



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

ADELMO ARTUR DE AQUINO

**SINAL DIGITAL: O MODELO DRM EM CONTRASTE AO SISTEMA
BRASILEIRO DE RADIODIFUSÃO**

PAU DOS FERROS

2019

ADELMO ARTUR DE AQUINO

**SINAL DIGITAL: O MODELO DRM EM CONTRASTE AO SISTEMA
BRASILEIRO DE RADIODIFUSÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Profa. Dra. Thatyara Freire de
Souza.

Co-orientador: Prof. Dr. Otávio Paulino Lavor.

PAU DOS FERROS

2019

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

A657s Aquino, Adelmo Artur de.
Sinal Digital: O modelo DRM em contraste ao Sistema Brasileiro de Radiodifusão / Adelmo Artur de Aquino. - 2019.
73 f.: il.

Orientadora: Thatyara Freire de Souza.
Coorientador: Otávio Paulino Lavor.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Curso de Ciência e Tecnologia, 2019.

1. Digital Radio Mondiale. 2. Radiodifusão. 3. Sinal Analógico. 4. Sinal Digital I. Souza, Thatyara Freire de, orient. II. Lavor, Otávio Paulino, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ADELMO ARTUR DÊ AQUINO

**SINAL DIGITAL: O MODELO DRM EM CONTRASTE AO SISTEMA
BRASILEIRO DE RADIODIFUSÃO**

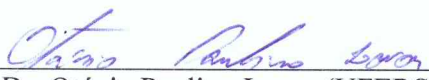
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 19 / 03 / 2019

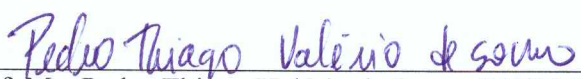
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Thatyara Freire de Souza (UFERSA)
Presidente



Prof. Dr. Otávio Paulino Lavor (UFERSA)
Membro Examinador



Prof. Me. Pedro Thiago Valério de Souza (UFERSA)
Membro Examinador

Dedico todo esforço que tive, ao longo dessa jornada, ao meu querido Avô, e amante do rádio, Agostinho Manoel de Aquino (In Memoriam), que sempre me estimulou com sábios e humildes ensinamentos, os quais hoje se fazem singulares na minha formação humana e profissional.

Dedico a toda a minha família, especialmente minha mãe Marta Celis de Querioz Aquino e meu pai, e amante do rádio, Antônio Arlindo de Aquino, por nunca terem poupado esforços para que esse sonho fosse realizado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, energia e causa primária de todas as coisas, por me conceder a oportunidade de buscar o conhecimento em prol da minha formação humana e profissional.

Agradeço aos meus pais Marta Celis de Queiroz Aquino, e Antônio Arlindo de Aquino por terem me apoiado em todos os momentos ao longo dessa jornada, principalmente por confiarem a mim todos os seus esforços e projetos na realização desse sonho conjunto.

Aos meus irmãos, especialmente à minha irmã Maria Suzana de Aquino pela paciência, e inúmeros atos de ajuda.

Manifesto, também, minha gratidão a todos os colegas de curso e vivência acadêmica, em especial àqueles que se tornaram meus amigos e que estiverem sempre me apoiando de forma direta ou indireta.

Aos amigos de residência e demais, que se fizeram presente de forma colaborativa no alcance desse objetivo.

À minha Orientadora Profa. Dra. Thatyara Freire de Souza pela disponibilidade, paciência, e por aceitar fazer parte desse desafio.

Ao Co-orientador Prof. Dr. Otávio Paulino Lavor pela disponibilidade, e altruísmo ao longo de todo o curso, bem como extra-sala.

Agradeço a Universidade Federal Rural do Semi-Árido por promover a Ciência de forma a democratizar o conhecimento científico, mudando vidas e transformando o Semiárido Potiguar com ensino, pesquisa e extensão.

Gratidão a todos que contribuíram positivamente de alguma forma para a realização desse trabalho!

*"O mundo me intriga e não posso imaginar
que este relógio exista e não haja relojoeiro"*

Voltaire

RESUMO

No Brasil, o papel empregado a radiodifusão desde o seu surgimento, diz respeito a importantes segmentos da comunicação e da democratização do conhecimento e informação. Outros aspectos importantes como relações sociais, culturais e propagação de opiniões se fazem presentes nas principais plataformas de difusão de conteúdo. O rádio foi o pioneiro na radiodifusão no Brasil, quando na década de 20 começou a dar os primeiros passos para se consolidar e atuar até os dias de hoje como fonte de informação e entretenimento, difundindo a informação e prestando serviço aos seus ouvintes e anunciantes, que passam de geração para geração, sempre adaptando-se as novas tecnologias que emergem no indústria das telecomunicações, mesmo que de forma gradual. Dessa forma, a pesquisa objetiva a abordagem do atual panorama da radiodifusão brasileira frente a digitalização das principais plataformas e sistemas de comunicação, neste caso a televisão e principalmente o rádio, uma vez que se propõe o modelo Digital Radio Mondiale (DRM) como possível padrão nacional no processo de migração da tecnologia analógica para a digital. Além disso, são abordados aspectos sociais que estão associados à temática da digitalização e estes são tratados a partir da pesquisa em campo direcionada pela aplicação de questionários nas emissoras de rádio da cidade de Pau dos Ferros-RN, a fim de apontar o panorama local acerca da discussão sobre a digitalização dessas plataformas. A metodologia adotada para descrição técnica do sistema DRM é inteiramente baseada através da revisão bibliográfica, essencialmente por aquelas que utilizam o sinal em aplicações concretas no país. Os resultados mostram que, apesar da localização geográfica, as emissoras mostraram-se atualizadas acerca da temática, bem como se posicionam a favor da migração digital, apontando também fatores e entraves que dificultam tal processo. Nessa conjuntura, a pesquisa traz como conclusão a avaliação do cenário de migração pensando no contexto realístico com relação a situação geopolítica, econômica e tecnológica do país, enfatizando as possibilidades de transmissão que o sistema DRM permite, bem como sua qualidade e flexibilidade de adaptação as características específicas do Brasil, uma vez que o sistema é de código aberto, e possibilita a utilização eficiente do atual estado do espectro de frequência brasileiro.

Palavras-chave: Digital Radio Mondiale; Radiodifusão; Sinal Analógico; Sinal Digital.

ABSTRACT

In Brazil, the role used to broadcasting since its born, relates to important segments of communication and the democratization of knowledge and information. Other important aspects such as social and cultural relations and the propagation of comments are present in the main platforms of dissemination of content. The radio was the pioneer in broadcasting in Brazil, when in the decade of 20 began to take the first steps to consolidate and act to the present day as a source of information and entertainment, disseminating information and providing service to its listeners and advertisers, who pass from generation to generation, always adapting the new technologies that emerge in the telecommunications industry, even if gradually. In this way, the research aims to approach the current panorama of the Brazilian broadcasting in front of the digitization of the main platforms and communication systems, in this case the television and especially the radio, since it proposes the model Digital Radio Mondiale (DRM) as a possible national standard in the process of migrating analog to digital technology. Are approached social aspects that are associated with the dreaded digitization and these are treated from the field research directed by the application of questionnaires in the radio stations of the city of Pau dos Irons-RN, in order to point the local panorama About the discussion on the digitization of these platforms. The methodology adopted for the technical description of the DRM system is entirely based on the bibliographic review, essentially by those who use the signal in concrete applications in the country. The results show that, despite the geographic location, the broadcasters were updated about the theme, as well as positioning themselves in favor of digital migration, also pointing out factors and obstacles that hinder such process. In this conjuncture, the research brings as a conclusion the evaluation of the migration scenario thinking in the realistic context regarding the geopolitical, economic and technological situation of the country, emphasizing the transmission possibilities that the DRM system allows, as well As its quality and flexibility to adapt the specific characteristics of Brazil, since the system is open source, and enables the efficient use of the current state of the Brazilian frequency spectrum.

Keywords: Digital Radio Mondiale; Broadcasting; Analog Signal; Digital Signal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Obtenção de um Sinal Analógico.....	24
Figura 2	– Representação gráfica de um (a) Sinal Analógico, (b) Sinal Digital e (c) da Conversão A/D.....	25
Figura 3	– (a) Balança Analógica e (b) Balança Digital.....	26
Figura 4	– Fases do processo de digitalização de um Sinal Analógico.....	27
Figura 5	– Representação de um (a) sinal em tempo contínuo e (b) sinal em tempo discreto.....	30
Figura 6	– Sinal Analógico representado em tempo contínuo $x(t)$ e em tempo discreto $x[n]$	31
Figura 7	– Espectro Eletromagnético.....	33
Figura 8	– Modulação AM e FM.....	37
Figura 9	– Configurações DRM30 e DRM+ no espectro de frequências.....	48
Figura 10	– Servidor de Conteúdo DRM.....	49
Figura 11	– Opções de codificação de áudio no sistema DRM.....	50
Figura 12	– Relação entre os Serviços DRM e as transmissões MSC.....	53
Figura 13	– Diagrama de Constelação 16QAM.....	56
Figura 14	– Sinal FDM e OFDM.....	57
Figura 15	– Diagrama de blocos de um receptor básico DRM30.....	58

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	–	Questionamentos técnicos acerca dos sinais analógico e digital.....	61
Gráfico 2	–	Questionamento técnico acerca da TV Digital e o sinal ISDB-Tb	62
Gráfico 3	–	Subitem III - principais sinais digitais de rádio.....	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	–	Aplicações e bandas de frequência.....	35
Quadro 2	–	Característica dos codificadores de áudio DRM.....	51
Quadro 3	–	Modos de Robustez na transmissão DRM	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAC	Advanced Audio Coding
ABERT	Associação Brasileira de Emissoras de Rádio e Televisão
ANATEL	Agência Nacional de Comunicações
AFS	Alternative Frequency Signalling
AM	Amplitude Modulada
ATSC	Advanced Television System Committe
A/D	Analógico/Digital
CELP	Code Excited Linear Prediction
COFDM	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex
CPqD	Centro de Pesquisa e Desenvolvimento
DAB	Digital Áudio Broadcasting
DRM	Digital Radio Mondiale
DVB-T	Digital Video Broadcasting Terrestrial
FAC	Fast Access Channel
FCC	Federal Communications Commission
FDM	Frequency Division Multiplex
FM	Frequência Modulada
GPS	Sistema de Posicionamento Global
HD	High Definition
HDTV	High Definition Television
HVXC	Harmonic Vector Excitation Coding
IBOC	In Bando On Channel
ISDB	Integrated Services Digital Broadcasting
ISDB-T	Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial
ISDB-	Integrate Sevices Digital Broadcasting – Terrestrial Sound Broadcasting
TSB	
JPG	Joint Photographic Group
LCD	Liquid Crystal Display
LGT	Lei Geral das Telecomunicações
MPEG	Moving Picture Experts Group

MSC	Main Service Channel
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplex
PNG	Portable Network Graphics
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
RUE	Regulamento de Uso de Espectro
SBTVDT	Sistema Brasileiro de Televisão Digital Terrestre
SBR	Spectral Band Replication
SDC	Service Description Channel
SDTV	Standard Definition Television
SI	Sistema Internacional
TV	Televisão
UHF	Ultra High Frequency
VHF	Very High Frequency

Sumário

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	23
2.1 Objetivo Geral	23
2.2 Objetivos Específicos	23
3 SINAIS E SUAS CLASSIFICAÇÕES	24
3.1 Sinal Analógico X Sinal Digital	24
3.2 Classificação de Sinais	28
3.2.1 Sinais em Tempo Contínuo e em Tempo Discreto	29
3.2.2 Sinais Analógicos e Digitais	30
4 ONDAS ELETROMAGNÉTICAS	31
4.1 Breve História do Eletromagnetismo	31
4.2 Características de uma Onda Eletromagnética	31
4.3 Propagação de Ondas Eletromagnéticas de Rádio.	33
4.3.1 Transmissão, Modulação e Recepção de Ondas de Rádio	35
5 RADIODIFUSÃO: CONTEXTO HISTÓRICO DOS SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES NO BRASIL	37
5.1 O Rádio	37
5.2 A Televisão	40
6 SINAIS DIGITAIS DE RÁDIO	44
6.1 O Modelo DRM	46
6.1.1 Servidor de Conteúdo DRM	47
6.1.1.1 Dados	48
6.1.1.2 Áudio	49
6.1.1.3 Multiplexador	51
6.1.1.4 Configuração de Parâmetros	52
6.2 Codificação e Interface de Modulação	54
6.2.1 QAM	54

6.2.2 COFDM.....	55
6.2.3 Modo Híbrido e Modulador por Radiofrequência.....	56
6.3 Receptor.....	57
8 RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
8.1 Panorama atual das emissoras de rádio no município de Pau dos Ferros/RN.....	59
8.1.1 Questionamento I: Sinal Analógico x Sinal Digital	59
8.1.2 Questionamento II: TV Digital.....	60
8.1.3 Questionamento III: Radio e Sinal Digital	61
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO.....	71

1 INTRODUÇÃO

Desde o seu início, a radiodifusão no Brasil se destacou no segmento da comunicação como sendo um poderoso meio de transmissão de informações e propagação de opiniões. O rádio foi o pioneiro na radiodifusão no Brasil, quando na década de 20 começou a dar os primeiros passos para se consolidar e atuar até os dias de hoje como fonte de informação e entretenimento, difundindo a cultura e prestando serviço aos seus ouvintes e anunciantes, que passam de geração para geração.

Sabemos que, na prática, o processo de comunicação se dá quando uma informação (caracteres, imagem, som, etc.) gerada em determinado local/tempo consegue ser transmitida até um destino final. Na radiodifusão, as transmissoras de rádio fazem o envio do sinal contendo as informações (áudio) que podem ser captadas por aqueles que dispõem do aparelho devidamente sintonizado, convertendo o sinal recebido em som, além de amplificá-lo.

Diversos cientistas deram sua contribuição para o desenvolvimento do rádio através dos seus estudos sobre o eletromagnetismo, por volta do final do século XIX. Hoje sabemos que as ondas de rádio fazem parte do espectro eletromagnético de radiações formadas por dois campos, o elétrico e o magnético, que oscilam simultaneamente de maneira perpendicular entre si (de forma senoidal) e seguem na direção de propagação da radiação. As ondas eletromagnéticas foram descritas de forma sucinta, por volta de 1864, pelo físico escocês James Clerk Maxwell, unificando as leis de Coulomb, Ampère, Faraday e Lenz, que são rigorosamente seguidas por toda essa categoria de ondas, em que temos a luz visível, micro ondas, infravermelha, ultravioleta, ondas de rádio, raios gama, raios X (HALLIDAY, 2012).

As ondas eletromagnéticas são diferenciadas de acordo com seu comprimento de onda ou frequência. Ondas com frequência alta possuem baixo comprimento de onda, e vice-versa, porém todas as ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo com a mesma velocidade (igual a luz), sendo esta uma característica marcante desse tipo de sinal. Entretanto, para que fosse possível a comunicação através da transmissão de uma informação, seria necessário primeiramente dominar técnicas capazes de gerar a informação na forma de sinal, além de transmiti-lo e detectá-lo, na forma de onda eletromagnética (GRAÇA, 2012).

O físico alemão Heinrich Rudolf Hertz merece um lugar de destaque no desenvolvimento do eletromagnetismo por ter realizado investigações experimentais que comprovaram questões relacionadas à propagação das ondas eletromagnéticas. Através de experimentos com bobinas ligadas a faiscadores, Hertz conseguiu observar que a emissão de faísca por uma bobina provocava o surgimento de faísca nos faiscadores de uma segunda

bobina. O aprofundamento de suas investigações teve como consequência o desenvolvimento de tecnologias que revolucionaram a história da humanidade como a invenção dos radares, rádio e televisores. As ondas de rádio, também conhecidas como raios ou ondas hertzianas, são ondas eletromagnéticas que compreendem as ondas AM, FM e de TV, cujo comprimento de onda é pequeno, e são transmitidas e recebidas por meio de antenas.

Quando ocorre uma transmissão radiofônica temos a geração, transmissão e recepção das ondas de rádio seguindo, de maneira simplificada, as seguintes etapas: o sinal sonoro emitido, que pode ser a voz de um locutor, é convertido em sinal elétrico por um microfone. Então a estação transmissora faz o papel de amplificar e modular (a amplitude ou a frequência) a onda gerada na forma de sinal, que se propaga por intermédio de uma antena com características próprias da emissão inicial, podendo ser captada por um aparelho pessoal conhecido como rádio. Com o aparelho de rádio é possível sintonizar, de acordo com a frequência do sinal a ser captado, essa onda modulada e transformar o sinal recebido em som, através de um alto-falante, com as mesmas características da onda sonora que atingiu o microfone na cabine de transmissão (PRADO, 1989).

Ou seja, o radioreceptor é um aparelho capaz de detectar e selecionar, através de sua antena receptora, as ondas que são irradiadas, através das antenas emissoras, das diversas estações de rádio, cada uma com sua frequência específica, e tornar esse sinal audível. Vale destacar que os sons audíveis aos ouvidos humanos possuem uma faixa de frequência entre 20Hz e 20.000Hz. Ondas com frequências inferiores à 20Hz são conhecidas como infrassom, enquanto que ondas com frequência acima de 20.000Hz são chamadas de ultrassom. Sabemos ainda que, enquanto os sinais de rádio se enquadram na categoria de ondas eletromagnéticas, o som é um tipo de onda mecânica. As ondas mecânicas, ao contrário das ondas eletromagnéticas, necessariamente se propagam em um meio material, ou seja, não se propagam no vácuo. Este tipo de onda pode ser classificado como longitudinal ou transversal, sendo o som uma onda mecânica do tipo longitudinal.

Ao longo dos anos o rádio vem passando por diversos momentos de mudanças e adaptações, encarando a necessidade de se reinventar para acompanhar os avanços que surgem devido a novas demandas de contexto social, político, econômico e, principalmente, tecnológico. Com o surgimento tanto da televisão quanto da internet, as emissoras de rádio de todo o país tiveram que avançar em alguns aspectos para garantir a permanência desse veterano meio de comunicação de massa no dia a dia dos seus ouvintes. A cada novo avanço tecnológico que atinge os meios de comunicação, é inevitável que se repense a respeito da forma como interagir com o público. Sobretudo, com a chegada dos aparelhos de celular, que incorpora

telefone, rádio, televisão e internet, em uma única plataforma, passamos a ter o hábito de realizar multifunções em instantes de tempo. Esse tipo de realidade exige uma nova rotina e a superação de diversos obstáculos por parte do rádio para se manter presente e atuante no cotidiano dos seus anunciantes e ouvintes.

A primeira transmissão oficial via rádio realizada no Brasil foi realizada em 7 de setembro de 1922, em um pronunciamento do então presidente da república Epitácio Pessoa em comemoração ao centenário da independência. Com o passar dos anos as emissoras de rádio foram surgindo e a audiência crescente tornou o rádio um meio de comunicação de grande impacto na sociedade. Um programa de destaque, que evidencia bem a ascensão do rádio, foi o “Repórter Esso”, apresentado pelo locutor Heron Rodrigues, estreou em 1941 e pode ser considerado como o primeiro noticiário com resumos das notícias veiculadas nos jornais impressos da época (MOREIRA, 1991).

A década de 40 é considerada a “época de ouro do rádio”, e as emissoras passaram a garantir maiores audiências com o início da rádio novela. Ainda durante o primeiro mandato de Getúlio Vargas, em 1935, foi iniciado um programa, em que o presidente e seus aliados faziam pronunciamentos sobre o governo, que passou a ser conhecido como “Hora do Brasil”. A partir de 1938, o programa passou a ser transmitido para todo o país, passando a ser chamado “Voz do Brasil”, como se mantém até os dias de hoje, em 1971. Nessa época, e durante várias décadas, o método de transmissão via rádio era realizado por meio da amplitude modulada (AM) que, graças ao seu longo alcance de sinal, atingiam quase todo o território do Brasil, levando, inclusive, as últimas notícias sobre os times de futebol carioca e paulista a todas as demais regiões por meio de rádios como Globo, Tupi e Record.

Em 1942, a empresa General Electric, nos Estados Unidos, desenvolveu os primeiros emissores de frequência modulada (FM), até então as transmissões eram efetuadas por meio de amplitude modulada (AM). A primeira emissora de rádio FM no Brasil foi a “Rádio Imprensa”, em 1955, época em que começaram a ser fabricados os primeiros aparelhos com receptores FM. Até a década de 80 as rádios FM ganharam espaço e se multiplicaram, enquanto as rádios AM perdiam popularidade. As rádios em AM possuem um grande alcance, porém sofrem maiores interferências, o que torna a qualidade do sinal menos interessante. Por outro lado, as rádios em FM, apesar de ter um alcance menor, possuem melhor qualidade de som, visto que o seu sinal é mais “limpo”. Hoje as emissoras de rádio em FM utilizam a faixa entre 87.7MHz e 107.9MHz (CALEBRE, 2002).

Em 7 de novembro de 2013 foi assinado um decreto 8139, pela então presidente da república Dilma Rousseff (Diário Oficial da União - Seção 1 - 8/11/2013, Página 1), que

autoriza a migração das rádios que operam em AM para a faixa das FM. A discussão a respeito da migração surgiu bem antes, graças a necessidade que as emissoras que operavam em AM sentiram de aprimorar e ganhar mais espaço na divulgação de seus serviços, buscando um lugar na faixa FM. Enquanto isso outras emissoras de rádio, que já surgiram no formato FM, se firmavam como importantes veículos de transmissão de informação, entretenimento e cultura por todo o país.

Em meio a todo esse processo de crescimento e consolidação do rádio no Brasil, surgiu a TV, no ano de 1950 trazida por Assis Chateaubriand, que fundou o primeiro canal de televisão (TV Tupi), com imagem em preto e branco, que encantava os brasileiros e passou a ser considerado o sonho de consumo das famílias. As primeiras transmissões a cores ocorreram em 1970, durante a copa do mundo de futebol, porém para poucos telespectadores. Graças a tantos avanços tecnológicos os televisores foram ficando cada vez mais sofisticados, surgiram as TVs com tela plana, de plasma e as LCD, com maior qualidade de imagem e som, com transmissões via satélite, e, além disso, tornaram-se cada vez mais populares nas residências e estabelecimentos em geral (BARBOSA, 2013).

Apesar desses avanços, em termos de aparelho de televisão, foi com a evolução para a tecnologia digital que testemunhamos as melhorias em termos de transmissão e recepção do sinal. Já se passaram mais de 11 anos desde o início da implantação da TV digital no Brasil em 2 de dezembro de 2007, em uma cerimônia realizada na cidade de São Paulo com um pronunciamento do então presidente Luiz Inácio Lula da Silva. Desde então foi realizada uma ampla campanha com informações a respeito das características e suas melhorias para o sistema de televisão como um todo. Com a popularização das informações, aos poucos foi sendo implantado esse novo formato de televisão no Brasil.

Entre os padrões de sinal possíveis de serem adotados o Brasil optou pelo ISDB-TB, que é semelhante ao padrão japonês ISDB-T (*Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial*) mas com um acréscimo de tecnologias nacionais que foram desenvolvidas em nossas universidades. Entre outras características, o padrão japonês possui como vantagem o fato de não oferecer custos ao usuário no que se refere a mobilidade e portabilidade. Um decreto de 2006 determinou que o desligamento do sinal analógico no Brasil fosse concluído até dezembro de 2018, tendo este desligamento iniciado em novembro de 2015. E assim, passamos por uma implementação que durou mais de uma década, desde o primeiro decreto (de novembro de 2003) que instituiu o Sistema Brasileiro de Televisão Digital – SBTVD, para que fosse esse um processo gradual com garantia de viabilidade de adesão de acordo com a renda de cada usuário. Para os usuários que possuíam os televisores que comportavam o sinal analógico, não

foi necessário efetuar a troca por um novo aparelho, os conversores de sinal fizeram a adequação. E os novos televisores passaram a ser fabricados com o conversor internamente (CRUZ, 2008).

Portanto, podemos ver que, apesar do rádio ser pioneiro na radiodifusão no Brasil, a TV saiu na frente no quesito digitalização do sinal. Sabemos que o rádio continua presente na vida dos seus adeptos fiéis e, assim, consegue seguir firme e forte como meio de publicidade e divulgação de informação. No entanto, o rádio continua no mundo analógico e a digitalização do seu sinal certamente poderia contribuir para melhorar ainda mais a qualidade do seu áudio, bem como proporcionar novas formas de interação com seus ouvintes, além de diversificar sua programação.

A grande vantagem do sinal digital frente ao analógico é a maior precisão nos valores de detecção, o que provoca uma menor oscilação no sinal e, portanto, melhora a qualidade em termos de clareza na informação transmitida. Além de necessitar de um tempo menor no processamento das informações, que são mais claras e diretas. De uma maneira bastante direta e objetiva, o sinal analógico segue um padrão contínuo, em que assume todos os valores intermediários em uma faixa de possíveis valores. São exemplos de sinal analógico grandezas físicas, tal como temperatura, que ao passar de um determinado valor fechado para outro, assume todos os valores intermediários (que chamamos cotidianamente de “valores quebrados”). Enquanto que o sinal digital assume apenas valores discretos, sem considerar os acréscimos intermediários, fazendo o “arredondamento” do valor adotado. No caso de uma leitura digital, um valor intermediário, por exemplo 6,2, seria lido (arredondado) como sendo 6.

Neste trabalho buscamos levantar o tema a respeito das mudanças e adequações que o rádio pode incorporar em sua forma de transmissão de sinal, no que diz respeito a corrida pelo domínio do sinal digital. No capítulo 3 é feito um paralelo entre o sinal analógico versus o sinal digital, destacando suas características e particularidades, com a finalidade de promover uma maior compreensão acerca das diferenças entre essas duas realidades. O capítulo 4 aborda as ondas eletromagnéticas, dando destaque para as ondas de rádio que são o centro da discussão, passamos por uma breve retrospectiva história a respeito dos principais fatos que contribuíram com a discussão até o formalismo atual que descreve esse tipo de onda. Ainda no capítulo 4, são apresentadas as características físicas das ondas de rádio, bem como uma abordagem a respeito da transmissão e recepção dos sinais. O capítulo 5 é voltado para o retrospecto da radiodifusão no Brasil e seus impactos ao longo dos processos de transformação sofridas. Para o capítulo 6 ficou reservada uma discussão a respeito dos tipos de sinais e padrões que

compatíveis para digitalização do sistema de rádio, dando enfoque principalmente na descrição técnica do sistema DRM bem como suas possibilidades de atuação de forma a fazer uso eficiente do espectro de frequências. No capítulo 7, é abordada a metodologia utilizada no desenvolvimento do trabalho, considerando de que forma foram realizadas as investigações e agrupamento de informações a respeito da realidade local no tocante ao atual cenário da radio transmissão local, bem como quais são as perspectivas dos profissionais das emissoras de rádio na cidade de Pau dos Ferros. O capítulo 8 apresenta os resultados que foram alcançados através da aplicação da metodologia apresentada, bem como as discussões a respeito do que é vivido e sobre quais são as expectativas a respeito da digitalização do rádio, sob a perspectiva das pessoas envolvidas com esse meio de comunicação. Finalmente, o capítulo 9 traz as conclusões que levam em consideração os aspectos técnicos e sociais, pensando o cenário de migração digital no contexto realístico com relação a situação geopolítica, econômica e tecnológica do país.

O fato é que a televisão e o rádio conseguiram se firmar no cotidiano dos brasileiros e até hoje se matem como grandes meios de divulgação de informação e conhecimento, graças à capacidade que têm de se reinventar, cada um dentro da sua realidade, e se adaptar diante das grandes revoluções tecnológicas que vem ocorrendo ao longo do tempo. Esperamos com este trabalho, despertar a discussão a respeito das possibilidades que as transmissões de rádio possuem em termos de digitalização do seu sinal. De que forma está o atual cenário local a respeito desse ingresso do rádio no mundo digital, e de que forma isto afetaria a realidade atingida por esse meio de comunicação.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar o modelo de sinal digital DRM como proposta de padronização no processo de digitalização do rádio no Brasil em contraste com o Sistema Brasileiro de Radiodifusão abordando aspectos de suas principais plataformas de comunicação, o rádio e a televisão.

2.2 Objetivos Específicos

- Apontar as principais características dos sinais analógico e digital.
- Avaliar o panorama histórico e atual do sistema radiofônico e televisivo.
- Descrever as principais características técnicas de funcionamento do sistema DRM.
- Apontar a percepção dos profissionais do meio radiofônico na cidade de Pau dos Ferros-RN acerca da discussão da digitalização do rádio e da televisão.

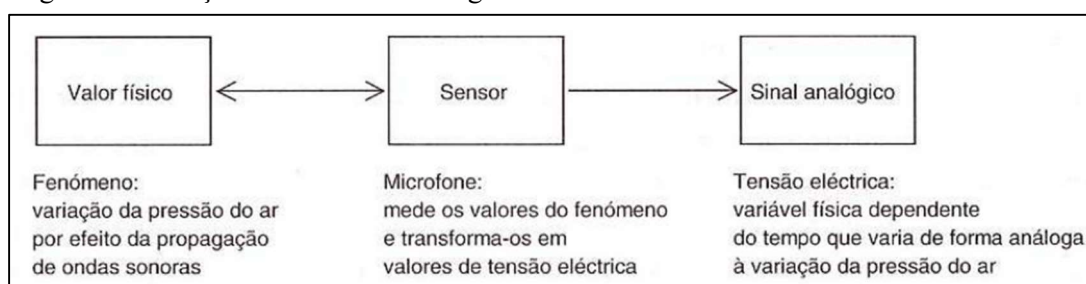
3 SINAIS E SUAS CLASSIFICAÇÕES

3.1 Sinal Analógico X Sinal Digital

Antes de apresentar conceitos mais complexos acerca dos sinais analógicos e sinais digitais é preciso contextualizar, relacionar e contornar os cenários de atuação bem como a natureza de cada um, visto que esses são os dois dos principais sinais utilizados nos sistemas de comunicação no Brasil e no mundo. As informações em forma de dados podem ser representadas de duas formas: analógica ou digital. A informação analógica corresponde a uma onda eletromagnética (HWEI, 2004) que pode assumir infinitos valores no tempo e é, portanto, um tipo de sinal contínuo (Figura 2.a). A representação numérica deste sinal assume todos os possíveis valores intermediários, ou seja, se um sinal analógico varia entre 0 e 10, ele assumirá todas as parcelas fracionárias dessa variação.

Os dispositivos analógicos são operados de forma manual e calibrados para representar grandezas específicas, como é o caso da balança de molas (Figura 3.a). Na balança, a resposta a um estímulo mecânico se dá pelo apontamento a um valor numérico que previamente fora disposto em uma escala no dispositivo. Portanto, esse valor obtido pelo sistema passou por interpretações analógicas diretas, pois o resultado obtido representa medidas de massa ou força, a depender da interpretação do usuário. A Figura 1 abaixo ilustra o processo de obtenção de um fenômeno físico até sua finalidade, nos casos em que o sinal é analógico.

Figura 1: Obtenção de um Sinal Analógico.



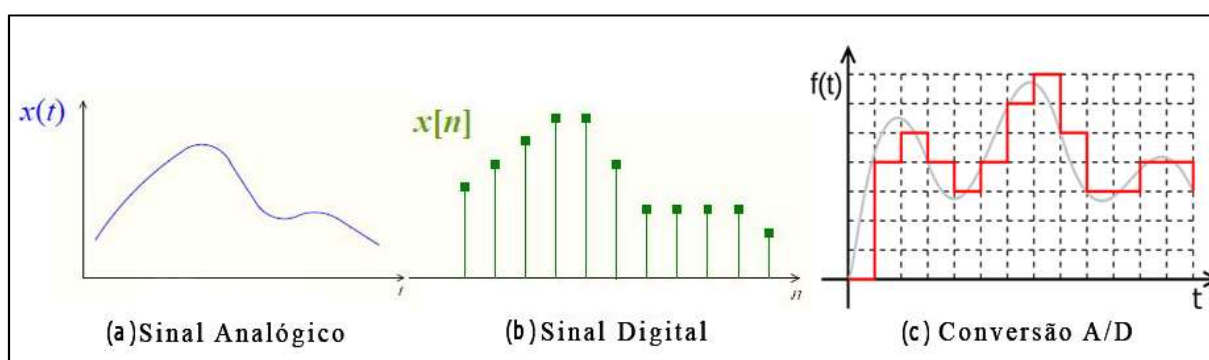
Fonte: CARVALHO (2006)

A obtenção de um fenômeno físico para representação analógica é feita, essencialmente, pelas três etapas descritas pela Figura 1. Na imagem, essas etapas ilustram a obtenção de um fenômeno físico cuja natureza diz respeito a ondas sonoras, em que está seria a primeira etapa do procedimento. Em seguida, é necessário a utilização de dispositivos que sejam capazes de capturar esses sinais em forma de valores numéricos e transformá-los em tensão elétrica, onde finalmente poderão ser representados de forma analógica de acordo com as características

herdadas pela variável dependente do tempo, a qual neste caso relaciona-se com a variação da pressão do ar que emergiu da propagação desse tipo de onda.

Já na informação digital, comumente a representação de dados é de forma discreta e possuem apenas um conjunto limitado de valores que podem ser assumidos, dentro da escala de tempo ou amplitude adotada. Geralmente tais sinais possuem uma representação em dois níveis (LATHI; DING, 2012). Além da representação analógica (figura 2.a), temos a representação com sinal digital (Figura 2.b) e esta pode, estar baseada na discretização de um sinal analógico (Figura 2.c) que nada mais é do que uma conversão analógico-digital por arredondamento. Por exemplo, se um sinal num sistema físico analógico assumir um valor de 4,25 em qualquer instante de tempo, ele poderá ser representado pelo valor discreto mais próximo, neste caso o 4. Adotado esse padrão, os sinais que variam de 4 a 4,5 serão representados pelo 4 e sinais que variam de 4,5 a 5 serão representados pelo 5.

Figura 2: Representação gráfica de um (a) Sinal Analógico, (b) Sinal Digital e (c) da Conversão A/D



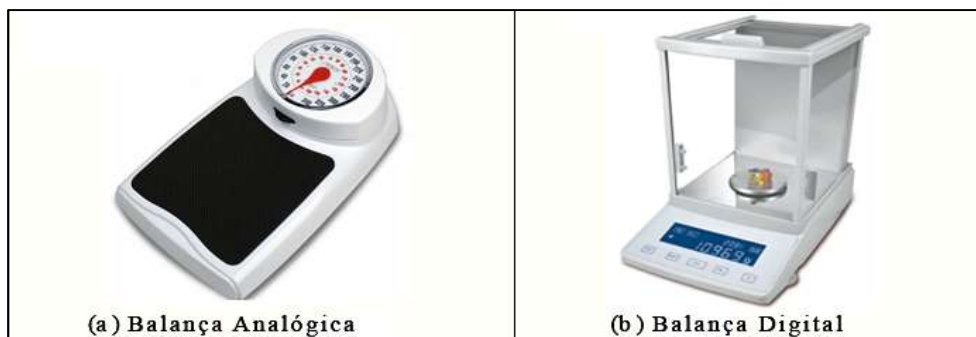
Fonte: Imagem retirada das notas de aula de Villanueva (2016) e adaptada pelo autor.

Isso significa que todas as informações que são manipuladas de forma digital sofreram um processo de conversão do sinal analógico para o sinal digital, isto é, os dados foram transmitidos do mundo externo para uma plataforma eletrônica que opera de forma simplificada e por consequência, prática.

Usando novamente o exemplo da balança podemos notar, através de um processo de conversão, o contraste entre uma mesma aplicação feita por esses dois tipos de sinais. Balanças que utilizam diferenciação de indução de corrente elétrica (Figura 3.b) em relação à pressão não apresentam resultados físicos que possibilitem a interpretação direta por analogia. Nesses casos, pode ser necessário o processo de digitalização do sinal analógico através de sua conversão para que os sinais possam ser modificados a fim de tornar o sinal interpretável para

o sistema. Esse processo de digitalização também é fundamental para a transmissão eficiente de sinais anteriormente analógicos.

Figura 3: (a) Balança Analógica e (b) Balança Digital.

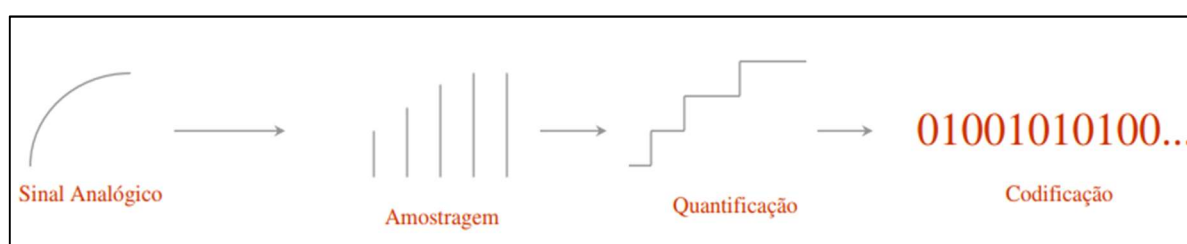


Fonte: Mecânica Industrial¹ (2012) e Que Conceito² (2019) – adaptadas pelo autor.

Carvalho (2006) diz que no processo de conversão A/D existem fases que são responsáveis pela modificação do sinal, bem como pela fidelidade das informações. Basicamente, o processo de digitalização é constituído pela amostragem, em que esta consiste no recolhimento de apenas um conjunto discreto de valores do sinal contínuo. Posteriormente, a fase de quantização, em que esta converte os valores recolhidos na amostragem, para um conjunto finito de valores. Finalmente, o processo chega na fase de codificação binária, em que cada valor é associado a uma representação binária.

Na Figura 4 é possível observar a transição das fases do processo de digitalização de um sinal analógico.

Figura 4: Fases do processo de digitalização de um Sinal Analógico.



Fonte: CARVALHO (2006)

Os conversores A/D são largamente utilizados em placa de aquisição de dados e controles de dispositivos, geralmente multifacetados e integrados a computadores (BRAGA, 2010). A exemplo, as conversas com o uso de voz através de dispositivos eletrônicos que nada mais são do que trocas de sinais anteriormente analógicos captados por microfones, digitalizados, transmitidos entre os sistemas para finalmente serem convertidos novamente em

¹ Disponível em: <<https://www.mecanicaindustrial.com.br/193-o-que-e-uma-balanca-mecanica/>>. Acesso em: 16 fev. 2019.

² Disponível em: <<https://queconceito.com.br/balanca-analitica>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

sinais analógicos e assim reproduzidos pelas mídias de áudio. Essas etapas possibilitam a reprodução, gravação, edição e transmissão dos dados referentes aos sinais analógicos (HAYKIN; VAN VEEN, 2001).

Entretanto, nesse processo existem perdas de informações geralmente não muito significativas levando em consideração a tecnologia atual. Ou seja, a praticidade proporcionada pelos dispositivos digitais é o principal motivo pela universalização desse tipo de sinal no máximo de sistemas de comunicação possível, de forma eficiente e que pondere também a viabilidade econômica.

De acordo com Ribeiro (2004), outras vantagens da digitalização estão voltadas para:

- Armazenamento: Um único dispositivo é capaz de armazenar todos os tipos de dados.
- Transmissão: A informação digital pode ser interpretada e tratada por computadores e outros hardwares, da mesma forma.
- Qualidade: O Sinal Digital é mais robusto, muito menos sensível ao ruído, podendo ser reconstituído sem que haja perda de qualidade de reprodução e transmissão.
- Erros: Mecanismos de melhor detecção e correção de erros.
- Segurança: Cifragem/decifragem das informações e dados, para assegurar segurança de forma mais simples.

Boa parte desses pontos garantem uma maior qualidade no transporte da informação, dado que o enfraquecimento do sinal ao longo do espaço percorrido é mínimo, os quais praticamente não são afetados pelas distorções, interferências e ruídos garantido a melhoria na informação recebida pelo usuário, sendo esta a evidência de benefício mais comum acerca do sinal digital. Essas características expressam resultados significativos quanto a utilização e eficiência de sistemas digitais, ao contrário dos sinais analógicos, pois os dados podem ser compactados permitindo diminuir o tamanho do arquivo, ocasionalmente economizando espaço em disco ou na largura de banda, uma vez que os conversores trabalham com largura de banda limitada à determinadas faixas de frequências como estudaremos mais detalhadamente no Capítulo 4.

De formal geral, tratando-se de eficiência nos sistemas de comunicação, o sinal analógico frente ao sinal digital torna-se pouco vantajoso pois, de acordo com Lathi e Ding (2012), num cenário prático de propagação de dados em canais de comunicação, a perda da fidelidade nas informações irão ocorrer devido ao alto número de oscilações, além de interferências e perturbações iminentes. Isso ocorre principalmente no âmbito das telecomunicações, o que dificulta o aprimoramento dessa engenharia mesmo com técnicas de

operações no domínio temporal como é o caso da amplificação de sinais analógicos (SANJIT, 2006).

3.2 Classificação de Sinais

A discussão dos conceitos básicos relativos aos sinais e aos métodos de processamento destes por sistemas requer, primeiramente, a definição formal e aplicabilidade, bem como os tipos de sinais a serem empregados no objeto de estudo. Tais se fazem necessárias para contornar a ampla variedade de contextos em que as noções de sinais e sistemas são empregadas.

Para Lathi e Ding (2012), sinal é um conjunto de dados/informações representáveis por funções de uma ou mais variáveis, que podem ou não possuir o tempo como uma variável independente. Esses sinais podem ser processados por sistemas, que são capazes de analisa-los e modifica-los. Assim, um sistema pode ser definido como uma ferramenta de processamento de um conjunto de sinais para produção de um outro conjunto de sinais, denominado conjunto de saída para que assim se possa empregar uma finalidade adequada para estas informações.

Os sinais cuja função tem o tempo como variável independente são chamados de sinais unidirecionais, entretanto, na natureza existem diversos tipos de sinais. Um exemplo clássico são os sinais para representar uma imagem de vídeo, que são caracterizados por uma função luminosidade com duas variáveis independentes associadas a posição (HIGUTI; KITANO, 2003).

- Sinais ordenados de acordo com o número de variáveis independentes (LA VEGA, 2018):
 - Unidimensional: Ex.: áudio = $f(t)$.
 - Bidirecional: Ex.: imagem = $f(x, y)$.
 - Tridimensional: Ex.: vídeo = $f(x, y, t)$.
 - Multidimensional: Ex.: tomografia/sismologia = $f(v_1(t), v_2(t), \dots, v_n(t), t)$.

Contudo, nesse contexto, a discussão se aplica apenas aos sinais unidimensionais.

Existem diversas classes de sinais. Abaixo estão listadas, em pares, as principais.

- I. Sinais em tempo contínuo e sinais em tempo discreto.
- II. Sinais analógicos e sinais digitais.
- III. Sinais periódicos e sinais aperiódicos.
- IV. Sinais de energia e sinais de potência.
- V. Sinais determinísticos e sinais probabilísticos.

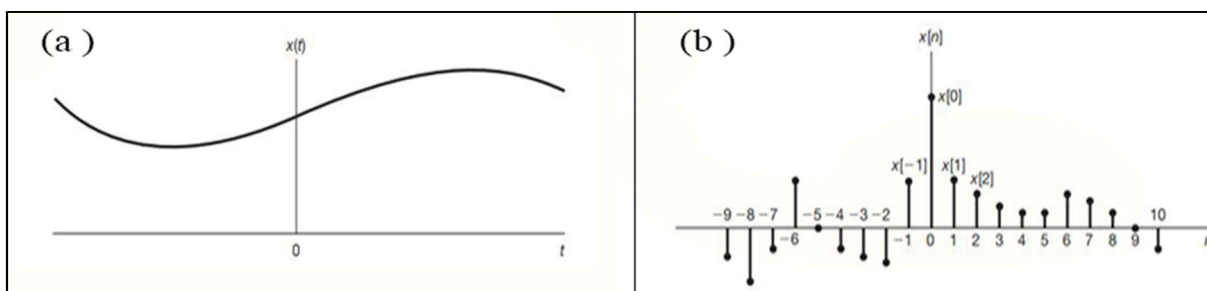
Para o estudo dos sistemas de comunicação referentes a esta pesquisa, apenas os sinais do tipo I e II serão considerados como fundamentação para a análise das ferramentas de manipulação destes, pois neste casos, em que os sinais são analógicos, todas as variáveis são contínuas, e nos casos em que os sinais são do tipo digital, todas as variáveis assumem valores discretos no processo de amostragem e quantização (LA VEJA, 2018).

3.2.1 Sinais em Tempo Contínuo e em Tempo Discreto

Já é de conhecimento que os sinais são capazes de representar uma grande variedade de conjuntos de informações referentes a fenômenos físicos. Embora possam se apresentar de diversas formas, de modo geral, a informação do sinal está contida em algum tipo de variação (OPPENHEIM; WILLSKY, 2014).

Tratando-se de sinais unidimensionais cuja função tem como variável independente o tempo, é possível estabelecer duas categorias de sinais. Um sinal que é definido em todos os seus valores do tempo t é denominado de sinal em tempo contínuo (Figura 5.a), ou seja, a variável independente é contínua e, portanto, esses sinais possuem valores da variável independente definidos em um conjunto também contínuo. Por outro lado, os sinais de tempo discreto (Figura 5.b) são definidos apenas em instantes discretos, logo, sua variável independente assumirá um conjunto discreto de valores.

Figura 5: Representação de um (a) sinal em tempo contínuo e (b) sinal em tempo discreto.



Fonte: Imagem retirada da obra de Oppenheim e Willsky (2014) e adaptada pelo autor.

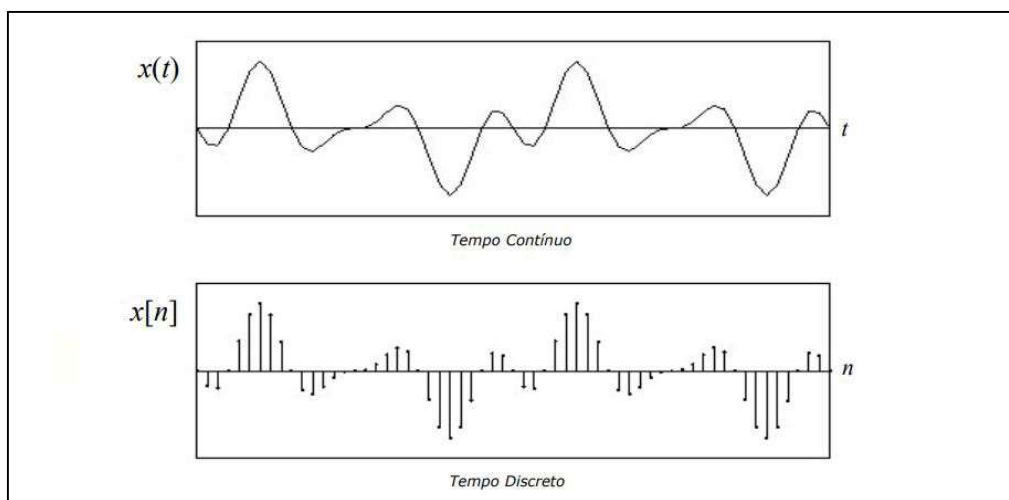
Na literatura, costuma-se representar com o símbolo t a variável independente de tempo contínuo, e n para representar a variável independente de tempo discreto. Para sinais de tempo contínuo, usa-se parênteses para representação da variável independente, enquanto para sinais de tempo discreto usa-se colchetes, como mostra a Figura 5 acima. É importante notar que o sinal de tempo discreto $x[n]$ é especificado somente para valores inteiros.

3.2.2 Sinais Analógicos e Digitais

Usualmente é comum confundir sinais analógicos com sinais de tempo contínuo, contudo os conceitos são diferentes pois, um sinal cuja sua amplitude pode assumir somente valores em um intervalo contínuo é um sinal analógico, e isso implica na possibilidade da sua amplitude assumir um número infinito de valores. Dessa forma, não necessariamente um sinal analógico está definido em tempo contínuo. A Figura 6 mostra um exemplo de um sinal analógico em tempo discreto.

Semelhantemente aos sinais analógicos é muito fácil confundir os sinais digitais, porém neste caso, a confusão é causada devido às semelhanças entre esse sinal com os sinais de tempo discreto. Neste caso, caracteriza-se como sinal digital aquele em que sua amplitude pode assumir apenas um conjunto finito de valores. O exemplo mais comum são os sinais digitais associados a computadores os quais assumem valores específicos de um conjunto, os sinais do tipo binário. Contudo, o conjunto de valores que um sinal digital pode assumir não se resume a conjunto de valores binários (LATHI; DING, 2012).

Figura 6: Sinal Analógico representado em tempo contínuo $x(t)$ e em tempo discreto $x[n]$.



Fonte: Imagem retirada das notas de aula de Villanueva (2016) e adaptada pelo autor.

O processo representado pela Figura 6 é eminentemente utilizado na etapa de conversão do sinal analógico para o sinal digital (conversão A/D).

Ainda em Lathi e Ding (2012), é possível observar que as particularidades na adoção dos termos “analógico” e “digital” descrevem o comportamento natural do eixo de amplitude do sinal, graficamente representado na vertical. Dessa forma, é importante ressaltar que, assim como os sinais digitais não são necessariamente em tempo contínuo, os sinais digitais não estarão necessariamente no domínio de tempo discreto.

4 ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

4.1 Breve História do Eletromagnetismo

O estudo do magnetismo associado a eletricidade proporcionou uma das maiores revoluções na ciência moderna, a unificação dos dois fenômenos recebeu o nome de eletromagnetismo. Essa inter-relação iniciou basicamente pelo cientista Hans Cristian Orsted (1820) e a partir das formulações matemáticas feitas por James Clerk Maxwell (1861) através de suas famosas equações, foi possível alcançar altos níveis de análises sobre as aplicações do eletromagnetismo (OKA, 2000). Em novembro de 1888 Heinrich Hertz, a partir de experimentos, comprovou o que antes Maxwell tinha provado apenas no papel, a existência das ondas eletromagnéticas, isto é, Hertz provava que a luz e as ondas eletromagnéticas são a mesma coisa (MARTINS, 2005) uma vez que estas podem ser polarizadas, refletidas e até quebradas (NUSSENZVEIG, 2002).

A importância da descoberta de Hertz se dá pelo fato de que além de constatar as previsões feitas por Maxwell, ele descobriu uma nova configuração característica de uma onda eletromagnética, que posteriormente passou a ser conhecida como onda eletromagnética de rádio, onde até então só a luz visível, os raios infravermelhos e ultravioletas eram as únicas configurações conhecidas para esse tipo de onda (HALLIDAY; RESNICK, 2012). Desde então, as aplicações tomaram proporções antes inimagináveis, e foi com a expansão da radiofonia que a utilização das ondas eletromagnéticas de rádio se tornou o fator propulsor para o surgimento da radiocomunicação (ALTOÉ; SILVA, 2005), bem como no avanço tecnológico de diversas áreas do conhecimento das ciências exatas, principalmente no setor das telecomunicações.

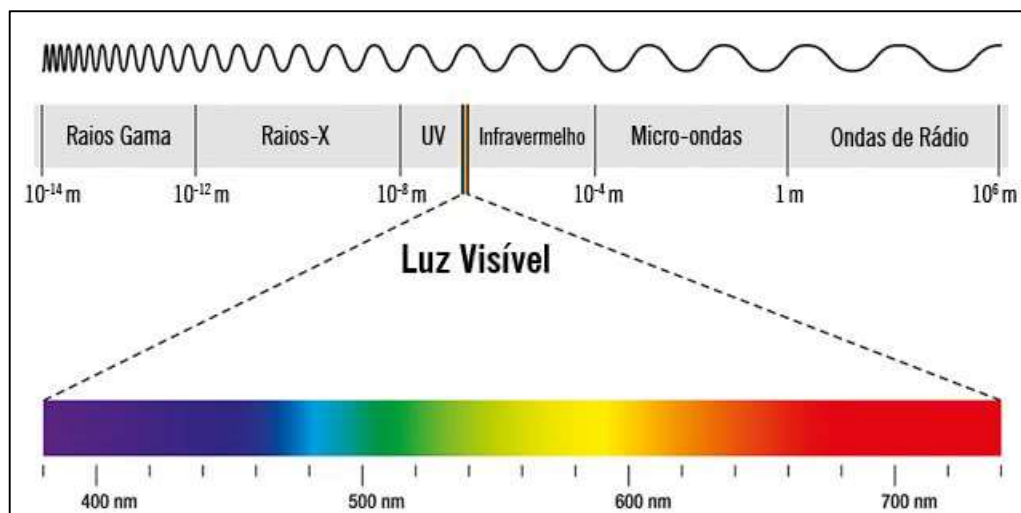
4.2 Características de uma Onda Eletromagnética

As ondas eletromagnéticas são ondas transversais geradas pela relação dos campos magnético e elétrico que se propagam, de forma perpendicular, no espaço um em relação ao outro. São ondas eletromagnéticas as ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, ultravioleta, raios-X, raios gama e a luz visível ao olho humano (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

Embora essas ondas não necessitem de meio específico para se propagar, é necessário conhecermos a faixa de atuação dos diversos tipos de ondas eletromagnéticas, e neste caso, essencialmente as ondas eletromagnéticas de rádio, pois é a partir dessas que se caracterizam os sinais analógicos utilizados em diversos sistemas de comunicação, a exemplo, nos sistemas de radiodifusão como a televisão e o rádio.

Essa faixa de atuação recebe o nome de espectro eletromagnético. Este representa subdivisões relacionadas a energia eletromagnética, que pode ser disposta de maneira contínua em função de sua frequência ou de seu comprimento de onda como mostra a Figura 7 abaixo.

Figura 7: Espectro Eletromagnético.



Fonte: Ilustração retirada de CARVALHO (2007) e adaptada pelo autor.

No espectro, as ondas de rádio ficam na extremidades direita. Essa região do espectro é a região utilizada por canais de TV e de rádio, e as sub-regiões representam as bandas de frequência específicas definidas por meio legais, através do governo de cada país, para fins comerciais e outros.

Todas as ondas possuem grandezas físicas, que são:

- Frequência (f): Representa o número de oscilações da onda num determinado período de tempo. A unidade no Sistema Internacional (SI) para frequência é o *hertz* (Hz), que é o número de oscilações por segundo.
- Período (T): É o tempo necessário para uma determinada fonte produzir uma onda completa, ou seja, o intervalo que é necessário para que um ponto vibrante percorra um ciclo completo. Existe uma relação entre frequência e período, e sua representação matemática é dada pelas Equações 1.1 e 1.2.

$$f = \frac{1}{T} \quad (1.1)$$

Ou ainda,

$$T = \frac{1}{f} \quad (1.2)$$

No SI, o período é medido em segundos.

- Comprimento de Onda (λ): Representa o tamanho de uma onda, medida crista a crista, do início até o final de um período ou de vale a vale da onda. No SI a unidade empregada é a unidade de comprimento, o metro.

No vácuo, para obter o comprimento de uma onda eletromagnética em metros, deve-se utilizar a Equação 1.3.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1.3)$$

Onde:

c = é a velocidade da luz (300.000 Km/s)

f = é a frequência em Hz

- Velocidade (v): A velocidade das ondas é definida pela razão entre a distância percorrida sobre o tempo gasto. No vácuo, a velocidade de uma onda eletromagnética é a mesma para qualquer frequência, que é a velocidade da luz c . No SI a unidade empregada para essa grandeza é a de comprimento sobre tempo m/s.
- Amplitude (A): É a altura da onda, a distância entre o eixo central da onda até sua crista. Quanto maior a amplitude, maior será a capacidade de transporte de energia.

4.3 Propagação de Ondas Eletromagnéticas de Rádio.

O funcionamento de equipamentos eletrônicos de rádio é baseado nas ondas *hertzianas* que, como vimos, são radiações eletromagnéticas da mesma natureza da luz. São inúmeras as aplicações possíveis que utilizam as ondas eletromagnéticas de rádio, uma vez que estas são capazes de transmitir, por milhões de quilômetros, sons, imagem e diversos tipos de dados. Embora a transmissão dessas informações ocorra de forma imperceptível pelos humanos, elas mudaram totalmente o panorama social tecnológico.

Abaixo estão listadas algumas das aplicações possíveis com o uso de ondas de rádio:

- Transmissões de TV e Rádio AM e FM;
- Telefones sem fio;
- Controles remotos e GPS;

Essas são apenas as principais aplicações, e dentre estas destacamos as transmissões de rádio AM e FM, pois a partir dos conceitos de modulação de informações através de ondas de rádio é que podemos ter uma noção ampliada do funcionamento de uma estação emissora de

ondas de rádio mas também dos dispositivos receptores, responsáveis pela sintonização numa determinada frequência pela detecção e amplificação dos sons, neste caso.

No que diz respeito a transmissão de sinais, sob a forma de ondas eletromagnéticas, é suportada em meios de propagação que podem ser guiados por fios de cobre, cabos coaxiais, e fibra óptica. Além destes meios, a transmissão também pode ser feita de maneira remota, que são os casos onde a propagação das ondas eletromagnéticas é feita de modo não guiado, pelo ar e pelo vácuo (RICARDO, 2003).

De acordo com Forouzan (2009), a conectividade pode ser feita ponto-a-ponto onde a ligação é feita entre dois dispositivos, ou multiponto, onde o meio é compartilhado por mais de dois dispositivos. É a partir desses meios de conectividade que os métodos de comunicação ou direcionalidade do fluxo de dados se configuram. São eles: *Simplex* – comunicação unidirecional – utilizada na televisão. *Half-Duplex* – comunicação bidirecional alternada – empregado nos radio comunicadores. *Full-Duplex* – comunicação bidirecional simultânea – que é o método de comunicação utilizado nos telefones.

No que diz respeito ao espectro das bandas de frequências, para utilização de dispositivos com essas características, é importante ressaltar que basicamente cada finalidade possui bandas específicas de atuação como podemos ver no Quadro 1 abaixo.

Quadro 1: Aplicações e bandas de frequência.

APLICAÇÕES	BANDAS DE FREQUÊNCIA
Rádio AM	535 kilohertz a 1.7 megahertz
Rádio FM	88 megahertz a 108 megahertz
Rádio de ondas curtas	5.9 megahertz a 26.1 megahertz
Canais de TV ³	54 a 88 megahertz do canal 2 ⁴ até o 6 174 a 220 megahertz do canal 7 até o 13

Fonte: BRITO FILHO (2014).

É intuitivo questionar como é feito a determinação da utilização dessas faixas de frequências para cada tipo de tecnologia. Não necessariamente essas determinações foram feitas de forma técnica. Historicamente houveram eventos os quais as bandas de frequências eram

³ Canais de TV cujo sinal é do tipo analógico.

⁴ Os canais são subdivisões das bandas de frequências para atuação dos sistemas de acordo com sua finalidade para faixas de frequências específicas.

determinadas aleatoriamente, devido ao surgimento progressivo de tecnologias que exigiriam esse tipo de especificação. Por exemplo, se questionarmos o porquê da banda de rádio AM ocupar a faixa de 550 kilohertz até 1.7 megahertz enquanto a banda de rádio FM vai de 88 a 108 megahertz?

Essas características se dão pelo fato de que a rádio AM é mais antiga do que a FM. As primeiras transmissões aconteceram em 1906 e a alocação dessas faixas ocorreu em cerca de 1920, duas décadas antes da criação da *Federal Communications Commission* (FCC), órgão regulador da área de telecomunicações dos Estados Unidos. Ou seja, de acordo com que iam surgindo as necessidades alocava-se bandas para tais. Quando as rádios FM se tornaram populares já datava-se a década de 60, e devido a esse fato as frequências que estas ocupavam eram mais altas, como ainda são até os dias atuais (BRAIN, 2000).

No Brasil, o órgão responsável pelas regulamentações é a ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações). Compete à Anatel a elaboração de atos normativos de atribuição, destinação e condições de uso de faixas de radiofrequências. Ao regulamentar as condições de uso de radiofrequência, a Anatel observa as normas gerais estabelecidas no Regulamento de Uso do Espectro (RUE) e determina parâmetros técnicos para faixas específicas.

4.3.1 Transmissão, Modulação e Recepção de Ondas de Rádio

O funcionamento do rádio baseia-se em ondas eletromagnéticas propagadas no espaço, que por assumirem diferentes comprimentos são classificadas em ondas curtas de alta frequência ou ondas longas de baixa frequência (AM ou FM), cuja classificação dá suporte a implementação dessas frequências a depender de cada aplicação.

De acordo com Brain (2000), o funcionamento básico dos sistemas de comunicações possui dois componentes essenciais:

- I. Transmissor – É um dispositivo composto por um gerador de oscilações, que converte a corrente elétrica em oscilações de uma determinada frequência de rádio, ou seja, em altas taxas de oscilações; um transdutor que converte a informação a ser transmitida em impulsos elétricos equivalentes a cada valor e um modulador de frequências, que é responsável por controlar as variações na intensidade de oscilação ou na frequência da onda portadora.

Quando a amplitude da onda portadora varia segundo as variações da frequência e da intensidade de um sinal sonoro, denomina-se modulação AM. Já quando a

frequência da onda portadora varia dentro de um nível estabelecido a um ritmo igual à frequência de um sinal sonoro, denomina-se modulação FM.

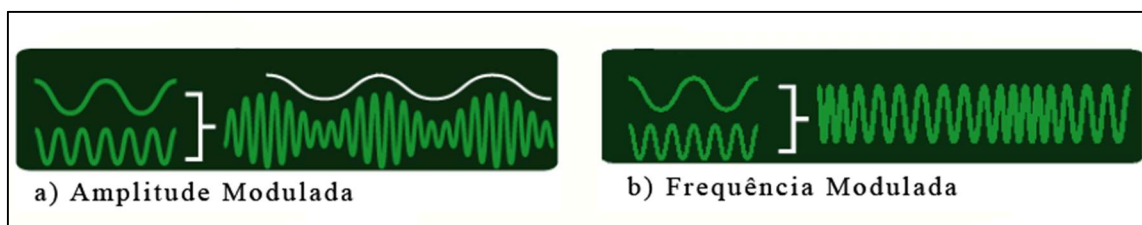
- II. Receptor – Possui uma antena para captação das ondas eletromagnéticas e convertê-las em oscilações elétricas; amplificadores que cumprem o papel de aumentar a intensidade das oscilações captadas; dispositivos demoduladores; alto-falante para converter os impulsos em ondas sonoras.

Contudo, para a transmissão de ondas rádio é necessário modular a onda de algum modo para que as informações sejam codificadas nela, para que então o dispositivo receptor seja capaz de decodificá-la e reproduzir as determinadas informações. Há duas maneiras de modulação de ondas muito comuns e usuais.

A primeira maneira é pelo método da Amplitude Modulada. Esse método é largamente utilizado em estações de rádio AM e em imagens nos sinais de TV para codificação dos dados. Como o nome sugere, nesse método o estado da amplitude pico-a-pico da onda é alterado. Um exemplo muito clássico de codificação usando esse método é a sobreposição de ondas na qual a onda senoidal produzida pela voz de uma pessoa é colocada sobre a onda senoidal do transmissor, para que então sua amplitude seja modificada como mostra a Figura 8.a.

O segundo método é o de Frequência Modulada. As estações de rádio FM e diversas outras tecnologias de comunicação sem fio utilizam frequência modulada devido a melhor fidelidade das informações transmitidas, sendo sua principal vantagem a alta imunidade ao ruído. Na FM, a frequência da onda emitida sofre taxas de variações muito elevadas e essas variações são baseadas no sinal das informações, como ilustra a Figura 8.b.

Figura 8: Modulação AM e FM.



Fonte: Imagem retirada de Brain (2000) e adaptada pelo autor.

Uma vez modulada, a onda transmitida irá propagar as informações até os destinatários.

5 RADIODIFUSÃO: CONTEXTO HISTÓRICO DOS SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES NO BRASIL

5.1 O Rádio

O surgimento da radiofonia ocorreu no final do século XIX através do advento das ondas eletromagnéticas, impulsionando as telecomunicações por todo o mundo. No ano de 1895, em Londres, Guglielmo Marconi efetuou a primeira transmissão de rádio, dando o pontapé inicial para a difusão de um dos sistemas de comunicações mais importante até os dias atuais, que modificou as dimensões mundiais das telecomunicações. No Brasil, os primeiros relatos acerca das transmissões de rádio são originados pelos experimentos do padre gaúcho Roberto Landell de Moura, em 1893 através da transmissão e recepção sem fio entre a Avenida Paulista e o Alto de Santana, em São Paulo (TRINDADE; TRINDADE, 2004).

Os experimentos de Landell mostravam um alcance de aproximadamente oito quilômetros, mas com o intuito de aprimorar a capacidade e alcance de suas transmissões, ele continuou a trabalhar em seus experimentos principalmente com a utilização de ondas curtas, que ocasionalmente acarretavam no aumento do alcance de suas transmissões. Apesar destes marcos históricos, foi apenas em 1922 que a era do rádio brasileiro fora inaugurada, através da Exposição do Centenário da Independência onde foi montada, no alto do Morro do Corcovado, a estação de experimental Rádio Corcovado (BRAZ; MEIRELES, 2012).

A mobilidade e acessibilidade ocasionadas pelo rádio tornou-se o principal meio de comunicação dos brasileiros, em que as mensagens radiofônicas se tornaram o veículo fonte de informação social, sendo muitas vezes a única fonte possível, uma vez que as transmissões possibilitam um alcance não exclusivo mesmo no contexto social e financeiro, ao contrário da mídia impressa daquela época. Esse conjunto de fatores fez com que o rádio caísse nas graças da população, pois este não respeita barreiras nem limites territoriais, sendo capaz de unir todos os sujeitos numa mensagem, mesmo que estes estejam separados geograficamente (McLEISH, 2001).

No início, as programações eram basicamente voltadas a programas culturais e educativos, mas com a popularização vários formatos foram criados para atender todos os públicos. O entretenimento oferecido se configurava por programas esportivos, radionovelas, programas jornalísticos e de auditório, gerando públicos expressivos. Devido a essa longa ascensão do rádio no topo das telecomunicações nacionais, logo surgiu-se os interesses publicitários quanto a divulgação de marcas e produtos com o intuito de aumentar as relações comerciais bem como adquirir um número maior de consumidores, com isso os investimentos,

que até então eram focados nas mídias impressas, tomaram lugar nas radiodifusões (ORTRIWANO, 1985).

Apesar da soberania da era radiofônica, esse posto ocupado pelo rádio passou a ser ameaçado com o surgimento da televisão. Em 1950 o surgimento de uma nova tecnologia, um tubo catódico capaz de exibir sons e imagens de forma simultânea, culminava num redirecionamento dos investimentos causando drástica redução das receitas das estações de rádio. Esse era apenas o primeiro sinal das futuras modificações no cenário da telecomunicação brasileira.

Prata (2008) diz que o potencial publicitário oferecido pelos sistemas televisivos exigia da televisão um formato tão eficiente quanto aos formatos oferecidos pelo rádio, entretanto, e o método mais ágil e eficaz de oferecer tais níveis era reproduzir os formatos já existentes e empregados pelo rádio. Basicamente, sugeriu-se colocar o rádio na televisão, isto é, os programas televisivos seriam cópias dos principais programas radiofônicos.

De forma não linear, o rádio passou por diversas reconfigurações e por causa disso que a radiofonia se consolidou entre os meios de comunicação, mesmo com a televisão se apresentando como uma plataforma potencialmente significativa dentre os sistemas de comunicação do país. Um dos fatores que contribuiu na resistência do rádio na luta pelo espaço comunicativo está ligado a mobilidade proporcionada pela tecnologia, essencialmente pelo surgimento do transistor, fazendo com que o rádio se fizesse presente com ainda mais flexibilidade e acessibilidade em diversos lugares do mundo.

Em resumo, a tecnologia do transistor permitia a ampliação dos sinais elétricos através do uso de materiais semicondutores compostos de gerânio. Graças ao crescimento exponencial da eletrônica analógica, o emprego do transistor também possibilitou uma mudança física nos aparelhos de rádio, onde substituíam-se as válvulas enormes, e que consumiam muita energia (FERRARETTO, 2001), além da fonte de alimentação que passaria a ser ocupada apenas por pilhas, garantindo mobilidade à plataforma (LOPEZ, 2009). Essas mudanças dispensava o grande volume de fios, e permitia o consumo individualizado da mídia radiofônica.

Lopez (2009) ainda ressalta que a partir desse momento, os quadros e programas poderiam acompanhar para qualquer lugar os seus radiouvintes em suas tarefas diárias. Essas novas práticas levou o rádio a um patamar acima ao que antes ocupava, uma vez que deixaria de ser apenas um entretenimento centralizado e familiar, para ser uma espécie de objeto de companhia ao ouvinte, tudo isso devido a transistorização, por assim dizer. No entanto, vários outros fatores tecnológicos contribuíram com grande relevância na consolidação do rádio. As invenções tecnológicas e de dispositivos tomou diversas finalidades nessa plataforma, a

exemplo os gravadores magnéticos, o próprio transistor, a frequência modulada e as unidades móveis de transmissão (ORTRIWANO, 2002-2003 *apud* LOPEZ, 2009).

Atualmente, o sistema de comunicação radiofônico opera em sua totalidade em FM, técnica aqui mencionada na seção 3.3.1. Desde o surgimento do rádio as estações operavam através da tecnologia AM, uma técnica tão antiga quanto a história da telecomunicação brasileira. Contudo, como dito, as reconfigurações não-lineares do rádio permitiam, na maioria das vezes, uma adaptação ao que se era novo no mercado tecnológico e foi a partir dessas mudanças que a técnica de frequência modulada teve sua regulamentação, em 1960, para uso nas estações de rádio (BRAZ; MEIRELES, 2012).

Devido a relativa qualidade na transmissão dos sinais, a modulação FM ganhou espaço rapidamente, enquanto a modulação AM perdia força devido suas desvantagens frente a essa nova tecnologia. Neste cenário, já se imaginava que a tendência da audiência do rádio indicaria uma queda pela preferência às rádios AM, principalmente pela má qualidade do som que chegava ao radiouvinte com muitos ruídos e interferências, muitas vezes afetando a mensagem (PRATA, 2008).

Como esperado, a migração das rádio para a tecnologia FM foi concretizada, e teve como marco regulamentário o Decreto nº 9.271 publicado pelo Diário da União em 25 de Janeiro de 2018 que outorgava a migração das emissoras de rádios que operavam em AM à FM, que naquele momento contabilizavam-se 1.781 rádios que ainda operavam em AM, onde 1.332 destas já haviam solicitado a migração, restando cerca de 449 emissoras as quais tinham um prazo de 180 dias para solicitar tal mudança (TELE SÍNTESE, 2018).

As novas tecnologias da informação e da comunicação permitiu que o rádio se reinventasse, adaptando-se à diversos dispositivos e formatos tecnológicos, sempre em busca de melhorias e expansão do alcance da informação bem como sua qualidade. A rede mundial de computadores possibilitou, ainda, a inserção do rádio nas plataformas *web* de forma a operar *online* numa programação segmentada capaz de atender públicos específicos. Apesar do casamento entre rádio e *internet* ter se mostrado muito promissor, outros fatores influenciam diretamente os meios de comunicações pelas novas tecnologias, alterando suas características de produção, transmissão e recepção de seus conteúdos.

No momento presente, o rádio enfrenta grandes desafios no que diz respeito a inclusão tecnológica, que neste caso diz respeito a transmissão digital. Desde a criação do transistor a plataforma de comunicação radiofônica passa por reconfigurações gradativas, enfrentando entraves políticos, culturais e econômicos, e tais fatores operam de forma a retardar cada vez mais o processo de inclusão tecnológico. Mais uma vez o rádio vê os investimentos publicitários

e governamentais se voltarem para a televisão, principalmente pela integralização total do sinal digital ISDB-T como padrão nacional na transmissão digital televisão.

O processo de digitalização do rádio ainda vem sendo bastante discutido no âmbito nacional apesar de ter perdido um pouco da força de debate nos últimos anos, pois ainda existem divergências de opiniões principalmente entre a ANATEL e o governo acerca de qual padrão de sinal utilizar. Em meio a isso, o padrão DRM (Digital Radio Mondiale) destaca-se mundialmente pela sua eficiência e eficácia comprovadas, principalmente pelo continente europeu onde esse padrão é largamente utilizado. Porém, existem outros padrões em funcionamento, como é o caso do sinal HD Radio oficialmente adotado pela Comissão Federal de Comunicações dos Estados Unidos (ABERT, 2012).

Recorrentemente têm-se dito que a transição digital das plataformas tradicionais está acelerando através da convergência entre si, embora o processo de digitalização da informação esteja em pleno andamento, trazendo perspectivas a prazos cada vez mais curtos, e em muitos casos tornando-se realidade, como observamos no sistema televisivo que está integralmente em funcionamento digital. Há uma série de fatores que implicam convergência entre as plataformas bem como os produtos, serviços e informações que estas oferecem.

Nessa conjuntura, a convergência implica mudanças nos serviços de informação e comunicação, *marketing*, negócios e consequentemente na interação com a sociedade. Isto é, o mesmo conteúdo ser disponibilizado em plataformas diferentes, de várias formas (texto, áudio, vídeo e até de forma interativa). Essa variedade de possibilidades também implica numa reestruturação na indústria midiática, na forma que estas operam no processamento da informação a fim de levar o entretenimento ao público que consomem tais serviços. Apesar de gradativo e de enfrentar muitos empecilhos, a configuração de um novo corpo integrador, moderno e eficiente se faz necessário uma vez que com a tecnologia adequada, as plataformas tradicionais, essencialmente o rádio, poderão oferecer novas possibilidades à população.

5.2 A Televisão

A televisão brasileira surgiu em 1950, mais precisamente no dia 03 de abril, em instalações simples no estado de São Paulo. O pioneirismo das transmissões televisivas no Brasil é atrelado a Assis de Chateaubriand, impulsionador do movimento e da inauguração da TV Tupi-Difusora em 18 de setembro daquele mesmo ano (TRINDADE; TRINDADE, 2004). Chateaubriand teve inúmeras contribuições relativas para a televisão brasileira e da América Latina.

Gradativamente os aparelhos se faziam presentes nos lares brasileiros, fazendo com que em 10 anos de funcionamento já se contabilizasse um alcance de duzentos mil lares em todo o território nacional (ALENCAR, 2007). O surgimento dos sistemas de televisão no Brasil ocorria no auge das transmissões de rádio, até então o veículo de comunicação mais popular do país, pois a radiodifusão estava em total ascensão e passando por grandes marcos regulatórios (CASTRO, 2014), enquanto no decorrer dos anos a evolução da televisão mostrava-se paulatina (SOUTO; MENDONÇA, 2013).

Contudo, a televisão brasileira sempre esteve atrelada a determinadas características, em que muitas destas se perpetuam até os dias atuais apesar dos inúmeros processos evolutivos e regulatórios. Características como o funcionamento integralmente em âmbito urbano por parte das emissoras e retransmissoras, como o controle acionário direcionado essencialmente ao lucro, e a posse de maior parte das emissoras a poucos grupos familiares, com exceção das emissoras estatais. As implicações ocasionadas por essas particularidades fizeram com que o sistema de radiodifusão brasileiro, tradicionalmente privado, passasse por diversas etapas até a inclusão do Estado na tomada de decisões, ocupando as lacunas advindas da livre iniciativa, e assim dando surgimento aos canais educativos, por exemplo (MATTOS, 2010).

De acordo com Mattos (2013), o crescimento da televisão passou a ser associado ao favoritismo político devido a concessão de licenças para exploração de canais sem um plano preestabelecido. Por ser público, o sistema brasileiro de radiodifusão sempre esteve sob comando governamental, mesmo com as empresas privadas que agregam o sistema. A partir disso, a organização das estruturas começou a se estabelecer e com isso os índices de qualidades mostravam-se significativos, justificando o alto nível dos serviços e até a competitividade no mercado internacional, onde as emissoras já exportavam seus programas para diversos países, consequentemente globalizando o sistema brasileiro.

Em contrapartida, a televisão encontrou não tardiamente muitos desafios enquanto coadjuvante no cenário mundial, pois novas perspectivas tecnológicas e reformas de mercado surgiam visando alterar a prestação dos serviços de telecomunicações e de sua estrutura monopolística para o mercado concorrencial. Ou seja, imposições sobre a televisão brasileira eram empregadas, visto que adaptações eram necessárias às novas etapas que estavam em desenvolvimento no mundo para que as emissoras continuassem no páreo. Isto é, a ascensão da internet, dos canais privados de televisão, e principalmente da tecnologia digital (MATTOS, 2010).

Bolaño e Vieira (2004) ressalta que esse cenário implicou em altos investimentos e reestruturação das emissoras de televisão do Brasil, mas também do governo, uma vez que o

sinal analógico deixaria completamente de ser utilizado em cenários não muito distantes para que o sinal digital ocupasse o papel de padrão nacional. E assim o Brasil começou a dar os primeiros passos rumo a digitalização, sendo os primeiros testes realizados em março de 2000 nos laboratórios da Universidade Presbiteriana Mackenzie no estado de São Paulo. Os aparatos tecnológicos e demais recursos utilizados no laboratório foram cedidos pela NEC do Brasil em firmação de um Convênio de Cooperação Tecnológica com o Grupos Abert/SET.

A ANATEL teve o papel de reunir empresas de radiodifusão interessadas para a realização dos testes, a fim de discutir questões associados as etapas de aplicação dos testes, mas também o papel de anunciar a contratação da Fundação do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento (CPqD) para assessorar na validação dos métodos empregados nos testes desenvolvidos em laboratório, bem como analisá-los e esboçá-los num relatório que propunha um plano de implementação do sistema digital no Brasil, abordando sua regulamentação que o futuro novo padrão exigiria, bem como seus impactos socioeconômicos (BOLANHO;VIEIRA,2004).

Foram testados três padrões de sinais digitais, são eles:

- Padrão norte-americano *Advanced Television System Committe* (ATSC)
- Padrão europeu *Digital Video Broadcasting* (DVB-T)
- Padrão japonês *Integrated Services Digital Broadcasting Territorial* (ISDB-T)

Somente em 26 de novembro de 2003, a partir da assinatura do então presidente da república Luis Inácio Lula da Silva através do Decreto 4.901 foi que as definições acerca de um sistema próprio de televisão seriam criadas, o Sistema Brasileiro de Televisão Digital Terrestre (SBTVD-T). Já em 2006, estabeleceu-se o Decreto de nº 5.820 de 2006 que dispõe sobre SBTVD-T que descreve e estabelece as diretrizes para a transição do sistema de transmissão analógica para o sistema de transmissão digital do serviço de radiodifusão de sons e imagens e do serviço de retransmissão de televisão.

O padrão ISDB-T foi elegido com a premissa de atender necessidades características do Brasil (SOUTO; FERNANDES, 2009), e baseado nisto o padrão Japonês (ISDB) foi o que mais se destacou por viabilizar a acessibilidade, flexibilidade, portabilidade e conteúdo em alta definição, sofrendo algumas adaptações (ISDB-Tb) pontuais para desenvolvimento de um sistema interativo capaz de apresentar resultados positivos no que se refere a alcance territorial e fatores socioeconômicos atrelados a um país em desenvolvimento (WINCK FILHO; BEVILAQUA, 2014).

Depois de quase duas décadas desde os testes e adaptação através da implantação do padrão de sinal a ser utilizado em âmbito nacional, o processo de integração total do sinal digital na televisão brasileira está se concretizando no início de 2019. Esse período representa não somente a evolução dos meios comunicativos no país, pois de acordo com a evolução dos testes e normatizações, outros questionamentos e problemáticas surgiam no mercado e no jogo político-econômico no que se concernia às bandas de frequências e canais de transmissões a serem concedidas para a utilização do sistema digital. Além disso, por consequência, o sinal analógico em detrimento a outras tecnologias mais recentes deixaria de ser tão visado quanto antes, mas ainda resistindo em outros sistemas de comunicação, que é o caso do Rádio.

Em relação as políticas públicas e regulamentações voltadas para o setor brasileiro de telecomunicações, é sempre importante enfatizar que o espectro de radiofrequências apesar de ser muito abrangente e não respeitar limitações geográficas, é um recurso limitado e constitui-se como bem público. Até aqui, já sabemos que cabe a ANATEL manter plano com a atribuição, distribuição e destinação de radiofrequências com detalhamento necessário ao uso das faixas associadas aos diversos serviços e atividades de telecomunicações com a finalidade de atender as necessidades específicas. Mas como já citamos, tal atribuições se deram devido as diversas mudanças ocorridas no setor das telecomunicações brasileiras, especificamente devido aos marcos regulatórios que deram origem a Lei Geral das Telecomunicações (LGT) através da Lei nº 9.472 de 16 de julho de 1997.

Em Rodrigues (2008), é possível notar que o jogo político e econômico sempre circundou as políticas de concessões das faixas de radiofrequências. Tomé (2008) em entrevista concedida a Rodrigues (2008), diz que as emissoras atreladas a Associação Brasileira de Emissoras de Rádio e Televisão (ABERT) sempre deixaram muito claro que as expectativas e interesses sempre estiveram direcionadas para a ampliação dos negócios. Em contradição, os movimentos sociais defendiam a necessidade de introdução da tecnologia digital na democratização das comunicações, na inclusão social e na criação de oportunidades de emprego.

Além disso, o Decreto de nº 5.820 dispôs que até 31 de dezembro de 2018 a desativação do sinal analógico no país deveria ser concretizada. Com isso, o Ministério das Comunicações por meio da Portaria de nº 1581, de 09 de Abril de 2015 definiu um cronograma destinado ao desligamento do sinal analógico dos municípios, em que as atividades iniciavam-se em 29 novembro de 2015 e seriam finalizadas em 25 de novembro de 2018, e com isso expediu-se informações acerca das cidades afetadas pelo desligamento do sinal, o qual deveria ser feito em

agrupamento com as principais cidades, na sua maioria capitais, de forma a agilizar todo o processo.

Como referido, o ISDB-Tb é o padrão brasileiro de transmissão para a radiodifusão digital terrestre. É uma adaptação do modelo ISDB-T criado no Japão, e se adequa melhor as características e fatores que retratam o cenário brasileiro, sejam eles sociais, geográficos ou políticos. O diferencial da plataforma ISDB-T é que ela oferece possibilidades de cobertura como: rádio, transmissão de dados e televisão. Logo, esses meios podem ser transmitidos de forma independente e até em muitas diferentes combinações, além de ser possível utilizar recursos HDTV, SDTV, áudio e texto como forma de integração de melhorias de experiência e interatividade ao consumidor do conteúdo. Além disso, existe a possibilidade em que os dados podem serem transmitidos contendo os mesmos programas em menor qualidade e utilizar menos largura de banda para o equipamento eletrônico receptor.

A modulação é realizada utilizando um método de “multiplexação por divisão ortogonal de frequência codificada” chamado de COFDM, em modo 2k, 4k e 8k. O canal de 6 MHz é dividido em 13 bandas ou segmentos secundários, que espectro OFDM podem ser combinados para gerar outros grupos de segmentos, e essas camadas possibilitam a transmissão hierárquica com o padrão do tipo ISDB-Tb (ROHDE&SCHWARZ, 2018).

Apesar do sinal ISDB-Tb já ser realidade no país, ainda existem abordagens necessárias a serem discutidas, principalmente para com o usuário do padrão adotado pelo governo. A evolução e implementação desse novo sistema está gerando uma imensa revolução não somente no âmbito da telecomunicação brasileira, mas também a níveis acadêmicos e de mercado pois grandes movimentações foram articuladas para a implantação e substituição de aparelhos eletrônicos adequados para a captação do sinal de forma eficiente.

6 SINAIS DIGITAIS DE RÁDIO

A era digital chegou, e com ela muitas possibilidades na forma em que a informação é transmitida. Os modelos de sinais digitais permitem a transmissão simultânea de dados para dispositivos receptores ou em outras plataformas que dão o mesmo suporte como *smartphones*, e a própria Internet. Uma característica comum dos dispositivos de rádio digital é a visualização da informação através de um visor LCD, uma vez que informações de texto poderão ser emitidas aos ouvintes, como previsão do tempo, listagem de estações e frequências de rádio, e até informações de trânsito (TAVARES, 2009). Apesar de todas essas reconfigurações benéficas que a era digital impõe aos mecanismos de comunicação do país, têm-se observado

que a maior dificuldade está relacionada a escolha da tecnologia a ser implementada em território nacional.

De acordo com Pereira et al (2010), a dúvida em relação a regulamentação de um modelo padrão para a digitalização do rádio girava em torno de quatro tecnologias, as quais já estão em uso há algum tempo em países europeus e também pelo Estados Unidos. São eles: o ISDB-TSB (*Integrate Seviles Digital Broadcasting – Terrestrial Sound Broadcasting*), o modelo Eureka 147 – DAB (*Digital Áudio Broadcasting*), e os mais populares IBOC HD-Radio (*In Bando on Channel Definition Radio*) e DRM (*Digital Radio Mondiale*).

A tecnologia japonesa ISDB-TSB foi desenvolvida na década de 1990, derivada do modelo ISDB-T elaborado para a TV Digital. Pelo fato de que os *softwares* desses modelos serem muito semelhantes, eles são capazes de interagir entre si, possibilitando uma atuação conjunta enquanto padrões vigentes num território. Entretanto, no Brasil utiliza-se um *software* (Ginga) desenvolvido para as características do país, isto é, apesar do modelo ISDB-T ser compatível, seria incoerente adotar o modelo japonês de áudio digital. Isso implica numa grande perda de potencial das transmissões, dado que as faixas de frequências adequadas a esse modelo são de VHF (*Very High Frequency*) e UHF (*Ultra High Frequency*) que são faixas incompatíveis com as transmissões analógicas. Isto significa que, no processo de transição entre uma tecnologia e outra apenas dispositivos receptores digitais iriam receber os sinais, limitando praticamente a totalidade nacional que utiliza o sistema radiofônico. Apesar do modelo para a TV Digital não ter apresentado tais problemas, foi possível notar quão lento é as etapas de transição da tecnologia analógica para a digital (BRAZ; MEIRELES, 2012).

O sistema europeu mais tradicional é o Eureka 147 – DAB, desenvolvido em 1980. Similar ao modelo ISDB-TSB, ambos modelos apresentam características muito semelhante no que diz respeito à qualidade da informação, mas também acerca da transmissão conjunta, ou seja, simultânea digital-analógico. Além disso, o modelo europeu foi desenvolvido para implementação em estações emissoras públicas, característica essa que se apresenta como minoria no Brasil, uma vez que a maiorias das emissoras de rádio no Brasil estão associadas a fins comerciais (PEREIRA et al, 2010).

Existe ainda o sistema americano HD Radio, e é utilizado como padrão na transmissão digital de rádio nas faixas AM/FM nos Estados Unidos. O sistema usa a técnica de modulação OFDM e pode funcionar, de forma simultânea, com o sinal analógico nas faixas AM e FM, e por isto é denominado como um sistema *simulcast*.

Portanto, dentre os principais sistemas, resta ainda investigarmos a tecnologia DRM, e esta merece uma atenção especial, pois apresenta resultados mais notáveis quanto a

flexibilidade de implementação, de acordo com os dados dos países que já utilizam o sistema. Dessa forma, detalhes técnicos mais elaboradas são necessários para melhor compreensão desse modelo que pode, um dia, tornar-se padrão nacional no processo de digitalização do rádio, mas também em outras plataformas associadas a radiodifusão brasileira.

6.1 O Modelo DRM

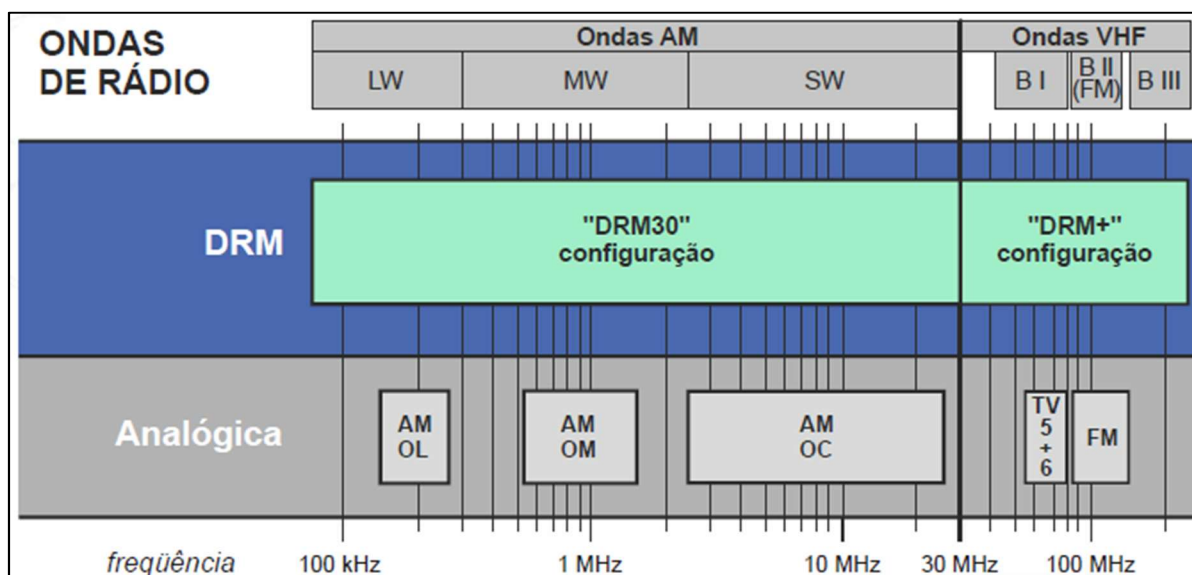
O padrão de radiodifusão terrestre de rádio DRM foi projetado estritamente com uma alta qualidade de substituição digital para radiodifusão analógica atual em todas as faixas de frequência como AM e até FM/VHF. Além disso pode ser operado com a mesma canalização e espectro como as antigas transmissões analógicas (AM) utilizadas na radiodifusão e também na televisão. A opção *Simulcast* permite uma boa transição de FM para uma transmissão DRM integralmente digital, ou seja, a multifuncionalidade e flexibilidade desse sinal permite a reutilização de bandas pouco utilizadas e até de média-baixa escala, a depender a finalidade da aplicação.

Conforme esclarece o Guia Introdutório de Implementação DRM (2013), a implementação de serviços DRM nas bandas FM possibilita que uma emissora de rádio forneça aos ouvintes melhorias e recursos significativos na confiabilidade do serviço e na qualidade de áudio. Isto inclui aplicativo de dados, como mensagens de texto, texto avançado com ouvinte interatividade e informações georreferenciais, apresentação de *slides*, etc. Com isso, não haverá a necessidade de selecionar bandas ou memorizar frequências, mas convenientemente escolher o seu serviço da lista de estações disponíveis por etiqueta.

Existe um consórcio responsável pela manutenção do sistema, e este é composto por empresas que fabricam equipamentos que utilizam a tecnologia *broadcasting*, por radiodifusores, universidades, centros de pesquisa e outras organizações. Além disso, de acordo com a ABRADIG (2018) o sistema DRM é um padrão aberto, e é o único padrão de rádio digital reconhecido pela UIT (União Internacional de Telecomunicações) que pode operar em todas as bandas de transmissão sonora terrestre.

Existem diferentes modos de operação do padrão DRM, e estas variações são arranjadas em dois grupos: O DRM30, que opera em bandas cuja frequência está abaixo dos 30MHz; e o DRM+, que opera a partir dos 30MHz. A Figura 9 mostra os diferentes modos de operação ao longo do espectro de frequências.

Figura 9: Configurações DRM30 e DRM+ no espectro de frequências.



Fonte: Guia Introdutório de Implementação DRM (2013).

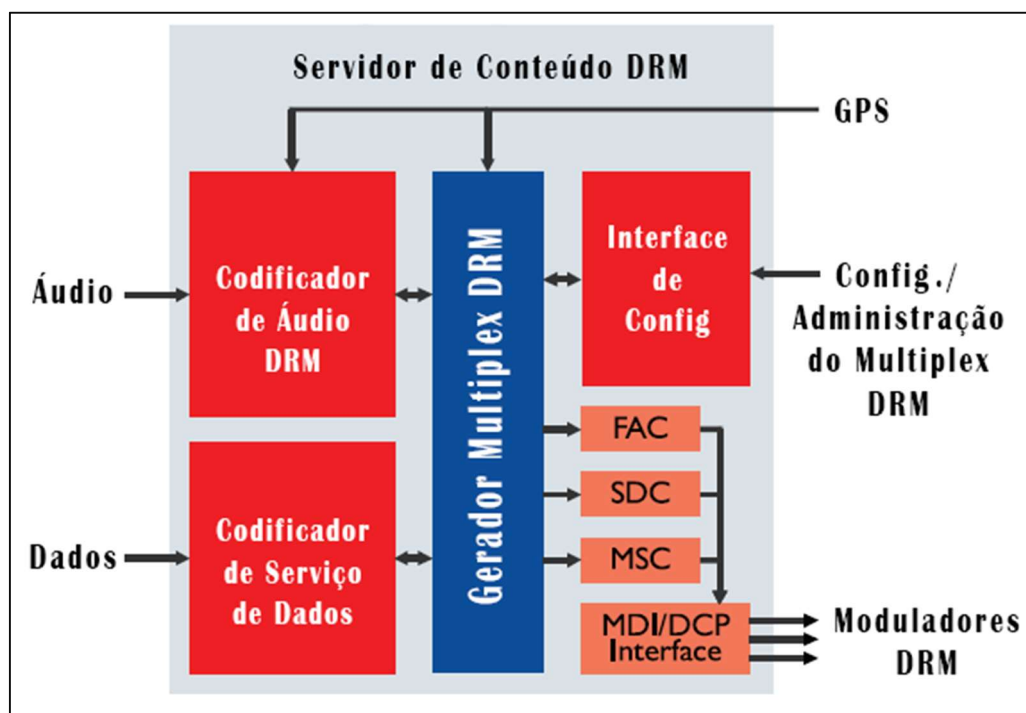
A Figura 9 mostra que a configuração DRM30 é exclusiva para sinais AM em todos os seus níveis de intensidade, partindo da faixa de 100kHz até 30MHz, e independentemente se a transmissão está sendo feita por ondas longas (OL), ondas médias (OM) ou ondas curtas (OC). Enquanto que a configuração DRM+ opera em faixas a partir dos 30 MHz, isto é, através das ondas VHF, podendo ser aplicada nas bandas de frequência modulada (FM).

6.1.1 Servidor de Conteúdo DRM

De acordo com o Guia Introdutório de Implementação DRM (2013), na geração de conteúdo para o sistema de rádio, a configuração DRM permite ter como entrada conteúdos de áudio e de dados, multiplexados em até quatro serviços por canal, em que cada serviço pode ser caracterizado pela mescla de áudio e dados, somente dados ou somente áudio. Ou seja, para cada canal, dependendo de seu modo de operação, podem ser transmitidos até quatro programas com conteúdos diferentes.

A Figura 10 mostra o diagrama contendo os componentes e blocos responsáveis pela geração de conteúdo, a partir dos blocos de entrada de áudio e dados com seus respectivos codificadores.

Figura 10: Servidor de Conteúdo DRM.



Fonte: Guia Introductório de Implementação DRM (2013) - Tradução.

A seguir serão descritas as principais características pertinentes a cada bloco representado na Figura 10. Opta-se aqui por uma explicação sequencial a fim de apresentar de forma lógica o funcionamento do sistema através da interação de suas funcionalidades.

6.1.1.1 Dados

Para os serviços de dados, o DRM tem como requisito um identificador único, denominado de *Service ID*, e é destinada para cada programa. Possui ainda o mecanismo de *Alternative Frequency Signalling* (AFS) que serve para a auto-sinalização de frequências as quais um mesmo canal pode ser sintonizado. Essa configuração permite que este canal seja sintonizado em frequências que possuem melhor qualidade de sinal.

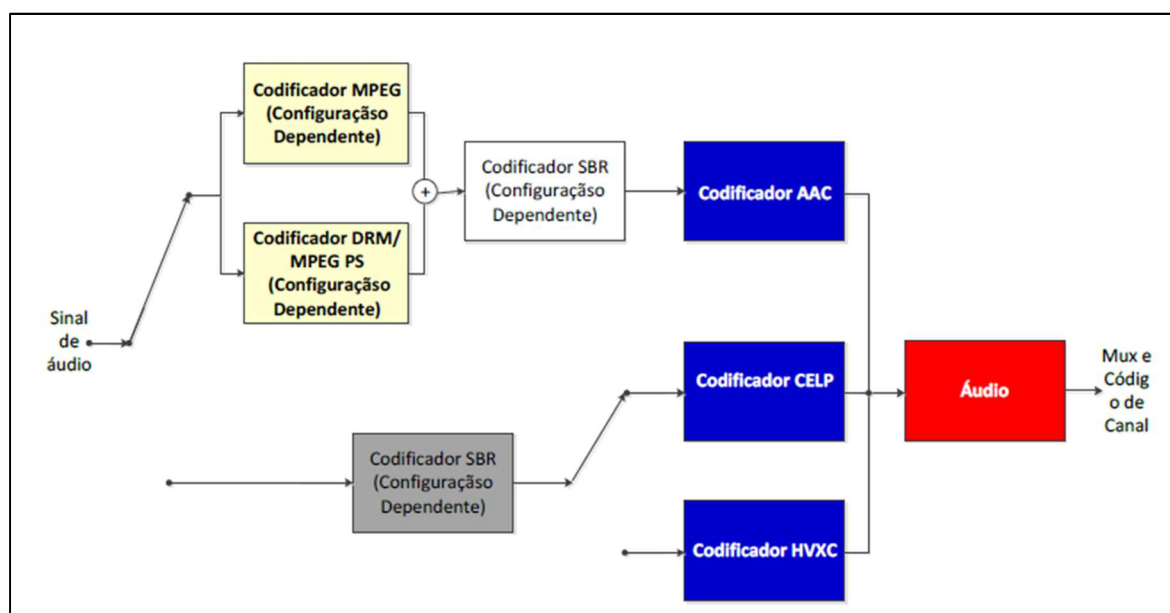
Existe ainda a ferramenta de *Service Labelling* que corresponde ao nome do serviço, isto é, informa ao ouvinte, através de mensagens de texto, informações sobre a estação como nome, frequência de operação, e nome do programa naquela grade de conteúdos. Outros serviços relacionados também são disponibilizados, como classificação dos programas informando se a programação tem finalidade educacional, comercial, entre outros. Demais informações de texto são facilmente empregadas a esse serviço, sendo possível utilizá-las em mensagens mais curtas para a apresentação de notícias/manchetes informações de clima, trânsito, e até apresentação de *Slides*, uma vez que imagens também podem ser enviadas no

sinal DRM, desde que sejam no formato JPG e PNG, numa resolução mínima de 320x240 pixels.

6.1.1.2 Áudio

O DRM possui, para a codificação de áudio, a tecnologia *The Moving Picture Experts Group* (MPEG), oferecendo uma grande flexibilidade nas etapas elementares de codificação, permitindo ainda a utilização de três esquemas de codificação: um para a codificação de áudio *Advanced Audio Coding* (AAC) e dois para a codificação de voz *Code Excited Linear Prediction* (CELP) e *Harmonic Vector Excitation Coding* (HVXC). A Figura 11 mostra a esquematização dessas possibilidades de codificação de áudio no sistema DRM, contendo ainda os três codificadores descritos acima, os quais são mostrados com mais detalhes no Quadro 2.

Figura 11: Opções de codificação de áudio no sistema DRM.



Fonte: Guia Introductório de Implementação DRM (2013) - Tradução.

Para a utilização do codificador AAC (áudio), é necessário que o sinal passe pelas etapas de codificação MPEG e pela codificação *Spectral Band Replication* (SBR). Já para a codificação de voz, no mecanismo CELP, o sinal deve passar apenas pela codificação SBR, enquanto no mecanismo HVXC não existe a necessidade de nenhuma etapa de codificação.

Quadro 2: Característica 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 surround
CELP	8 e 16	4 a 20	Codificação de voz a baixas taxas de bits
HVXC	8	2 a 4	Codificação de voz a taxas de bits muito baixas

Fonte: SILVA FILHO (2014).

Já sabemos que o codificador AAC é responsável pelo processamento de um sinal fonte de áudio, e para complementar essa informação Silva Filho (2014) diz que, esse modelo de codificador é destinado para codificação de áudio genérico, mono, estéreo ou *surround*. Essas características estão relacionadas as taxas de amostragem as quais os codificadores operam, e no caso do AAC as faixas são de 12 kHz ou 24 kHz na configuração DRM30 e de 24 kHz ou 48 kHz na configuração DRM+.

Essencialmente, o áudio codificado tem uma largura de banda equivalente a metade do valor aqui citado, no entanto o sistema DRM permite, através da técnica *Spectral Band Replication* – SBR, uma melhoria na percepção de um sinal de áudio truncado num espectro de baixas frequências. Basicamente, a técnica se caracteriza pela cópia dessas informação através do codificador SBR, de forma paralela aos outros codificadores, isto é, enquanto o AAC codifica um sinal de áudio de banda estreita, o SBR extrai e codifica apenas a forma do espectro desse áudio, para que posteriormente essas informações sejam combinadas a fim de produzir um sinal que se estenda a frequências maiores.

O codificador de voz CELP cumpre o papel de fornecimento de uma boa qualidade ao sinal quando este está sob baixas faixas de bits (entre 4 a 20 bits), sendo estas muito menores do que as taxas de atuação do codificador AAC. Este, permite transmissões de até quatro programas de fala, a exemplo, um noticiário, ou mesmo programas em até quatro idiomas, aspecto importante para as relações internacionais na radiodifusão.

O último codificador dessa categoria é o HVXC, e assim como o CELP, é responsável pela codificação de voz, no entanto a taxas de bits ainda menores como mostra o Quadro 2. Sua finalidade é basicamente a mesma do codificador CELP, pois este também permite a transmissão simultânea de diversos programas de fala ou de diferentes idiomas. Outra

característica importante, é que o HVXC possibilita aos programas de rádio serem armazenados em memória *flash*.

6.1.1.3 Multiplexador

O bloco Gerador Multiplex é um multiplexador responsável pelo processamento da configuração dos parâmetros recebidos e que serão aplicados nos decodificadores de áudio e dados. Os sinais de áudio e dados são alocados em três canais de informações, *Main Service Channel* (MSC), *Fast Access Channel* (FAC), e *Service Description Channel* (SDC), que serão detalhados a seguir. Além desses sinais, o multiplexador também recebe informações via GPS (*Global Positioning System*), para a utilização de horário nos pacotes ou *frames* que irão ser gerados em seguida (SILVA FILHO, 2014).

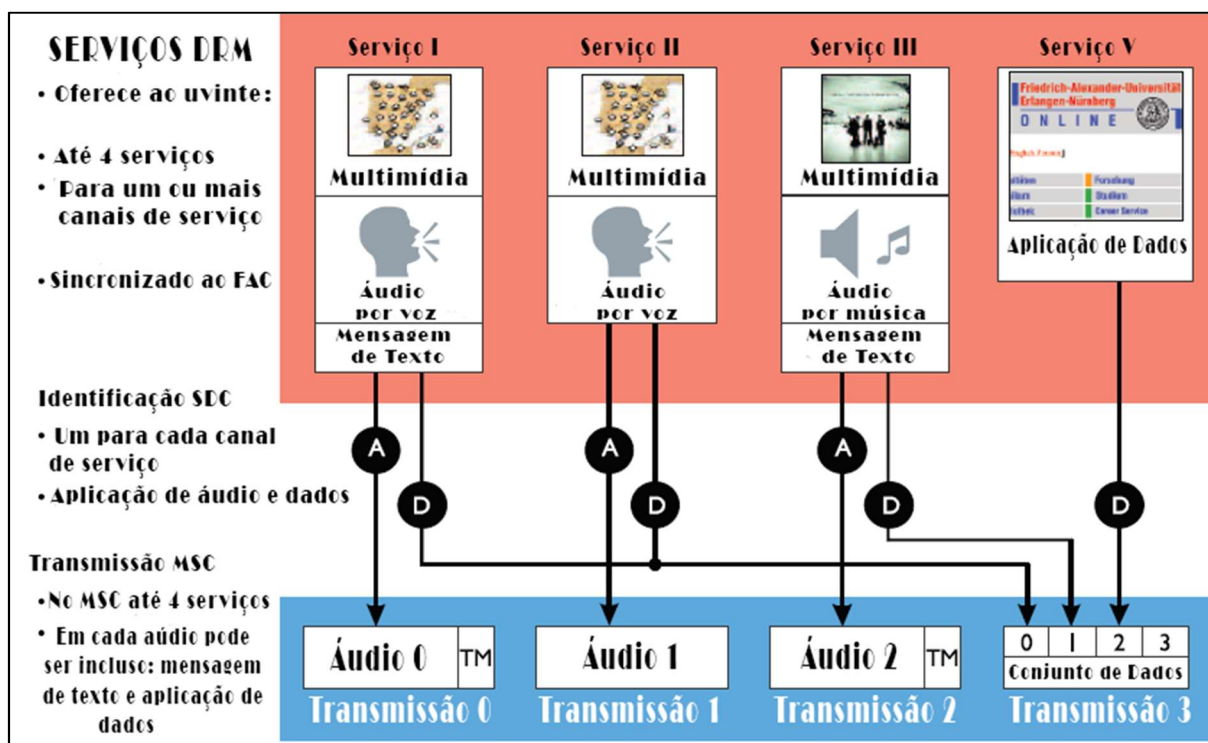
O canal MSC é também conhecido como canal de serviço principal, e recebe as informações de áudio e de dados multiplexados, e é justamente por essa característica que este é denominado como canal principal, pois ele contém a essência da transmissão, que é a própria informação que nele está contida.

Já o FAC é o canal de acesso rápido, no qual está contido um conjunto de parâmetros importantes que são comumente requeridos, portanto esse conjunto armazenado gera uma alta velocidade de ocorrência de verificação dos serviços disponíveis quando tais informações são requeridas pelo sistema, para que em seguida possa ser feita a demodulação do mesmo.

O canal SDC é responsável por carregar as informações dos parâmetros definidos para a codificação de áudio e dados, nomes dos serviços, informações de datas e horários, entre outras informações sobre o programa.

A Figura 12 ilustra os serviços empregados a cada canal de informações que compõe a interface dos moduladores do sinal DRM, apresentando as características pertinentes a cada um, citadas nessa seção.

Figura 12: Relação entre os Serviços DRM e as transmissões MSC.



Fonte: Guia Introductório de Implementação DRM (2013) - Tradução.

O diagrama ilustrado na figura acima apresenta as possibilidades de transmissão e os tipos de serviços presentes nos canais FAC, SDC e MSC. As combinações de serviços de dados e de áudio são exemplificadas através das setas unidirecionais correspondente a cada transmissão, sendo a última delas (transmissão 3) a que contém um maior conjunto de possibilidades, uma vez que existe a possibilidade de associar a esse conjunto as demais propriedades numa aplicação de dados que pode conter áudio em voz, áudio de músicas, mensagens de texto e até imagens.

6.1.1.4 Configuração de Parâmetros

A configuração de parâmetros é informação, enviada ao multiplexador, que informa os detalhes sobre a forma como o sinal deve ser processado pelo sistema. Através dessa configuração, é possível o tipo de sinal de áudio e dados, as taxas de amostragens, além de selecionar quantos serviços serão disponibilizados (BERGOLD, 2016). A modulação do sinal a ser transmitido também é informada nessa etapa. Contudo, é necessário saber o modo de transmissão ao qual esse sinal será submetido, e para a tecnologia DRM existem cinco modos de transmissão, listados no Quadro 3. A classificação dos modos é chamada de modo de robustez, e nela estão presentes os cinco modos nominados de A, B, C, D e E. Sequencialmente,

os modos de A até D são utilizados na configuração DRM30, ou seja, para frequências até 30 MHz cuja transmissão é do tipo AM. Enquanto o modo do tipo E é aplicado na configuração DRM+, e portanto implementado nas transmissões do tipo FM.

Quadro 3: Modos de Robustez na transmissão DRM.

Modo de Robustez	Opções de largura de banda (kHz)	Uso típico	Configuração
A	4,5;5;9;10;18;20	Ondas terrestres de LF e MF, e banda de 26 MHz.	DRM30
B	4,5;5;9;10;18;20	Transmissão em ondas ionosféricas/curtas de MF e HF.	
C	10;20	Canais em HF em ondas ionosféricas com efeito Doppler.	
D	10;20	Ondas ionosféricas com efeito Doppler com atrasos elevados.	
E	100	Transmissões VHF em bandas acima dos 30MHz	DRM+

Fonte: Guia Introdutório de Implementação DRM (2013), adaptado pelo autor.

As principais diferenças estão presentes no uso típico desses modos, pois existe uma certa variação característica das ondas e o seu meio de propagação. É possível notar no Quadro 3 que os modos de robustez operam basicamente em transmissões de ondas ionosféricas, que por sua vez se caracterizam por serem menos estáveis do que as ondas de solo, e sua intensidade depende de condições de propagação na ionosfera, e tais condições variam continuamente semelhante às condições meteorológicas. Essas instabilidades justificam a aplicação desses modos mais robustos, pois estes agem de forma a contornar essas adversidades encontradas no meio de propagação do sinal.

Segundo Bergold (2016), o sinal que possui maior proteção contra perda de pacotes é tido como mais robusto, e assim, possui um fator de segurança maior de receptividade do sinal sem interferências, como uma espécie de garantia de recepção. Na configuração DRM30 para saber qual modo é mais ou menos robusto basta seguir a escala, na qual A é o menos robusto, B mais é robusto que A e menos que C e D, analogamente para C, e sendo D o mais robusto.

6.2 Codificação e Interface de Modulação

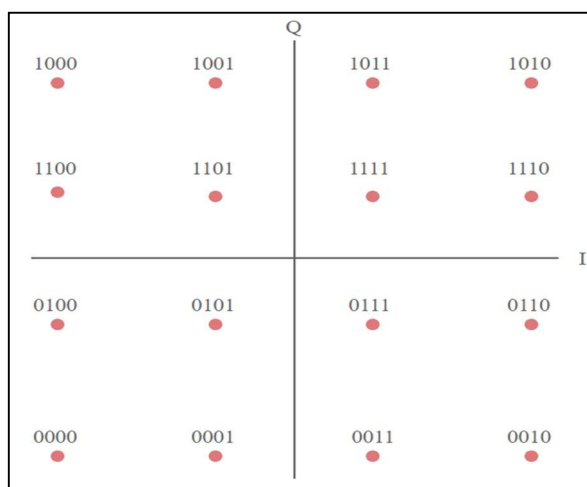
Este módulo diz respeito as etapas após a distribuição interna do sinal, o qual será tratado pela codificação e modulação para que finalmente seja transmitido. Os canais MSC, FAC e SDC são codificados separadamente e possuem características individuais para a modulação dos sinais. A seguir serão tratadas apenas configurações de modulações mais comuns na transmissão digital.

6.2.1 QAM

A modulação de Amplitude em Quadratura (*Quadrature Amplitude Modulation* – QAM) é uma técnica muito utilizada nas transmissões de sinais digitais, principalmente quando há ocorrência de um fluxo de transferência informações muito elevadas. Essa técnica consiste no tratamento do sinal através de duas portadoras defasadas em 90 graus, se caracterizando como uma quadratura, que tem como saída variações de amplitude e fase do sinal (BERGOLD, 2016). O ato de alteração da fase resulta em diferentes pontos para a o qual o sinal pode ser transmitido, e esse possível conjunto de pontos recebe o nome de constelação.

Existem variações das configurações referente a modulação QAM, pois a depender do número de pontos, modo de robustez e quantidade de bits dos pontos, será necessário optar por uma variação que melhor de adequa a essas características. A Figura 13 representa a configuração 16QAM, em que cada ponto representa um conjunto de 4 bits que serão transmitidos. Existe a configuração 64QAM, onde cada ponto representa um conjunto de 6 bits transmitidos. O número de bits é calculado a partir do logaritmo de 2 do total de pontos, isto é, quanto maior a soma desses pontos, maior será a taxa de transmissão, e por consequência o sinal ficará mais sensível e suscetível a ruídos e outros erros.

Figura 13: Diagrama de Constelação 16QAM.



Fonte: Eletronics Notes⁵.

A escolha de uma determinada configuração QAM para o canal MSC quanto para o SDC está essencialmente associada à relação sinal-ruído da área onde o sinal será transmitido. Comumente, quando o número de erros referentes a ruídos é baixo, opta-se pela configuração 16QAM, devido a manipulação do conjunto de pontos ser mais palpável. Vale ainda ressaltar que o modo de robustez escolhido também interfere no fluxo de dados e na sua transmissão.

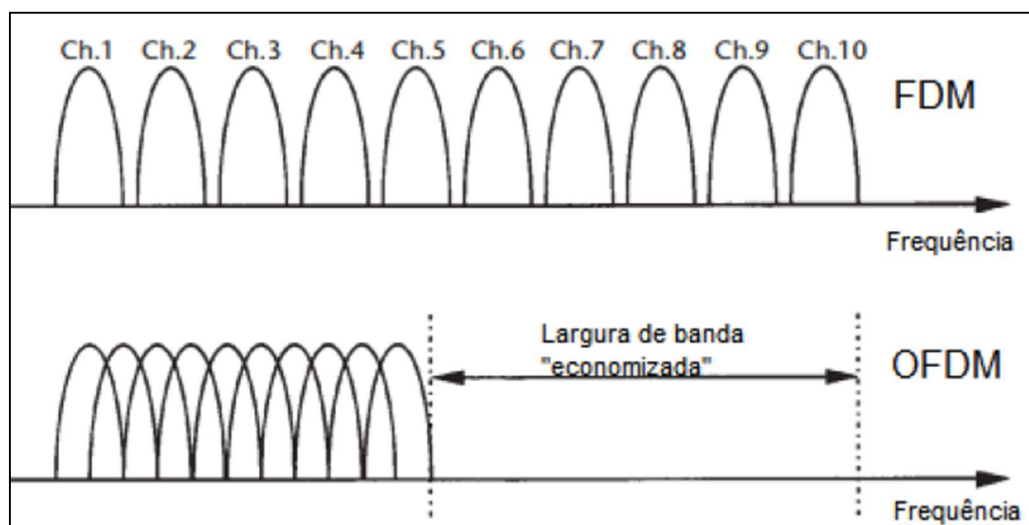
6.2.2 COFDM

A técnica de modulação COFDM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex*) é, basicamente, um tipo de multiplexação que tem como entrada um conjunto de sinais/dados que são codificados e divididos em subconjuntos em portadores de frequência que são ortogonais entre si. A técnica COFDM é uma adaptação do OFDM que por sua vez é uma melhoria do FDM, devido a implementação da ferramenta relacionada a ortogonalidade das frequências multiplexadas, fazendo com que o sinal de uma das frequências está no máximo, enquanto os demais estarão no mínimo, e é a partir dessa ferramenta que se é possível reduzir o uso de banda de frequência (DINIZ, 2013).

A diferença básica entre o COFDM e FDM é que na primeira usa-se todos os códigos inseridos no sinal no ato de escolha do modo de robustez ao qual ele será submetido. A Figura 14 mostra a diferença entre a modulação OFDM e FDM.

⁵ Disponível em: <<https://www.electronics-notes.com/articles/radio/modulation/quadrature-amplitude-modulation-what-is-qam-basics.php>> Acesso em: 10 mar. 2019.

Figura 14: Sinal FDM e OFDM.



Fonte: PRASAD (2004), adaptado por BERGOLD (2016).

A Figura 14 destaca a economia de banda ocasionada pelo uso do sinal OFDM, além de mostrar o conjunto de canais multiplexados e como estes se configuram para cada técnica.

6.2.3 Modo Híbrido e Modulador por Radiofrequência

O modelo DRM possibilita a transmissão digital de modo híbrido (*simulcast*), isto é, o sistema permite que os sinais analógicos existentes permaneçam no espectro das ondas de rádio pois a transmissão digital não interfere na propagação destes, podendo ainda uma estação transmitir o seu sinal nesses dois modos, analógico e digital (Guia Introductório de Implementação DRM, 2013). Essa configuração se torna importante e conveniente a depender da estrutura e potência dos equipamentos da estação, podendo alcançar ouvintes específicos com essa possibilidade dupla de transmissão.

Outro ponto muito positivo diz respeito ao processo de implantação do sistema DRM em uma estação, pois, com o mecanismo *simulcast* o sinal não será exclusivamente digital, dessa forma, os ouvintes não serão obrigados a descartarem os seus receptores. Isso permite que o processo de digitalização seja gradual, ainda mais que as etapas da digitalização da Televisão.

A modulação por radiofrequência em transmissão DRM30 permite a utilização de transmissores AM tradicionais e de alta potência. Neste processo, o sinal DRM é convertido em modo de amplitude e fase onde estes sinais são aplicados na entrada de áudio do modulador e no circuito da frequência de sua portadora, respectivamente. Já no DRM+, a transmissão é mais simples, pois basta a inserção de um amplificador de potência (BERGOLD, 2016).

6.3 Receptor

Na seção anterior vimos como ocorre o processo de transmissão de um sinal digital com o sistema DRM, em que o conteúdo de entrada são sinais de áudio e dados. Agora, analisaremos os princípios de um receptor de sinais digitais de acordo com a esquematização e configurações do sistema DRM. Neste caso, o processo de recepção é semelhante ao de transmissão, porém em ordem reversa, isto é, o produto final desse mecanismo deve ser capaz de entregar áudio e dados como saída.

De acordo com o Guia Introdutório de Implementação DRM (2013), para uma experiência mais completa do sinal DRM, pode-se utilizar:

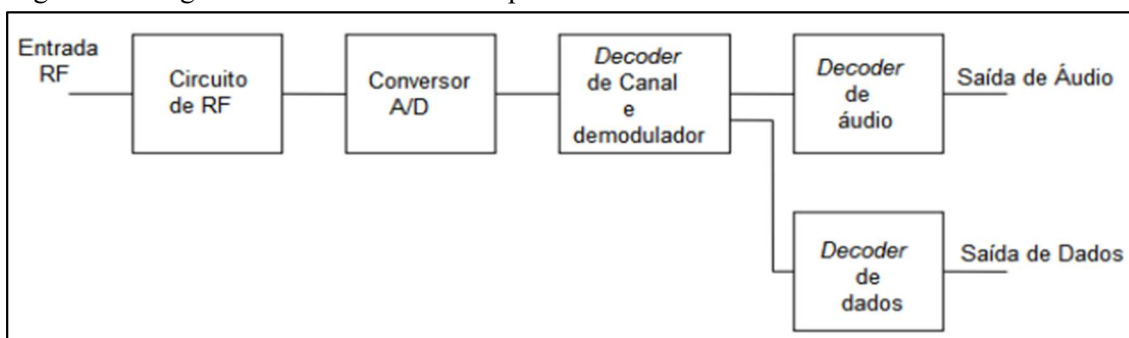
- Receptores de rádio padrão (*Standard*): contém painel alfanumérico básico.
- Receptores de rádio com mídia: contém painel em cores com resolução mínima de 320x240 pixels.

Os receptores devem cumprir outros requisitos básicos como:

- Compatibilidade para os 4 modos de robustez (para AM).
- Compatibilidade para as configurações de constelações QAM.
- Reconstrução dos codecs de áudios mono e estéreo.
- Fornecer, no painel, informações sobre a transmissão, permitindo que o usuário escolha entre serviços de áudio ou dados de forma individual, ou mista.
- Trocar automaticamente de frequência transmitindo o mesmo conteúdo de acordo com a intensidade do sinal.
- Compatibilidade de recepção analógica AM.

A Figura 15 ilustra, em blocos, o funcionamento básico de um receptor para a configuração DRM30.

Figura 15: Diagrama de blocos de um receptor básico DRM30.



Fonte: Guia Introdutório de Implementação DRM (2013), e adaptado pelo autor.

O diagrama ilustra as etapas desde a recepção de um sinal transmitido por radiofrequência, passando por um circuito que irá converter esse sinal em modo de amplitude e fase através do conversor A/D, e aplicá-lo na entrada de áudio do demodulador e no circuito da frequência de sua portadora para que se obtenha saída de áudio e dados (Guia Introdutório de Implementação DRM, 2013).

7 METODOLOGIA

A pesquisa é arquitetada em uma abordagem descritiva e explicativa de forma direta, consistindo inicialmente no levantamento e análise bibliográfica contendo estudos teóricos e empíricos acerca do processo evolutivo e comparativo dos sistemas de comunicações brasileiros. Sistemas estes que utilizam ou utilizam ou utilizaram o sinal analógico e estão em processo de inclusão do sinal digital em suas plataformas, a fim de avaliar diversos cenários futuros e que seja possível gerar discussões de acordo com as características da problemática abordada nesta pesquisa.

A partir dessa etapa, o método introduzido na estruturação da pesquisa retrata um contraste em meios as possibilidades e realidades características dos sinais digitais (principalmente o modelo DRM) fortemente empregados no âmbito das telecomunicações, corroborando com os parâmetros previamente revisados. Elaborando assim, uma concisa das variáveis envolvidas em um panorama genérico pois, na pesquisa, nem sempre as dificuldades se apresentam de forma clara, podendo ser evidenciadas apenas ao longo do estudo a depender dos métodos adotados (MARCONI; LAKATOS, 2003).

Com isso, o estímulo à discussão da problemática e na investigação desta, tem como ponto de partida e chegada a revisão bibliográfica sobre o tema abordado. A avaliação feita é elaborada como proposta de correlação entre esses dois dos principais meios comunicativos na radiodifusão brasileira (Rádio e Televisão), e é baseada nos tratamentos qualitativos e esquemáticos, buscando também uma abordagem introduzida nos impactos sociais regionais.

Dessa forma, a metodologia se caracteriza principalmente pela abordagem técnica do modelo DRM como proposta de padrão nacional no processo de digitalização do Rádio, mas também pelo abordagem retrospectiva e atual do cenário da radiodifusão brasileira, trazendo ainda um panorama local das emissoras de rádio da cidade de Pau dos Ferros, com a finalidade de avaliar o contexto atual das estações de rádio existentes, bem como investigar se há alguma discussão, no meio, acerca da digitalização do rádio. Os resultados se dão pela estruturação empírica de situações avaliadas pelos teóricos citados até aqui com a finalidade de discuti-las e compará-las em conjunto aos dados obtidos dos questionários aplicados nas emissoras de rádio.

8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

8.1 Panorama atual das emissoras de rádio no município de Pau dos Ferros/RN

Com a finalidade de investigar a discussão acerca da digitalização no meio radiofônico de Pau dos Ferros, foram aplicados questionários nas quatro emissoras de rádio existentes no município. O questionário contém itens relacionados a conhecimentos técnicos, mas também itens relacionados ao âmbito social ao qual o sistema de comunicação de rádio é capaz de atingir.

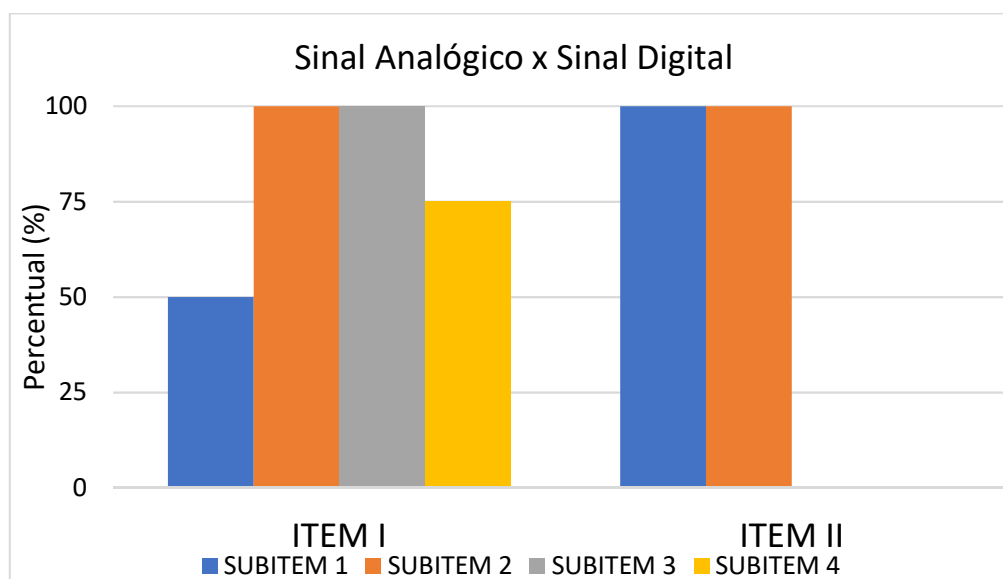
Os questionamentos de cunho técnico correspondem aos sinais do tipo analógico e digital, bem como a aplicação destes em dispositivos tecnológicos. Além disso, é tratado um contraste da aplicação do sinal digital ao ser feito questionamentos sobre a TV Digital e o padrão ISDB-Tb. Esse contraste é feito pois, devido a digitalização da TV estar em seu processo de conclusão total, espera-se que haja um pensamento mais concreto sobre o tema, uma vez que este foi discutido durante muitos anos desde os primeiros planos de implantação do sinal digital para a televisão. Outros aspectos técnicos relacionados as vantagens do uso do sinal digital também foram inseridos no questionário. Os itens correspondem as duas plataformas (rádio e televisão), e visam indagar pontos mais básicos como qualidade de imagem (na televisão), qualidade de som, potência de sinal, entre outros.

As emissoras submetidas ao questionário foram: Rádio Dumbo FM 95.6 MHz, Rádio Líder FM 98,7MHz, Rádio Cultura do Oeste FM 102,9 MHz e a Rádio Obelisco FM 90,9 MHz. Os responsáveis escolhidos para o preenchimento do documento, em cada emissora, são funcionários que ocupam cargos mais aplicados nas emissoras, como diretores e radialistas. A opção por tais funcionários deu-se devido estes estarem mais conectados com as práticas do radialismo bem como as novas discussões que surgem nesse âmbito.

8.1.1 Questionamento I: Sinal Analógico x Sinal Digital

O Gráfico 1 apresenta os valores percentuais correspondentes aos dois itens pertencentes ao primeiro questionamento, o qual está relacionado a natureza da representação de um sinal analógico e digital, bem como suas aplicações em dispositivos tecnológicos.

Gráfico 1: Questionamentos técnicos acerca dos sinais analógico e digital.



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

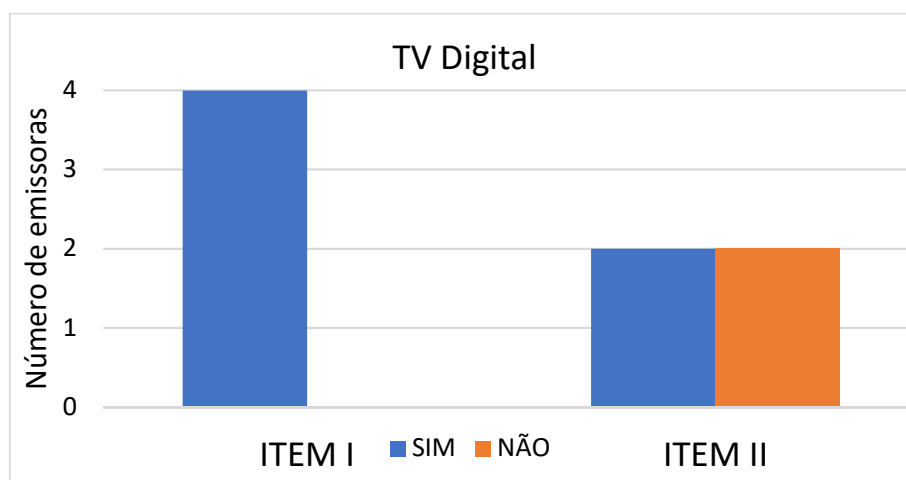
O Item I corresponde a utilização de sinais analógicos e digitais em dispositivos. Cada subitem refere-se a um determinado dispositivo, são eles: Subitem I – Rádio Comunicador Analógico, Subitem II – Relógio Analógico, Subitem III – Multímetro Digital e Subitem IV – Balança Analítica/Digital. O Item II corresponde a representação gráfica de um sinal analógico e de um sinal digital.

O questionamento feito no Item I exigia que o sujeito assinalasse, de acordo com cada dispositivo, se o seu funcionamento se dá por sinal analógico ou digital. A partir do Gráfico 1 nota-se que, para o Item I, o Subitem I obteve 50% de acertos, isto é, duas emissoras obtiveram êxito. Para o Subitem II e III todas as emissoras assinalaram corretamente. Finalmente, para o Subitem III, 75% das emissoras indicaram a resposta correta. Para o Item II, todas as emissoras souberam indicar corretamente a representação gráficas dos dois tipos de sinais. Esses resultados mostram um nível relevante de conhecimento técnico básico acerca dos sinais e suas aplicações.

8.1.2 Questionamento II: TV Digital

Esta seção visa analisar o panorama acerca da TV Digital bem como o padrão nacional ISDB-Tb. O questionamento pertinente a essa seção possui três itens, em que dois destes estão representados pelo Gráfico 2.

Gráfico 2: Questionamento técnico acerca da TV Digital e o sinal ISDB-Tb.



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

O Item I exige a sinalização positiva ou negativa se o sujeito tem ciência acerca da transmissão digital para a plataforma televisiva. Todas as quatro emissoras assinalaram que sim. Já o Item II indagava acerca do padrão nacional de transmissão digital para a televisão, o ISDB-Tb. Apenas duas emissoras disseram conhecer o modelo, mesmo utilizando a tecnologia digital nos próprios aparelhos de televisão das emissoras. Esses dados evidenciam a falta de conhecimento popular acerca das características técnica do padrão adotado pelo governo, indicando uma falta de socialização dessa temática para com os cidadãos.

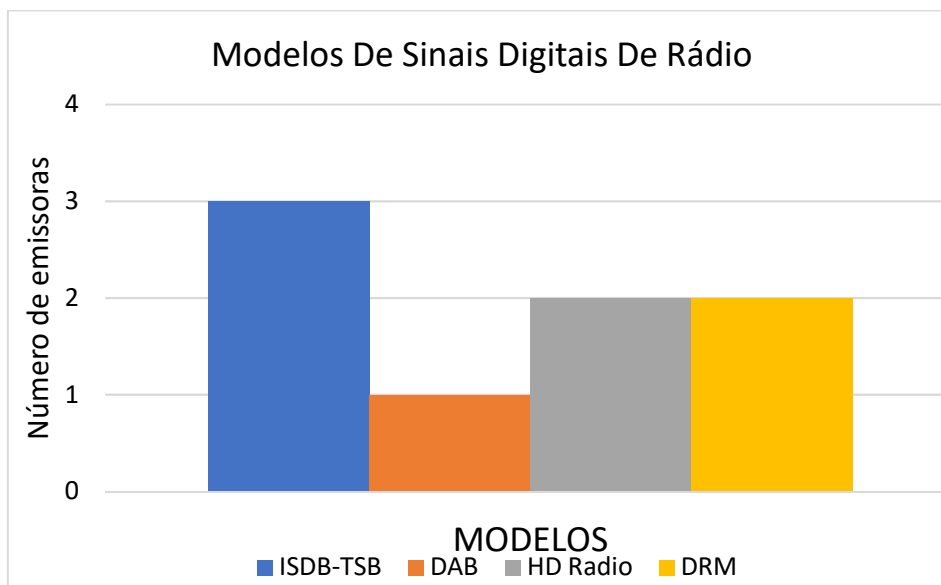
O Item III desta seção exigia uma descrição qualitativa acerca das principais diferenças na qualidade das transmissões televisivas ocasionadas pela migração do sinal analógico para o sinal digital. Três emissoras julgaram como principal diferença aspectos relacionados a qualidade de imagem e de áudio, enfatizando o índice muito baixo de ruídos. Apenas uma emissora julgou não saber nenhuma característica do tema abordado.

8.1.3 Questionamento III: Rádio e Sinal Digital

O último questionamento diz respeito ao rádio e aos padrões de sinais digitais para esta plataforma. Esta seção é composta por três subitens, que serão explicados logo em seguida. No Gráfico 3 estão representados os dados referentes ao Subitem II, que visa avaliar as emissoras quando o quesito técnico abordado é sobre os principais modelos de sinais digitais utilizados no mundo para a transmissão digital de rádio.

O Subitem I avaliava se as emissoras tinham conhecimento da tecnologia de transmissão digital de rádio, e como o esperado, todas assinalaram positivamente o questionamento feito.

Gráfico 3: Subitem III - principais sinais digitais de rádio.



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

O Subitem II avalia, de modo básico, o conhecimento técnico dos representantes das emissoras acerca dos principais modelos de sinais digitais que já são muito utilizados em todo o mundo. O Gráfico 3 mostra que, três emissoras possuem conhecimento acerca do padrão japonês (ISDB-TSB). Apenas uma delas afirmou ter discutido acerca do padrão europeu (DAB). Já o padrão americano (HD Radio) e o modelo DRM foram assinalados por metades das emissoras.

Por fim, o Subitem III desta seção, avalia de forma qualitativa aspectos técnicos acerca dos benefícios que a tecnologia de rádio digital poderia trazer para o contexto ao qual a determinada emissora está inserida, bem como aspectos que buscam analisar os principais impactos e contribuições sociais proporcionados por esta. No que diz respeito aos benefícios da transmissão digital de rádio, todas as emissoras assinalaram a qualidade da transmissão como principal diferença, referindo-se à qualidade de áudio e de propagação do sinal. Com relação aos impactos sociais ocasionados pela emissora e sua programação, todas enfatizaram a informação/noticiário local, e o entretenimento como principais impactos. Outros pontos como o alcance a grupos específicos de ouvintes, principalmente de zonas rurais e comunidades geograficamente distantes, e programação educativa foram indicados pelas emissoras.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Operando há 90 anos, de forma relevante e histórica, a mídia radiofônica possui um papel extremamente importante na comunicação local, regional e de fronteiras por todo o país. A evolução do rádio, compreendida como continuação de um progresso linear e de constante mudança de paradigmas no meio informativo, permite a geração de novas perspectivas e panoramas que visam a troca de informações de forma independente e autônoma, que corrobora, em todos os aspectos, com os direitos humanos fundamentais de liberdade de expressão e comunicação, bem como no progresso socioeconômico e cultural. Portanto, na presente pesquisa, a discussão dessa temática trouxe questionamentos que fundamentam os argumentos em prol da migração do sinal analógico para o sinal digital nas transmissões de rádio.

O cenário de migração deve ser pensado no contexto realístico com relação a situação geopolítica, econômica e tecnológica a qual deseja-se empregar tal processo. Devido a isso, a pesquisa abordou a tecnologia do sistema DRM por ser aberta, reconhecida internacionalmente, estar ganhando espaço significativo em diversos países, e principalmente por ser independente de empresas detentoras dessa tecnologia (como é o caso do HD Radio). O sistema DRM é adaptável as necessidades específicas do Brasil, principalmente quando se trata da potencialização do atual espectro eletromagnético nacional, em que tal potencialização apresenta-se, principalmente, pela adoção da configuração DRM30 que faz uso das bandas de frequências correspondentes ao sinal AM que vai da faixa de 100 kHz até 30 MHz.

É ideal que haja a criação de um sistema próprio para o Brasil. O sistema deve ser fundado sobre a tecnologia DRM, semelhantemente ao padrão ISDB-Tb (ou SBTVD) que se configura como uma adaptação do padrão japonês ISDB-T. A possibilidade de adoção desse sistema sustentado pela tecnologia DRM torna-se muito mais realizável pois a própria plataforma possui implementações completas em *software* livre e código aberto. Outro aspecto relacionado ao sistema de TV Digital e o padrão nacional adotado, é que o *codec* de áudio do DRM é o mesmo da TV (o AAC), possibilitando um cenário em que os sistemas responsáveis por essa difusão compartilhem da mesma tecnologia, barateando os receptores e os custos da produção de conteúdo interativo, uma vez que a atuação conjunta entre os dois sistemas pode ofertar funcionalidades como essa e outras, algo que até agora o padrão HD Radio não é capaz de ofertar.

A faixa de frequência compreendida pela modulação de amplitude (AM) é iniciada na marca de 540 kHz e vai até 1610 kHz, através de ondas médias, e agrega perfis de propagação

de sinal muito interessantes, permitindo que uma estação transmita seu sinal em diversas configurações topográficas, pois a emissão do sinal tende a acompanhar o perfil do terreno. No entanto, enquanto os países iniciam o desligamento do sistema FM analógico, o Brasil vai de contramão a evolução tecnológica, pois a migração do sistema AM para o FM deixou de lado todos esses pontos potenciais das ondas médias. O fato de o espectro FM ser incorporado na categoria VHF torna-se mais um agravante, pois este encontra-se lotado nos grandes centros em decorrência do grande número de requisição de faixas por dezenas de tecnologias como a telefonia, dispositivos eletrônicos e as próprias estações de rádio.

Em mãos disto, torna-se mais viável evoluir o sistema AM analógico para o digital, preservando grande parte dos equipamentos existentes e transmitindo um áudio de qualidade superior ao do FM analógico, e com menor custo de energia. Para isso, a configuração de transmissão *simulcast* possibilita às emissoras de rádio que optaram por não migrar para o FM a implementação da tecnologia DRM30 em que estas passariam a transmitir de forma simultânea o sinal digital e analógico, preservando os equipamentos e parques de antenas, devido ao modo de transmissão *simulcast* ser posicionado em apenas um único canal adjacente ao sinal AM.

Além de todas as características técnicas apresentadas até aqui, os apontamentos sociais relacionados a esta discussão não podem ser omitidos, pois estes representam os fatores que impulsionam o debate da digitalização do rádio. Levando isso em conta, os resultados obtidos no capítulo 8 mostram que o debate acerca da digitalização do rádio bem como do padrão nacional adotado para a teledifusão, são temas conhecidos pelos profissionais das emissoras de rádio na cidade de Pau dos Ferros. O fator geográfico neste caso mostra-se muito relevante, uma vez que o município de Pau dos Ferros está localizado na região do Semiárido Potiguar, isto é, no interior do estado do Rio Grande do Norte. Essas características implicam que, apesar da cidade não estar inserida nas zonas muito povoadas, o tema já é debatido internamente nestas emissoras, que trazem em sua grade de programação informações locais, de cunho social, cultural e educativo.

As emissoras que operam em ondas médias cumprem um caráter local importantíssimo, atendendo muitas comunidades que compõem os grupos minoritários, trazendo informação e entretenimento como conteúdo principal. Com isso, ao longo da pesquisa, apontamentos e entraves políticos e econômicos foram surgindo, acerca de uma possível digitalização do rádio. De acordo com os cenários avaliados e as referências abordadas, foi identificado que os principais empecilhos de uma possível migração pro sinal digital se dão pelo atual estado de migração do sistema AM para o FM, o qual ainda está em andamento e obriga àquelas emissoras

que optaram pela mudança, uma reestruturação tecnológica gerando muitos gastos, principalmente às rádios comunitárias. Novamente foi possível notar que a escolha pela migração para a tecnologia FM, apesar de evolutiva, não proporciona flexibilidade às emissoras.

Outros fatores como relações políticas e pirataria se apresentaram como pontos que dificultam uma inclusão maior por partes das rádios, fazendo com que muitas vezes haja uma certa concorrência incomum entre estas, pelo menos a nível regional, uma vez que ao enfrentarem problemas com uma rádio pirata, por exemplo, as emissoras legalizadas são praticamente obrigadas a aumentar a qualidade de sua transmissão em decorrência de problemas referentes a interferência entre os sinais. Isso implica numa fiscalização ineficiente por parte dos órgãos responsáveis, dado que o número de rádios pirata ainda é muito grande, principalmente em cidades do interior onde a periodicidade destas fiscalizações não se apresenta constante.

Nessa conjuntura, e em termos de modelo de negócio, a pesquisa elaborada aponta o sistema DRM como principal opção de padronização de sinal digital para o processo de digitalização das transmissões de rádio no Brasil, atendendo as principais características de implementação, seja em baixa, média e alta potência. Por permitir diversos modos de transmissão, liberdade de escolha por parte do usuário a partir de interfaces interativas. Por propiciar a utilização eficiente do espectro de frequência. Por incentivar a indústria na produção de instrumentos e serviços digitais, bem como possibilitar a participação de instituições brasileiras de pesquisa e ensino na adaptação e melhoria do sistema de acordo com as necessidades do país e principalmente por promover a inclusão social e a diversidade cultural por meio do acesso à tecnologia digital visando à democratização da informação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERT - Associação Brasileira de Emissoras de Rádio e Televisão. **Ministério recebe representantes dos padrões DRM e HD Rádio para debate**. 2012. Disponível em: <<https://www.abert.org.br/web/index.php/notmenu/item/18599-ministerio-recebe-representantes-dos-padroes-drm-e-hd-radio-para-debate>>. Acesso em: 08 nov. 2018.

ABRADIG, Associação Brasileira do Rádio Digital -. **O que é Rádio Digital**. 2018. Disponível em: <<http://www.drm-brasil.org/content/o-que-é-rádio-digital>>. Acesso em: 11 nov. 2018.

ALENCAR, Marcelo S. **Televisão digital**. São Paulo: Érica, 2007.

ALTOÉ, Anair; SILVA, Heliana da. **O Desenvolvimento Histórico das Novas Tecnologias e seu Emprego na Educação**. 2005. Disponível em: <http://www.pucrs.br/ciencias/viali/tic_literatura/artigos/historia/dhnt.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2019.

BARBOSA, Marialva. **História da comunicação no Brasil**. Petrópolis: Vozes, 2013.

BERGOLD, Edson Mauro. **DRM- Digital Mondiale Utilizando Radio Definido por Software**. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

BRAGA, Newton C. **Como funcionam os Conversores A/D - parte 1 (ART224)**. 2010. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/1508-conversores-ad>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

BRAIN, Marshall. **How Radio Works**. 2000. Disponível em: <<https://electronics.howstuffworks.com/radio8.htm>>. Acesso em: 20 jan. 2019.

BRAZ, Sandrine; MEIRELES, Norma. **O rádio e a tecnologia: a evolução tecnológica do rádio no Brasil**. Revista Temática, João Pessoa, v. 8, n. 2, p.1-13, fev. 2012.

BRITO FILHO, Francisco Xavier Maia Brito Filho. **Redes Wi-fi I: Estudo de Caso – Instalação em Campus da IFAM (Manaus, AM)**. 2014. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialwifimanaus1/default.asp>>. Acesso em: 12 jan. 2019.

CALABRE, Lia. **A era do rádio**. Rio de Janeiro: Jorge Zaar Ed., 2002.

CARVALHO, Paulo Martins. **Telemédia**. 2006. Disponível em: <http://marco.uminho.pt/disciplinas/TELEMEDIA/Telemedia2006_Digitalizacao.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2019.

CARVALHO, Thomas. **Espectro Eletromagnético**. InfoEscola, 2007. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico/>>. Acesso em: 06 jan. 2019.

CASTRO, José de Almeida. **História do Rádio no Brasil**. 2014. ABERT - Associação Brasileira de Emissoras de Rádio e Televisão. Disponível em:

<<https://www.abert.org.br/web/index.php/quemsomos/historia-do-radio-no-brasil>>. Acesso em: 09 nov. 2018.

CRUZ, Renato. TV digital no Brasil. Editora Senac. São Paulo, 2008.

DECRETO Nº 4901, DE 26 DE NOVEMBRO DE 2006. Presidência da República. Constituição, Brasília, DF.

DECRETO Nº 5820, DE 29 DE JUNHO DE 2006. Presidência da República. Constituição, Brasília, DF.

DECRETO Nº 9.271, DE 25 DE JANEIRO DE 2018. Presidência da República. Constituição, Brasília, DF.

DINIZ, Rafael. **O Sistema Brasileiro de Rádio Digital, os diferentes padrões existentes e a definição de um novo perfil do Ginga pensado para ser o middleware do SBRD**. Lab. Telemédia, Puc-rio, Rio de Janeiro, 2013.

DRM - Digital Radio Mondiale. **DRM Introduction and Implementation Guide**. 2013. Revision 2. Disponível em: <<http://www.drm.org/wp-content/uploads/2013/09/DRM-guide-artwork-9-2013-1.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2018.

FERRARETTO, Luiz Artur. **Possibilidades de convergência tecnológica: pistas para a compreensão do rádio e das formas do seu uso no século 21**. Congresso Brasileiro da Ciência da Comunicação, 30., 2007. Anais., Santos, 2007. Disponível em: <<http://www.intercom.org.br/papers/nacionais/2007/resumos/R0046-1.pdf>>. Acesso em: 3 fev. 2019.

FOROUZAN, B.A. **Comunicação de Dados e Redes de Computadores**. 4ª Edição. Bookman. 2009.

GRAÇA, Cláudio. Eletromagnetismo, Física 3. Série didática. UFSM, 2012.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. V. 4. 9ª. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2012.

HAYKIN, Simon; VAN VEEN, Barry. **Sinais e Sistemas**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

HIGUTI, Ricardo Tokio; KITANO, Cláudio. **Sinais e Sistemas**. 2003. Disponível em: <https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/optoeletronica/sinais_e_sistemas.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2019.

HWEI, P. HSU. **Sinais e Sistemas**. 1ªEd., Bookman, 2004.

LATHI, B. P.; DING, Zhi. **Sistemas de Comunicações Analógicos e Digitais Modernos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2012.

LA VEGA, Alexandre Santos de. **Apostila de Teoria para Fundamentos de Processamento Digital de Sinais**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense - UFF, 2018.

LEI Nº 9.472, DE 16 DE JULHO DE 1997. Presidência da República. Constituição (1997). Brasília, DF.

LOPEZ, Débora Cristina. **Marcos tecnológicos do radiojornalismo no Brasil: uma revisão histórica**. In: KLÖCKNER, L; PRATA, N (Org). **A história da mídia sonora: experiências, memórias e afetos de norte a sul do Brasil**. Porto Alegre: Edipucrs, 2009.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas S.A., 2003. 163 p.

MARTINS, Roberto de Andrade. **Física e História**. 2005. Disponível em: <<http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v57n3/a15v57n3.pdf>>. Acesso em: 06 jan. 2019.

MATTOS, Sérgio. **Uma contribuição ao debate da comunicação**. Trabalho apresentado na 1ª Conferência de Comunicação Social do Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS, 2009.

MATTOS, S. **A Revolução Digital e os Desafios da Comunicação**. Cruz das Almas, BA: UFRB, 2013.

MCLEISH, Robert. **Produção de rádio: um guia abrangente da produção radiofônica**. Tradução: Mauro Silva, São Paulo: Summus, 2001.

MOREIRA, Sonia Virgínia. **O rádio no Brasil**. Rio de Janeiro: Rio Fundo Editora, 1991.

NUSSENZVEIG, Moyses. **Curso de Física Básica**. V. 4. 4ª. Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2002.

OKA, Mauricio M. (2000). **História da Eletricidade**. São Paulo, Brasil: LSI.USP. Disponível em <<http://www.lsi.usp.br/~dmi/manuais/HistoriaDaEletricidade.pdf>>. Acesso em 07 de 01 de 2019.

OPPENHEIM, Alan V.; WILLISKY, Alan S. **Sinais e Sistemas**. 2. ed. São Paulo: Pearson, 2014.

ORTRIWANO, Gisela Swetlana. **A informação no rádio: os grupos de poder e a determinação dos conteúdos**. São Paulo: Summus, 1985.

PEREIRA, Livia et al. **A implantação do rádio digital no Brasil**. In: Congresso Brasileiro da Ciência da Comunicação na Região Sudeste, 15., 2010, Vitória. **Anais**: Vitória, 2010. Disponível em: <<http://www.intercom.org.br/papers/regionais/sudeste2010/resumos/R19-1171-1.pdf>> Acesso em: 17 fev. 2019.

PORTAL E-FÍSICA - USP. **Os rádio-receptores**. 2007. Disponível em: <http://efisica.if.usp.br/eletricidade/basico/ondas/radio_receptores/>. Acesso em: 20 jan. 2019.

PORTARIA Nº 1581, DE 09 DE ABRIL DE 2015. Diário Oficial da União. Constituição (2015). Brasília, DF.

PRADO, Emilio (1989). **Estrutura da Informação Radiofônica**. SP: Summus, p.85.

PRASAD, Ramjee. **OFDM for Wireless Communications Systems**. Boston: Artech House, 2004.

PRATA, Nair. **Webradio: novos gêneros, novas formas de interação**. Tese (Doutorado em Estudos Linguísticos) Universidade Federal Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/.../1/nair_prata_tese.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2019.

RIBEIRO, Nuno. **Multimédia e Tecnologias Interactivas**. 5. Ed. Porto: FCA, 2004.

RICARDO, Manuel Alberto Pereira. **Transmissão de Dados**. 2003. Notas de Aula. Disponível em: <https://web.fe.up.pt/~mricardo/02_03/cdrc1/teoricas/transmissao_v5.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2019.

ROHDE&SCHWARZ. **Tecnologia ISDB-TB**. Disponível em: <https://www.rohde-schwarz.com/br/tecnologias/transmissao-terrestre/isdb-tb/tecnologia-esdb-tb/isdb-tb_55800.html>. Acesso em: 11 nov. 2018.

SANJIT K. Mitra; **Digital Signal Processing: A Computer-Based Approach**; 3ª ed.; McGraw-Hill; 2006.

SOUTO, N. I.; FERNANDES, J. D.C. Os bastidores de uma nova era: a interatividade na televisão digital brasileira. In: NUNES, P. (org.). **Mídias digitais & interatividade**. João Pessoa: UFPB, 2009. p. 115 – 130.

SOUTO, Nara Idelfonso; MENDONÇA, Cláudio Márcio Campos de. **TV Digital no Brasil: Estudos científicos x Aplicação no mercado**. Raunp - Revista Eletrônica do Mestrado em Administração, Natal, v. 5, n. 2, p.100-100, abr. 2013. Disponível em: <http://portal.unp.br/arquivos/pdf/institucional/edunp/raunp_a5n2.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2018.

SILVA FILHO, José Gomes da. **Medidas de Campo em Frequência Modulada em Modo Simulcast Visando a Digitalização da Rádio Comunitária no Brasil**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

SÍNTESE, Tele. **Publicado decreto que dá mais prazo para rádios AM migrarem para FM**. 2018. Disponível em: <<http://www.telesintese.com.br/decreto-que-prorroga-prazo-de-migracao-da-am-para-fm-e-assinado/>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

TAVARES, Olga. Tecnologia e mídia radiofônica: mudança de paradigma à vista. In: NUNES, P (Org). **Mídias digitais e interatividade**. João Pessoa: Edufpb, 2009.

TOME, Takashi. **A política a reboque da tecnologia**. In: RODRIGUES, Paola Daniella da Fonseca. **A TV Digital no Brasil: do SBTVD ao ISDTV-T**. Programa de Pós-Graduação em Comunicação da Universidade de Brasília, 2008. Disponível em <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/2515/1/2008_PaolaDaniellaFonsecaRodrigues.pdf>. Acesso em: 24 de jan. 2019.

TRINDADE, Diamantino; TRINDADE, Lais. **As Telecomunicações no Brasil: do Segundo Império até o Regime Militar**. Sinergia (CEFETSP), São Paulo, v.1, 2004. p. 33-37.

WINCK FILHO, João Baptista de Mattos; BEVILAQUA, Leire Mara. **Produção de conteúdo para televisão digital no Brasil**. Revista Geminis, São Paulo, v. 2, n. 1, p.98-98, jan. 2014. Disponível em:
<<http://www.revistageminis.ufscar.br/index.php/geminis/article/view/191/0>>. Acesso em: 09 nov. 2018.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

1. Sinal Analógico x Sinal Digital

As informações em forma de dados podem ser representadas de duas formas: analógica ou digital e estas podem ser implementadas em dispositivos destinados a efetuarem as mais diversas tarefas possíveis. A informação analógica corresponde a uma onda eletromagnética que pode assumir infinitos valores no tempo e é, portanto, um tipo de sinal contínuo. A representação numérica deste sinal assume todos os possíveis valores intermediários, ou seja, se um sinal analógico varia entre 0 e 10, ele assumirá todas as parcelas fracionárias dessa variação.

Já na informação digital, a representação de dados é de forma discreta e possuem apenas um conjunto limitado de valores (que podem ser assumidos, dentro da escala adotada). Geralmente tais sinais possuem uma representação em dois níveis, e são comumente interpretados pela representação do sistema numérico binário.

Baseado nessas informações, e nos seus conhecimentos, você sabe qual a diferença entre um Sinal Analógico e um Sinal Digital?

Item I - Indique abaixo os aparelhos que usam o sinal do tipo analógico ou do tipo digital.

Rádio
Comunicador



☐ ANALÓGICO
☐ DIGITAL

Relógio



☐ ANALÓGICO
☐ DIGITAL

Multímetro



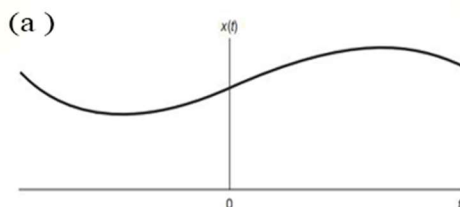
☐ ANALÓGICO
☐ DIGITAL

Balança

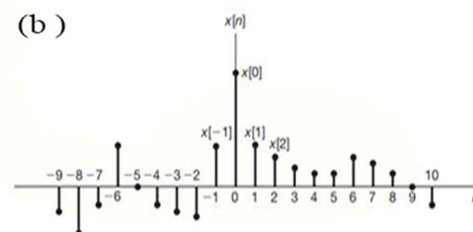


☐ ANALÓGICO
☐ DIGITAL

Item II - Indique nas ilustrações abaixo, qual fenômeno cada gráfico representa.



☐ ANALÓGICO
☐ DIGITAL



☐ ANALÓGICO
☐ DIGITAL

2 TV-Digital

A televisão brasileira surgiu em 1950, em instalações simples no estado de São Paulo, onde o pioneirismo das transmissões televisivas no Brasil é atrelado a Assis de Chateaubriand.

As transmissões ocorriam através da propagação de ondas curtas de rádio, ou seja, de forma analógica. O surgimento dos sistemas de televisão no Brasil ocorria no auge das transmissões de rádio, até então o veículo de comunicação mais popular do país, pois a radiodifusão estava em total ascensão e passando por grandes marcos regulatórios. Apesar da grande revolução causada, novas tecnologias foram surgindo, principalmente tecnologias que visavam a melhoria do sinal de televisão, e de outras plataformas.

O Ministério das Comunicações por meio da Portaria de nº 1581, de 09 de Abril de 2015 definiu um cronograma destinado ao desligamento do sinal analógico dos municípios, em que as atividades iniciavam-se em 29 novembro de 2015 e seriam finalizadas em 25 de novembro de 2018. Atualmente, o sinal digital brasileiro (Padrão ISDB-T) encontra-se em plena integralização em todo o território nacional, possibilitando sua utilização a qualquer usuário que possua os requisitos mínimos para obtenção desse sinal, que neste caso trata-se de um dispositivo receptor digital, ou ainda dispositivos conversores para aparelhos que ainda não possuem a tecnologia digital.

Baseado nessas informações, busca-se saber se a população está a par das novas mudanças ocorridas que afetam diretamente os meios de comunicação do país, principalmente o sistema radiofônico, que por sua vez, ainda não teve a tecnologia digital implementada. Para um levantamento quantitativo do panorama regional, responda os seguintes itens abaixo.

Item I) Você conhece, ou já ouviu falar, na tecnologia de transmissão de TV Digital?

() SIM () NÃO

Item II) Você conhece, ou já ouviu falar, na tecnologia de transmissão ISDB-Tb?

() SIM () NÃO

Item III) Você sabe quais as principais diferenças na qualidade das transmissões televisivas ocasionadas pela migração do sinal analógico para o sinal digital? Caso saiba, cite abaixo.

3 Rádio e Sinal Digital

No Brasil, os primeiros relatos acerca das transmissões de rádio são originados pelos experimentos do padre gaúcho Roberto Landell de Moura, em 1893 através da transmissão e recepção sem fio entre a Avenida Paulista e o Alto de Santana, em São Paulo. A mobilidade e acessibilidade ocasionadas pelo rádio tornou-se o principal meio de comunicação dos brasileiros, em que as mensagens radiofônicas se tornaram o veículo fonte de informação social, sendo muitas vezes a única fonte possível, uma vez que as transmissões possibilitam um alcance não exclusivo mesmo no contexto social e financeiro, fazendo com que o rádio caísse nas graças da população, pois este não respeita barreiras nem limites territoriais, sendo capaz de unir todos os sujeitos numa mensagem, mesmo que estes estejam separados geograficamente.

De forma não linear, o rádio passou por diversas reconfigurações e por causa disso que a radiofonia se consolidou entre os meios de comunicação, mesmo com a televisão se apresentando como uma plataforma potencialmente significativa dentre os sistemas de comunicação do país. As novas tecnologias da informação e da comunicação permitiu que o rádio se reinventasse, adaptando-se à diversos dispositivos e formatos tecnológicos, sempre em busca de melhorias e expansão do alcance da informação bem como sua qualidade, como aconteceu com o surgimento do transistor e com a tecnologia de modulação FM, tecnologia essa a qual opera em plena e integral atividade nas estações de rádio do país.

Baseado nessas informações e nos seus conhecimentos, responda os seguintes questionamentos:

Item I) Você conhece, ou já ouviu falar, na tecnologia de transmissão de Rádio Digital?

() SIM () NÃO

Item II) Existem diversos modelos de sinais digitais que são adequados para a transmissão digital de rádio. Abaixo estão listados os mais conhecidos. Caso você conheça ou já tenha visto falar sobre algum deles, destaque no local oportuno.

() ISDB-TSB () DAB () IBOC HD Radio () DRM

Item III) A tecnologia de rádio digital se renova a cada dia, principalmente na Europa, onde novos modelos se destacam pela versatilidade e aplicabilidade. Tais funcionalidades vêm impulsionando muitos setores da indústria de uma forma geral, principalmente da indústria publicitária, oferecendo novas perspectivas de conteúdo e programas, bem como novos investimentos. No Brasil, é fato que devido ao advento dos sistemas de televisão o rádio perdeu boa parte desses investimentos, porém ainda resiste de forma consolidada como um meio de comunicação muito importante, principalmente para as cidades com menor número de habitantes. O governo demonstrou interesse na implementação da tecnologia em meados dos anos 2000, mas a discussão perdeu forças após o processo de implementação dessa tecnologia na TV. Nessa perspectiva, é de grande importância a participação social como apelo impulsionador de novas discussões que sejam capazes de retomar de forma mais concisa as pesquisas voltadas para a implementação do rádio digital.

Como corpo integrante de uma emissora de rádio, responda os seguintes questionamentos:

- Na sua opinião, quais os benefícios que a tecnologia de rádio digital poderia trazer para o contexto ao qual você está inserido?
- Considerando as condições atuais de operação dessa emissora, quais as principais contribuições que esta traz para o contexto social a qual está inserida?