do sistema ISDB para radiodifusão digital. Dissertação (Licenciatura em Engenharia Elétrica) Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. Brasília, 2006
- [15] RECOMMENDATION ITU-R BS.1514-1. System for digital sound broadcasting in the broadcasting bands below 30 MHz
- [16] Takada, M., Saito, M. Transmission System For ISDB-T, 2006
- [17] <http://www.mcm.org.mz/index.php/pt/9-categoria-ptpt/15-radio-mocambique>, 21 de Fevereiro de 2022
- [18] <https://ajudaemacao.org/blog/radio-em-africa-paraque-a-usamos/>, 15 Fevereiro de 2022
- [19] <https://delphipages.live/pt/tecnologia/a-web-ecomunicacao/reginald-aubrey-fessenden>, 15 Fevereiro de 2022
- [20] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Reginald\\_Fessenden](https://fr.wikipedia.org/wiki/Reginald_Fessenden), 15 Fevereiro de 2022
- [21] <https://pt.fmuser.net/content/?847.html#which-is-better-amplitude-modulation-or-frequency-modulation>, 23 de Fevereiro de 2022
- [22] [https://pt.wikipedia.org/wiki/R%C3%A1dio\\_FM](https://pt.wikipedia.org/wiki/R%C3%A1dio_FM), 21 de Fevereiro de 2022
- [23] <https://radio.hypotheses.org/4042>, 21 de Fevereiro de 2022
- [24] [https://stringfixer.com/pt/Timeline\\_of\\_radio](https://stringfixer.com/pt/Timeline_of_radio), 15 de Fevereiro de 2022
- [25] <https://www.guiadoscuriosos.com.br/cultura-e-entretenimento/como-foi-ainvencao-do-radio/>, 15 Fevereiro de 2022

## Anexos

### Anexo 1: Estações de rádio em Maputo

Tabela 7 – Estações de rádio FM

<b>FM, MHz</b>	<b>Rádio</b>	<b>Transmissor</b>
87.8	LM Rádio	Av. Mártires de Moeda, Hotel Cardoso
88.0	Rádio Mega FM	Maputo
88.2	Golo FM	Maputo
88.8	Rádio Alfa e Ómega	Maputo
89.2	RDP África	Catembe-N'Sime
89.5	Rádio Indico	Maputo
90.0	Rádio Terra Verde Rádio Deus é Amor	Av. Eduardo Mondlane 2623
90.7	Rádio Trans Mundial – Capital	Av. Eduardo Mondlane 2998
91.4	Rádio Voz Coop	Bairro do Bagamoio
92.3	Rádio Antena Nacional	Catembe-N'Sime
93.1	RM Desporto	Catembe-N'Sime
93.5	Rádio Muthiyana	Bairro Ferroviário
94.6	Rádio SFM	Rua Timor Leste 108
95.5	BBC World Service	Catembe-N'Sime
96.3	Rádio A Voz do Islam	Urbanização, Conselho Islâmico de Moçambique
97.1	Politécnica Rádio	Universidade Politécnica
97.9	RM Rádio Cidade	Catembe-N'Sime
99.3	Rádio 99FM	Maputo
99.6	Rádio Viva FM	Alto Maé, Av. Emília Daússe 1735
100.2	Rádio Savana FM	Av. Amílcar Cabral 1049
100.9	Rádio Cidadania	Maputo
101.4	Rádio Miramar	Bairro da Polana, Av. Julius Nyerere 1555,
101.9	Super FM	Av. Julius Nyerere
102.3	RM Emissor Provincial de Maputo	Catembe-N'Sime
103.1	Rádio Maria (Moçambique)	Machava, Rua da Igreja 156-A

	Rádio Vaticano	
104.2	Top Rádio Voz da América	Maputo
105.0	Rádio Franca Internacional RFI Afrique	Catembe-N'Sime
105.9	RM Maputo Corredor Rádio	Catembe-N'Sime
106.2	Rádio Acção FM	Bairro de Laulane, Rua da Beira 1

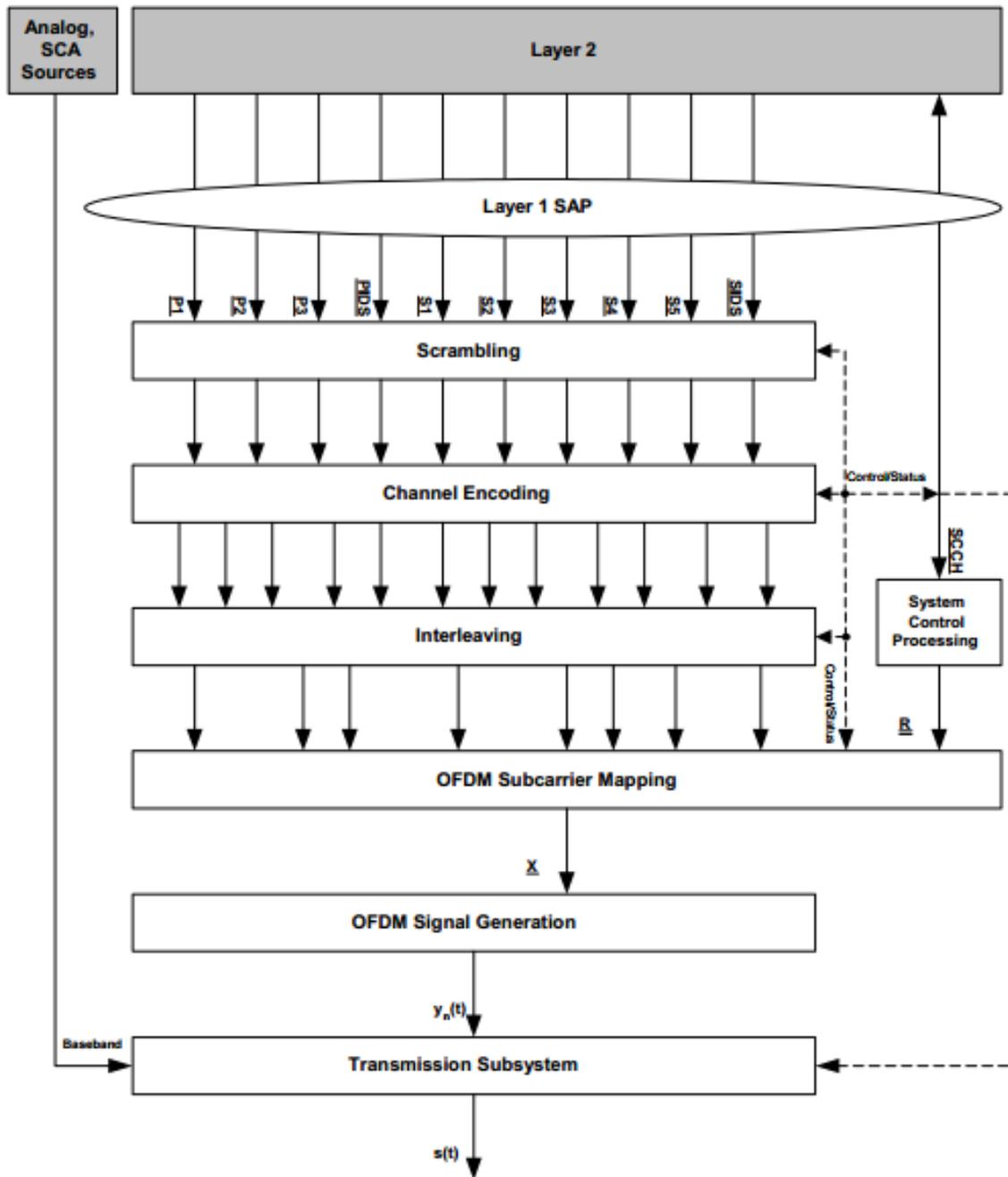
**Nota.** Fonte: <https://worldradiomap.com/mz/maputo>

Tabela 8 – Estações de rádio AM

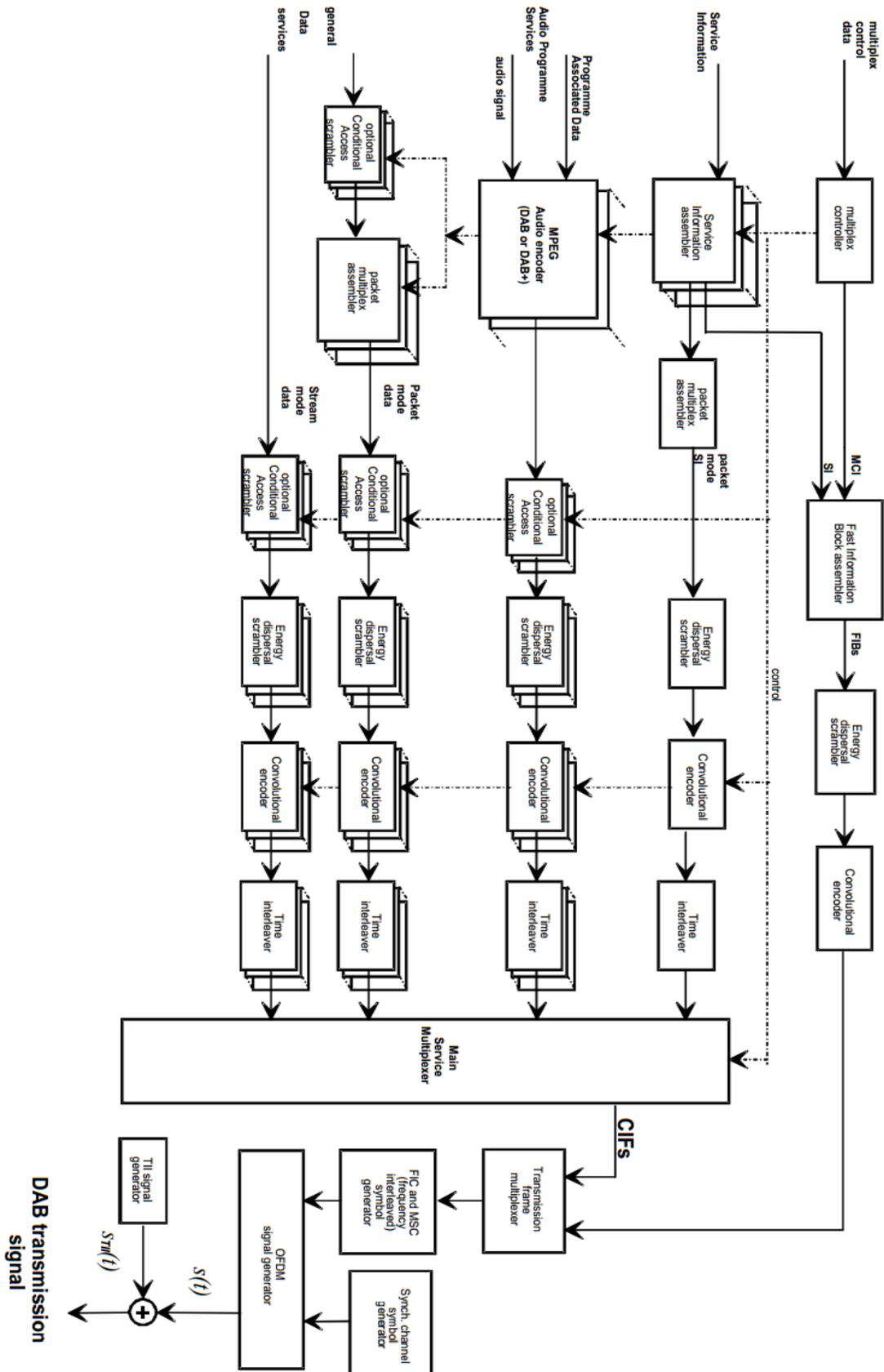
OM, kHz	Rádio	Transmissor
576	Rádio Veritas	África do sul, Joanesburgo, Meyerton
621	Rádio Botswana	Botsuana, Selebi, Moepeng Hill
639	LNBS Rádio Lesotho	Lessoto, Maseru, Lancers Gap
657	Rádio Pulpit Rádio Kansel	África do sul, Joanesburgo, Meyerton
702	LM Rádio	África do sul, Joanesburgo, Welgedacht
738	RM Antena Nacional	Catembe-N'Sime
810	Rádio Emissor Provincial de Gaza	Xai-Xai
891	LNBS The Ultimate Rádio	Lessoto, Maseru, Lancers Gap
909	VOS África	Botsuana, Selebi, Moepeng Hill
918	RM Rádio Cidade	Catembe-N'Sime
1008	RM Emissor Provincial de Maputo	Catembe-N'Sime
1170	TWR África	Eswatini, Mpangela
1197	LNBS The Ultimate Radio Family Radio	Lessoto, Maseru, Lancers Gap

**Nota.** Fonte: <https://worldradiomap.com/mz/maputo>

Anexo 2: Diagrama de blocos geral da Transmissão HD Radio



### Anexo 3: Diagrama de blocos conceitual e geral do transmissor DAB



Anexo 4: Aspectos técnicos dos padrões de transmissão de rádio digital, diferenças e semelhanças

<b>Aspectos técnicos</b>	<b>IBOC</b>	<b>DAB</b>	<b>DRM AM e +</b>	<b>DRM +</b>
Permitir o simulcasting, com boa qualidade de áudio e com mínimas interferências em outras estações.	Compatível	Não compatível	Compatível	Compatível
Operar de maneira satisfatória nos serviços de ondas médias (OM), ondas curtas (OC), ondas tropicais (OT) e frequência modulada (FM).	Opera AM e FM	Não compatível	Compatível	Compatível
Possibilitar a transmissão nocturna também em modo digital.	Apresenta problemas no AM	Compatível	Compatível	Em testes
Área de cobertura do sinal digital igual da actual (analógico), com menor potência de transmissão.	Apresenta problemas	Compatível a depender da localidade	Compatível	Em testes
Transmissão de dados auxiliares, relacionados ou não à programação corrente.	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível
Nos sistemas operando em frequência inferior a 30 MHz, a qualidade de áudio deve ser superior ao actual, em modo estéreo, comparável ao de transmissões em FM.	Apresenta problemas	Não compatível	Compatível AM e OC	Compatível
Soluções para emissoras de baixa potência, com custo reduzido.	Em estudo	Em estudo no DAB +	Incompatível	Compatível
Recepção do sinal em ambientes outdoor e indoor. Compatível Apresenta problema	Compatível	Apresenta problemas	Compatível	Em testes

Não apresentar interferências co-canais e em canais adjacentes.	Compatível	Não compatível	Compatível	Compatível
Interactividade e multiprogramação.	Compatível	Compatível	Compatível	Em testes
Transferência de tecnologia para a indústria brasileira de transmissores e receptores.	Tecnologia proprietária	Tecnologia aberta	Tecnologia aberta	Tecnologia aberta
Possibilidade da participação de Instituições de Ensino e Pesquisa brasileiras no ajuste e/ou melhoria dos sistemas de acordo com a necessidade do país.	Incompatível por ser um sistema proprietário	Incompatível pelo avanço no desenvolvimento da tecnologia	Há possibilidade de negociação	Há possibilidade de negociação
Custo para implantação de uma emissora digital ou adequação da emissora para transmissão do sinal digital utilizando cada sistema.	Médio a depender da infraestrutura da emissora	Alto	Médio a depender da infraestrutura da emissora	Médio a depender da infraestrutura da emissora