

Manual da Rádio

Luís Carvalho

Mundo da Rádio

<http://www.mundodaradio.com>

30 de Novembro de 2021



Este trabalho, à excepção do conteúdo de terceiros sujeitos pelos autores a outras condições, está licenciado com uma Licença Creative Commons - Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional. É permitida a cópia e distribuição por meio físico (incluindo impressão) ou digital deste documento, na forma original ou modificada, para fins pessoais, académicos, científicos ou outros não comerciais, desde que seja atribuído o crédito ao autor. É proibida toda e qualquer utilização deste documento para fins comerciais sem o consentimento explícito do autor. Para questões relacionadas com o licenciamento de todo ou de parte deste livro digital, queira, por favor, contactar o autor através do endereço de correio electrónico: **mundodaradio ARROBA gmail PONTO com** .

Conteúdo

0.1	Prefácio	6
1	Como funciona a rádio?	8
2	Ondas electromagnéticas: conceitos fundamentais	10
3	Espectro radioelétrico	12
3.1	Radiação ionizante	13
3.2	Radiação não ionizante	14
4	Tecnologias da rádio: conceitos fundamentais	15
4.1	Modulação	15
4.1.1	Modulação em amplitude (AM)	16
4.1.2	Modulação em frequência (FM)	16
4.1.3	Modulação em banda lateral única (BLU)	17
4.2	Antena	19
4.2.1	Antenas direccionais e omnidireccionais	20
4.3	Polarização	21
5	Propagação das ondas de rádio	23
5.1	Propagação ionosférica	23
5.1.1	O que são ciclos solares e como afectam a propagação ionosférica?	25
5.2	Propagação por onda de solo	26
5.2.1	Cálculo do alcance teórico de um sinal propagado através de onda de solo	27
5.3	Propagação em linha de vista	28
5.3.1	Cálculo do alcance de um sinal propagado em linha de vista	28

5.4	Zonas de sombra	29
6	Emissões espúrias e harmónicas	31
7	Interferências na recepção	33
7.1	Interferência electromagnética (EMI)	33
7.2	Propagação multipercurso (multipath)	34
7.3	Interferência co-canal	35
7.4	Interferência de emissão em frequência adjacente	35
7.5	Empastelamento (jamming)	35
8	Potência não é tudo... mas ajuda	37
9	Ruído	39
9.1	Ruído atmosférico	39
9.2	Ruído derivado da interferência electromagnética	40
9.3	Porque é que quando tenho um rádio sintonizado numa frequência livre oiço tanta estática?	41
9.4	Relação sinal-ruído	42
10	Factores que influenciam a qualidade da recepção	43
11	Faixas do espectro radioelétrico utilizadas nas emissões de radiodifusão	45
11.1	Onda Curta (OC)	45
11.1.1	Como funcionam as emissões de rádio em Onda Curta	45
11.2	Onda Média (OM)	49
11.3	Onda Longa (OL)	50
11.3.1	Efeito Luxemburgo-Gorky	51
11.4	Faixa de radiodifusão VHF-FM (87,5 - 108 MHz)	52
11.4.1	Efeito de captura	54
11.4.2	Pré-ênfase e De-ênfase	54
11.4.3	FM estereofónico	55
11.4.4	Radio Data System (RDS)	55
11.4.5	Caso especial da propagação das ondas: Difracção fio de navalha	58
11.4.6	Propagação multipercurso: efeitos na recepção de emissões FM	59

11.5	Faixas reservadas para outras comunicações	60
11.5.1	Estações de números	60
11.5.2	Estações de amador	61
11.5.3	Banda do Cidadão	61
11.5.4	Banda aeronáutica VHF	61
11.5.5	Estações de sinal horário	61
11.5.6	Radiofaróis não direccionais	62
11.5.7	Outras comunicações	62
12	DX	63
12.1	DX nas faixas de Onda Longa, Onda Média e Onda Curta	63
12.2	DX na faixa FM (87,5 - 108 MHz)	64
12.2.1	Propagação por E esporádica	64
12.2.2	Propagação por condução troposférica	66
12.3	Propagação Transequatorial	66
12.4	Reflexão por meteorito	67
12.5	Dispersão devido a raio	67
12.6	Auroras boreais	68
13	Receptores de emissões de rádio	69
13.1	O que significa sintonizar uma estação de rádio?	69
13.2	Tecnologias de recepção	70
13.2.1	Receptor Super-heteródino	70
13.2.2	Receptor DSP (Digital Signal Processing)	70
13.2.3	Rádio Definido por Software (SDR)	71
13.3	Características dos receptores de rádio	71
13.3.1	Sintonia analógica vs. sintonia digital	71
13.3.2	Sensibilidade	72
13.3.3	Selectividade	73
13.3.4	Rejeição de imagem	73
13.3.5	Controlo automático de ganho (AGC)	73
13.4	Qual o melhor receptor de rádio para quem quer começar a explorar as faixas de radiodifusão (e, quiçá, outras faixas)?	74
13.5	Como aproveitar ao máximo o receptor	75
13.5.1	Cabos e outros elementos de ligação entre a antena e o receptor	76
13.5.2	Amplificadores	77

13.5.3	Como melhorar a recepção dentro de um veículo	77
14	Listas de frequências das emissões de rádio	78
14.1	FMLIST e MWLIST	78
14.2	Horários e frequências das emissões em Onda Curta	78
14.3	World Radio TV Handbook	79
15	Tecnologias de radiodifusão digital	80
15.1	DAB (Digital Audio Broadcasting)	80
15.2	DAB+	81
15.3	Digital Radio Mondiale (DRM)	82
15.4	HD Radio	82

0.1 Prefácio

Permitam-me que conte um pouco da história de como comecei a aprender como funciona a rádio. Numa era em que a Internet como a conhecemos ainda não existia, o meu primeiro contacto com a vertente técnica da rádio foi através de dois ou três livros antigos que pouco mais eram do que guias para melhorar a recepção. A melhor alternativa era contudo a menos acessível ao comum do leitor; tratava-se de material escrito por radioamadores e para radioamadores, o que, sem demérito pela qualidade dos artigos, levava a que empregassem uma linguagem técnica desajustada a quem não tivesse noções básicas no campo da electrónica e das radiocomunicações.

Volvidos tantos anos, e já com acesso à Internet, decidi criar um "site" que pudesse abordar alguns assuntos técnicos, mas com uma linguagem acessível. Foi neste contexto que nasceu o "Mundo da Rádio". Senti, no entanto, que tinha de fazer mais pelo mundo da tecnologia por detrás da emissão e recepção de sinais de rádio. Neste contexto, comecei a escrever o "Manual da Rádio", este livro digital e gratuito, ambicionando conseguir descomplicar os aspectos técnicos mais importantes da rádio de forma a que qualquer leitor, incluindo o iniciante na escuta de rádio desprovido de grandes conhecimentos de áreas como a Matemática e a Física, tenha uma noção como as coisas funcionam. Não obstante ter começado este projecto em 2017, este ficou no "fundo da gaveta" durante algum tempo. No início de 2020, tomei uma resolução: concluir esta obra. E que melhor data para a apresentar a não ser o Dia Mundial da Rádio (13 de Fevereiro)? Assim, tenho andado os últimos dias a rever o texto, a acrescentar alguns pormenores e, no geral, a melhorar este livro.

Tratando-se de um trabalho de uma só pessoa, tenho feito os possíveis para me certificar que não existem erros, imprecisões ou omissões no texto. Não obstante, estou disponível para aceitar todas as críticas construtivas a respeito deste livro, incluindo a sugestão de assuntos que possam ser acrescentados. Esta não tem de ser necessariamente uma obra terminada tal como se encontra, podendo sofrer melhoramentos.

Espero que este trabalho seja do agrado do leitor. Tenho-o escrito a pensar como deveria ser o livro que eu gostaria de ter lido quando comecei a interessar-me pela rádio e ambiciono atrair a curiosidade de quem nunca tenha mexido de uma forma séria num receptor e queira começar a compre-

ender como é que tal "caixa mágica" debita som. Saliento que, apesar de ser escrito numa perspectiva portuguesa, muito do conteúdo do livro adapta-se à realidade dos outros países lusófonos - a tecnologia utilizada na radiodifusão opera em quase todos os países há longas décadas.

Capítulo 1

Como funciona a rádio?

Para melhor compreendermos como funciona o processo de emissão e recepção de uma rádio que emite através de ondas electromagnéticas, consideremos a seguinte situação: Passam poucos segundos do meio-dia no relógio do estúdio da Rádio X (estação fictícia que, para fins desta explicação, convençionamos que opera em FM, através da frequência de 100,0 MHz), onde o jornalista de serviço está pronto para começar a relatar as notícias do dia. O profissional da rádio liga o microfone e começa a falar. No mesmo momento, o microfone começa a converter as ondas sonoras da voz humana num sinal eléctrico. Esse sinal eléctrico, depois de submetido a processamento, é enviado ao emissor da Rádio X. O emissor propriamente dito recebe o sinal do áudio e procede à sua modulação em frequência ¹ [dito numa linguagem mais simples, a informação sonora foi convertida num sinal pronto para ser entregue às antenas de emissão]. O sinal eléctrico resultante da "mistura" da portadora com a modulação é encaminhado para as antenas, estruturas metálicas que convertem o sinal eléctrico numa radiação. As ondas de rádio (também designadas por **ondas herzianas**) que saem dessas antenas de emissão propagam-se até chegar a outra antena, a do rádio portátil a pilhas do ouvinte da Rádio X. A radiação que chegou à antena do receptor de rádio é convertida num sinal eléctrico que, depois de filtrado e amplificado, chega ao altifalante do rádio, que por sua vez converte-lo em ondas sonoras que chegam aos ouvidos do ouvinte (passe o pleonasma).

Naturalmente que esta descrição representa a realidade de uma forma muito simplificada e pouco rigorosa, todavia, como já referi, o objectivo deste

¹Termos técnicos que serão abordados no capítulo 4.

texto não é envergar pela análise das leis da Física subjacentes à propagação das ondas de rádio e o estudo da electrónica necessária ao funcionamento de uma estação de rádio. Procuramos aqui simplificar ao máximo, traduzindo essas e outras matérias da ciência numa linguagem descomplicada, compreensível ao leigo na matéria.

Capítulo 2

Ondas electromagnéticas: conceitos fundamentais

Podemos afirmar que uma onda electromagnética não é mais que uma perturbação oscilante periódica no tempo. De uma forma mais simples, é uma radiação electromagnética (energia) que se repete de forma regular a cada intervalo de tempo.

A **frequência** de uma onda é o número de ciclos por intervalo de tempo (usualmente um segundo). Simplificando, representa o número de vibrações (ciclos) que a onda sofre em cada segundo e é quantitativamente medida, segundo o Sistema Internacional de Unidades (SI), em hertz (Hz). Por se tratar de uma unidade demasiadamente pequena, no campo das radiocomunicações utilizam-se habitualmente os múltiplos quilohertz (símbolo: kHz), megahertz (MHz) e gigahertz (GHz), sendo que 1 kHz=1000 Hz , 1 MHz = 1000000 Hz e 1 GHz = 1000000000 Hz. Tomando como exemplo uma emissão que irradia uma onda que oscila 200000 vezes por segundo, essa radiação tem a frequência de 200000 Hz, 200 kHz ou de 0,2 MHz.

As ondas electromagnéticas viajam à velocidade da luz (notação: **c**) (cerca de 300 000 km/s ou 300 000 000 m/s). À razão (quociente) entre a velocidade da luz (**c**) e a frequência (**f**) chamamos **comprimento de onda** e representa a distância (em metros) percorrida pela onda em cada ciclo. Formalizando matematicamente, o comprimento de onda, representado pela letra grega "lambda"minúscula (λ) é calculado segundo a expressão:

$$\lambda[m] = \frac{c[m/s]}{f[Hz]}$$

Na prática, torna-se possível simplificar a expressão anterior.

- Se tivermos a frequência em kHz, podemos simplesmente dividir 300000 pela frequência.

$$\lambda[m] = \frac{300000}{f[kHz]}$$

- Se a frequência estiver em MHz, basta-nos dividir 300 pela frequência.

$$\lambda[m] = \frac{300}{f[MHz]}$$

Exemplos:

Um emissor de Onda Média a operar nos 630 kHz tem o comprimento de onda de aproximadamente $\lambda = \frac{300000}{630} = 476,19m$. Já um emissor VHF-FM a operar nos 90,0 MHz, tem o comprimento de onda de $\lambda = \frac{300}{90} = 3,33m$.

Qual a importância de se saber o comprimento de onda duma determinada emissão? É que, devido às leis da Física, um sinal de rádio pode ver o seu percurso até ao local de recepção interrompido por um objecto de dimensões superiores ao seu comprimento de onda. Trata-se da razão pela qual um sinal na faixa de radiodifusão em FM (87,5-108 MHz) poderá ser bloqueado por uma montanha situada entre o local do emissor e uma localidade onde um ouvinte não consegue sintonizar adequadamente tal rádio, por falta de sinal; outro exemplo, mais evidente, é o que acontece na recepção de canais de televisão e rádio através de uma antena parabólica de dimensões reduzidas - em dias de chuva forte, o sinal do satélite que chega à antena é substancialmente atenuado, podendo inviabilizar a recepção durante algum tempo. Em contrapartida, uma emissão diurna de uma rádio na Onda Média pode atingir localidades numa região montanhosa onde as rádios FM não se fazem ouvir.¹

¹Veremos adiante que os problemas de recepção podem não dever-se somente à falta de sinal.

Capítulo 3

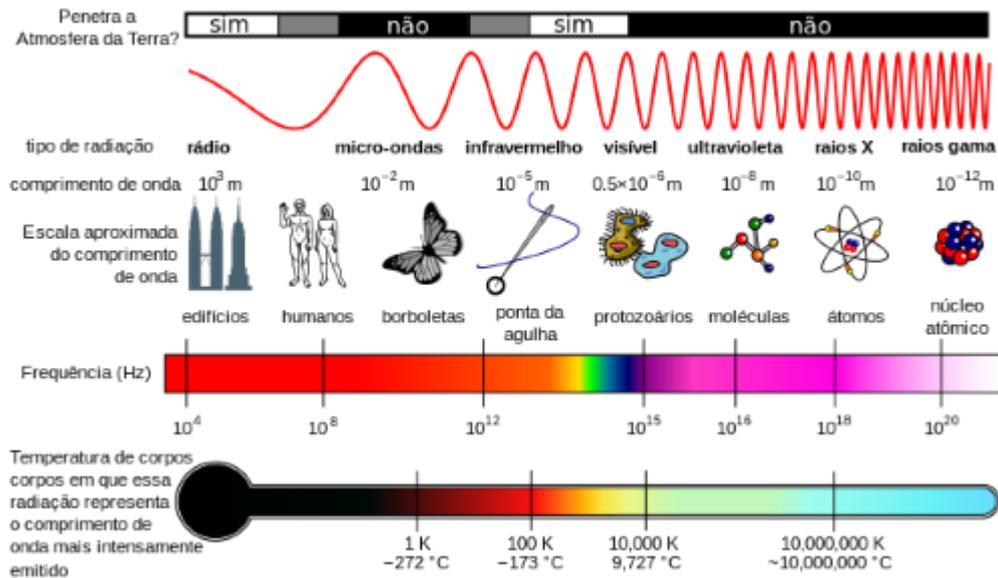
Espectro radioeléctrico

Na verdade, as ondas hertzianas são empregues não apenas na radio-difusão mas também em muitos outros serviços, a começar pela televisão (analógica (ainda em muitos países) ou digital terrestre (como em Portugal), mas também serviços de telecomunicações (telemóveis, Internet móvel), sem ignorar o radioamadorismo, as estruturas militares, forças de segurança e protecção civil, além dos muitos serviços de comunicações privadas utilizadas por instituições das mais variadas actividades. Cada vez mais, dependemos das ondas electromagnéticas nas nossas vidas - prova disso será o facto de o leitor deste "Manual da Rádio" ter muito provavelmente recorrido às ondas (4G, Wi-Fi etc.) para ligar-se à Internet e descarregar para o seu dispositivo este ficheiro PDF.

Podemos afirmar que o **espectro electromagnético** é o intervalo de todas as frequências possíveis da radiação electromagnética. Na prática, o espectro electromagnético engloba não apenas as ondas produzidas no âmbito das radiocomunicações, mas também um vasto conjunto de formas de radiação, cuja maioria é igualmente explorada pelo ser humano, com aplicações em campos diversos, incluindo a medicina, a investigação científica, a produção de energia ou a indústria. Aliás, a própria luz pode ser considerada como uma forma de radiação electromagnética.¹ Com efeito, a radiação inclui, entre outros exemplos e sem contar com exemplos evidentes no âmbito das comunicações, os raios gama, os raios X, os raios infravermelhos e os raios ultravioleta. Não obstante a grande variedade de formas de radiação

¹Com efeito, trata-se de uma simplificação da realidade, já que o desenvolvimento desta questão sai completamente do âmbito deste documento.

presente no espectro electromagnético, apenas uma faixa de frequências relativamente pequena é utilizada para fins de comunicação. Na radiodifusão analógica, as emissões utilizam frequências entre os 153 kHz e os 108 MHz.



Espectro electromagnético. Imagem produzida por Khemis e publicada no Wikimedia Commons sob licença Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0)

Assim, de toda a radiação electromagnética existente no planeta Terra, a rádio contribui com uma pequena faixa de frequências, se compararmos com a quantidade de frequências utilizadas por outras fontes - e não nos referimos apenas às tecnologias desenvolvidas pelo ser humano; por exemplo, o Sol é um emissor constante de radiação ultravioleta que se propaga até à Terra.

Importa salientar que existem dois tipos de radiação electromagnética:

3.1 Radiação ionizante

Essencialmente, a radiação produzida por substâncias radioactivas. Se, por um lado, o mundo já viu autênticas tragédias derivadas da utilização incorrecta, de forma deliberada ou acidental da radioactividade, das bombas atómicas no Japão aos desastres de Chernobyl e Fukushima, o recurso a fontes de radiação ionizante nos hospitais ajuda ao diagnóstico de pacientes (raios X etc.) e trata outros doentes com doenças prolongadas (radioterapia),

entre outras utilizações.

3.2 Radiação não ionizante

A radiação produzida por fontes não radioactivas, **incluindo as emissões de rádio**. Outras aplicações da radiação não ionizante conhecidas são as emissões de televisão, as redes de telemóvel (ou, como dizem os nossos amigos brasileiros, celular), as redes Wi-Fi, os rádios utilizados pelos bombeiros e pela polícia (incluindo o SIRESP português), os equipamentos dos radioamadores etc.

Capítulo 4

Tecnologias da rádio: conceitos fundamentais

Para compreendermos melhor o funcionamento da rádio, é necessário introduzir alguns conceitos e termos técnicos utilizados na área das comunicações através das ondas de rádio.

4.1 Modulação

Voltemos ao exemplo do capítulo 1, onde vimos que a "Rádio X", a nossa estação fictícia, emite na frequência de 100,0 MHz. Se o emissor da rádio enviasse às antenas radiantes só o sinal gerado pelo circuito electrónico do emissor, os ouvintes, ao sintonizarem a Rádio X, escutariam apenas silêncio.

O emissor propriamente dito gera uma onda electromagnética com a frequência de 100,0 MHz. Esta frequência representa a frequência da **portadora**, isto é, um sinal de 100 MHz mas sem qualquer informação de áudio. Para que uma emissão de rádio possa incluir o som da voz dos locutores e da música tocada pelas placas de som dos computadores nos estúdios, é necessário adicionar à portadora um sinal que varia em função da informação presente no sinal do áudio. Este processo, a **modulação**, não exclusivo das emissões de rádio ¹, pode ser realizado de várias formas.

¹os sinais de televisão terrestre (analógica ou digital) são modulados, o mesmo se passa com todas as transmissões que utilizam as ondas de rádio, incluindo as redes móveis, as redes Wi-Fi, entre muitos outros exemplos. Para dar um exemplo das comunicações com fios, o leitor deste livro que se tenha ligado à Internet pela primeira vez nos anos 90 do século passado ou no início dos anos 2000s, terá utilizado um modem (interno ou externo) ligado ao computador. O termo "modem" significa modulador-desmodulador,

4.1.1 Modulação em amplitude (AM)

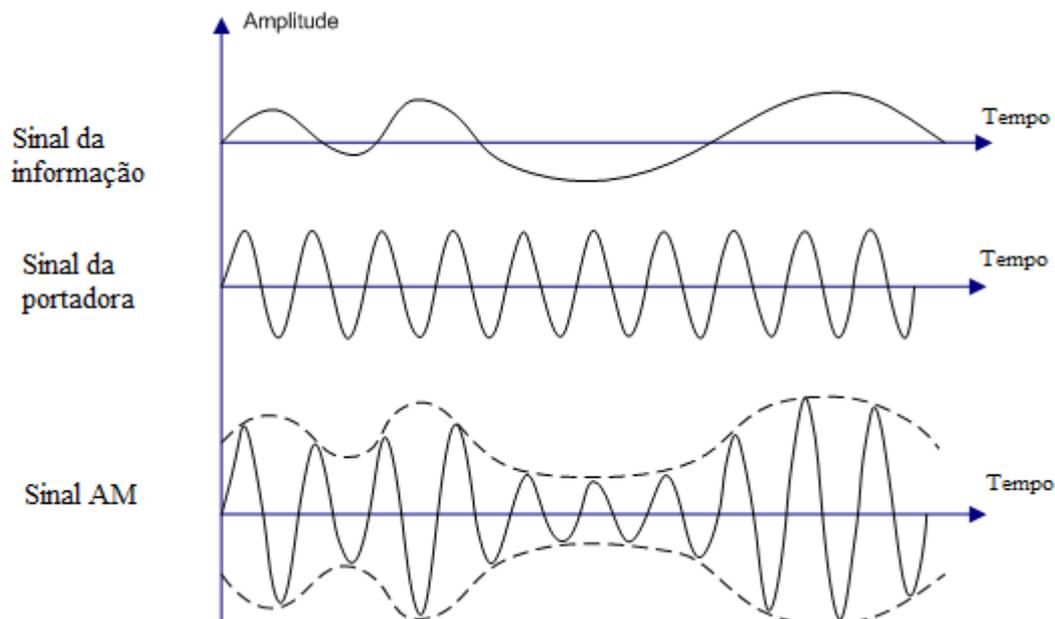


Ilustração da modulação em amplitude. Imagem adaptada do original em inglês de Ivan Anika, publicada no Wikimedia Commons sob licença Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0).

A **amplitude** de um sinal é, grosso modo, a medida da variação da intensidade da onda em função de um período de tempo. Na **modulação de amplitude** (AM), a amplitude do sinal modulado varia em função do sinal de interesse (áudio da emissão de rádio). Trata-se da tecnologia de modulação mais utilizada nas emissões de radiodifusão nas ondas curtas, médias e longas, como veremos no capítulo 5.

4.1.2 Modulação em frequência (FM)

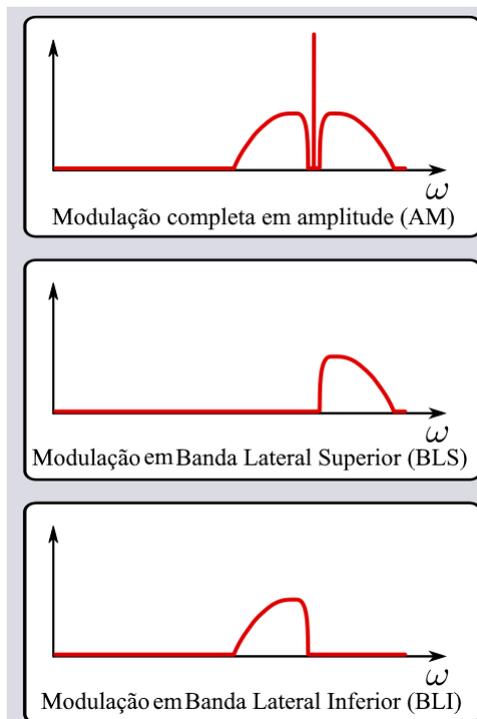
A modulação em frequência (FM), tecnologia implementada desde os anos 40 do século XX graças às inovações apresentadas pelo engenheiro Edwin Howard Armstrong, codifica a informação sonora (som)² através da

um equipamento que modulava os sinais digitais produzidos pelo computador num sinal de áudio analógico, que era transmitido pela linha telefónica. Do outro lado da ligação, um segundo modem, ligado a um segundo computador, recebia a informação sonora e desmodulava-a, isto é, convertia os sons em informação binária (digital) passível de ser interpretada por este último equipamento informático.

²e eventualmente outros sinais, como veremos no capítulo 5.

variação da frequência em função do som a ser transmitido, isto é, a diferença entre a frequência da portadora e frequência do sinal de áudio é proporcional ao sinal de modulação. Por outras palavras, a frequência do sinal de áudio varia à volta da frequência da portadora conforme os sons a serem transmitidos. Esta técnica tem a vantagem de proporcionar, comparativamente à modulação de amplitude, um som de melhor qualidade e mais resistente a interferências de natureza electromagnética, pois o sinal é decodificado sem se recorrer tanto à amplitude (mesmo que a amplitude seja afectada por interferências, o receptor consegue desmodular o sinal de frequência variável).

4.1.3 Modulação em banda lateral única (BLU)



BLU comparada com a modulação de amplitude. Imagem adaptada do original feito pelo utilizador "SpinningSpark", disponibilizado no Wikimedia Commons sob licença Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0.

Consideremos uma emissão modulada em amplitude. Tal modulação é transmitida em "redor" da portadora. Isto significa que a portadora transmite na frequência exacta de emissão e que a modulação utiliza as frequências acima e abaixo da frequência utilizada pela portadora. Explicando com um

exemplo prático, se uma emissão em Onda Curta se realizar nos 7000 kHz, com uma largura de banda (intervalo de frequências ocupado pela transmissão) de 5 kHz, por exemplo, a emissão ocupará o espectro compreendido entre os $7000 - 2,5 = 6997,5\text{kHz}$ e os $7000 + 2,5 = 7002,5\text{kHz}$.

Quando sintonizamos uma estação de rádio, o som que ouvimos foi modulado em duas bandas laterais simétricas que oscilam acima (**Banda Lateral Superior**) e abaixo (**Banda Lateral Inferior**) da portadora, como se colocássemos um espelho ao lado de um objecto e víssemos em simultâneo esse objecto e a sua imagem reflectida. Quando existem perturbações na propagação da emissão, as duas bandas deixam de ser simétricas e, tal como se em vez de usarmos um espelho plano, observarmos o objecto com um espelho não-plano (convexo, côncavo, esférico, etc.), ocorre distorção. Este fenómeno, facilmente constatado na Onda Média e na Onda Curta, surge quando os sinais não são reflectidos de forma igual pela ionosfera, alterando a forma da onda que chega ao nosso receptor.

Um dos problemas inerentes à modulação em amplitude (AM) advém do facto da portadora consumir metade da potência de emissão. A outra metade é subdividida pelas duas bandas laterais. Como facilmente se depreende, este sistema tem o inconveniente de ser pouco eficiente numa óptica energética. Afinal, metade da energia é gasta numa portadora que não oferece nada de útil para o ouvinte e existem duas bandas semelhantes entre si, que poderiam muito bem ser convertidas numa única, como se em vez de termos dois objectos, comprássemos apenas um e arranjassemos um espelho para o reflectir, dando a ilusão de serem dois.

Esta situação tem uma solução: chama-se SSB (*Single side Band*) ou, em português, BLU (**Banda Lateral Única**). Assim, a BLU permite transmitir apenas uma das bandas laterais, evitando o desperdício da portadora. Existem várias modalidades:

- **USB (Upper Side Band)** ou **BLS (Banda Lateral Superior)**: como o nome sugere, apenas a banda lateral superior é transmitida. A portadora e a banda lateral inferior são recriadas pelo circuito do receptor.
- **LSB (Lower Side Band)** ou **LBI (Banda Lateral Inferior)**: idêntica à anterior, mas aplicada à banda lateral inferior.

- **Transmissão da BLS e da portadora:** mais eficiente do que uma transmissão convencional "AM", mas que pode ser escutada nos receptores sem BLU.
- **Transmissão da BLI e da portadora:** semelhante à situação anterior;
- **Transmissão simultânea em BLS e BLI:** permite o funcionamento de duas emissões distintas na mesma frequência. O ouvinte ou comuta para BLS ou comuta para BLI, conforme a emissão que lhe interessa.

4.2 Antena

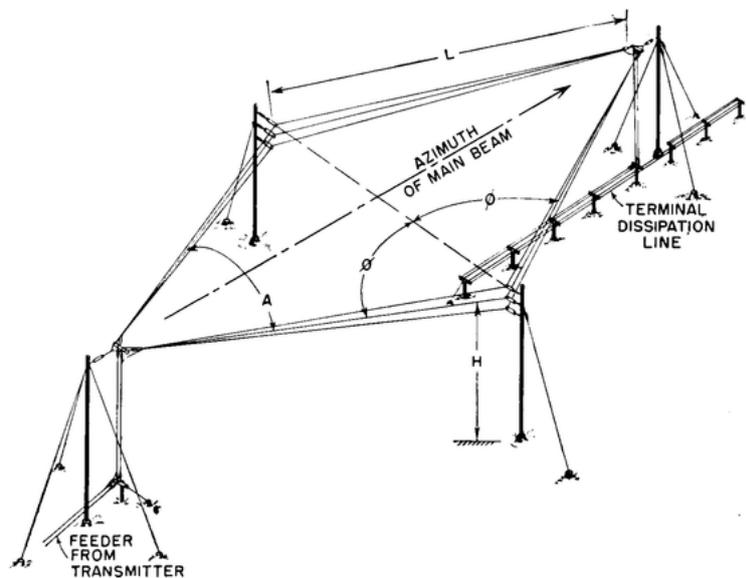


Fig. 3.77. Horizontal rhombic antenna (common three-wire form).

Esquema de uma antena rômbrica, tipo de antena direccional e que é caracterizada por formar um "desenho" em forma de losango, tendo, entre outras utilizações, a emissão e a recepção de emissões em Onda Curta. Imagem retirada do livro "Radio Antenna Engineering", que se encontra em domínio público.

De uma forma resumida, uma antena é um dispositivo que recebe um sinal eléctrico proveniente de uma linha de transmissão (cabo que conduz o sinal eléctrico que sai do emissor propriamente dito) e transmite-o sob

a forma de radiação radioelétrica (ondas hertzianas) ou vice-versa, isto é, capta as ondas hertzianas e converte tal radiação num sinal eléctrico que será filtrado e amplificado pelo receptor.

Existem inúmeros tipos de antenas, dependendo da sua utilização e características pretendidas. Podemos, no entanto, dividi-las em dois grupos: as **antenas direccionais** transmitem ou recebem ondas hertzianas com maior eficiência em determinada(s) direcção(ões), enquanto que as **antenas omnidireccionais** irradiam ou recebem a energia electromagnética de uma forma mais ou menos semelhante em todas as direcções.

Idealmente, a dimensão de uma antena (de emissão ou recepção) corresponde ao comprimento de onda da emissão a ser irradiada ou captada. Contudo, tal situação não é muitas vezes possível (um bom exemplo é de uma estação que opera na Onda Longa através da frequência de 153 kHz, que teria o comprimento de onda correspondente a cerca de 1961m (imaginese o que seria uma torre com quase 2 km de altura(!)); a melhor solução (a que oferece o maior desempenho possível face às contingências a que o projecto da antena está sujeito) passa pela construção de uma antena com a dimensão da metade do comprimento de onda, ou 1/4 do comprimento de onda, 1/8 de onda ou outro valor, determinado matematicamente, que ofereça a melhor qualidade de sinal. Note-se que o assunto antenas é, por si só, um mundo complexo, onde os engenheiros electrotécnicos estudam livros dedicados a esta temática.

4.2.1 Antenas direccionais e omnidireccionais

Por vezes, por razões de ordem técnica (evitar a interferência sobre outra estação que opere na mesma frequência ou numa frequência adjacente) ou por motivos legais, as antenas de emissão de uma estação de rádio podem emitir à potência máxima autorizada em determinadas direcções enquanto que é obrigada a restringir a potência irradiada num azimute (direcção) ou num conjunto de azimutes.

Deste modo, o sinal que "sai" numa determinada direcção é reduzido, apesar de "sair" à potência máxima nas restantes direcções. Outra situação comum ocorre quando uma rádio quer que o sinal seja máximo num determinado azimute mas que seja substancialmente atenuado nos restantes azimutes. Este último caso é frequente no caso da Onda Curta, já que uma estação que emite da Europa para o continente asiático, por exemplo, pode

não ter muito interesse em transmitir para todas as direcções, já que estará a gastar muita energia sem ter ouvintes noutros continentes; utilizando uma antena altamente direccionada, o sinal é concentrado num determinado azimute, fazendo com que a estação seja escutada na região pretendida sem desperdiçar muita energia a colocar sinal em locais sem interesse (um bom exemplo é uma zona do oceano localizada a centenas ou milhares de quilómetros de qualquer local habitado). Ao não irradiar demasiada energia de forma desnecessária, é possível utilizar-se uma antena optimizada para cobrir a região para a qual o sinal é dirigido.

Também na recepção, as antenas direccionais são muito úteis quando queremos minimizar a interferência de um emissor sobre outro que opere na mesma frequência ou numa frequência demasiada próxima. Por terem, muitas vezes, um ganho superior ao das antenas omnidireccionais, as antenas direccionais são também utilizadas em situações de sinal fraco ou instável.

No caso das emissões na faixa de VHF-FM, que iremos abordar na secção 11.4, é relativamente frequente haver em Portugal, no caso de algumas rádios locais cujo emissor foi deslocalizado para fora do concelho para o qual o alvará foi atribuído, e em determinados emissores das rádios nacionais, a imposição, por parte da entidade reguladora, a ANACOM (Autoridade Nacional de Comunicações), de restrições de azimute. Se houver a exigência de reduzir o sinal num determinado azimute, a solução mais comum é a utilização de reflectores, elementos localizados em frente ou atrás das antenas propriamente ditas instaladas na torre de emissão, que restringem o sinal na direcção pretendida, sem prejuízo das restantes direcções. Noutros casos e dependendo das circunstâncias, as estações de rádio utilizam elementos radiantes (antenas) direccionais.

4.3 Polarização

A polarização é uma propriedade das ondas electromagnéticas que representa o plano (no sentido geométrico do termo) no qual uma onda está a vibrar. No caso das emissões de rádio, a polarização é importante na medida em que as antenas são sensíveis à polarização. Uma antena polarizada verticalmente irradiará um sinal "vertical" que será melhor captado por outra antena disposta na vertical do que por uma antena montada na horizontal. O trajecto da onda entre a antena emissora e a antena receptora também

pode, em certas circunstâncias, alterar a polarização.

Quiçá o exemplo mais fácil de explicar da implicação da polarização seja a escuta de emissões na faixa de VHF-FM, assunto que veremos com maior pormenor na secção 11.4. Muitas rádios utilizam a polarização vertical ou a polarização mista (vertical + horizontal) nos elementos radiantes da torre de emissão pela simples razão de que as antenas dos veículos são verticais (ou descrevem um ângulo diferente de 0° ou 180° em relação à horizontal), pelo que recebem melhor os sinais emitidos com polarização vertical ³, assegurando a máxima transferência de sinal para o auto-rádio. Também as antenas telescópicas dos rádios portáteis são geralmente colocadas na vertical. No caso da polarização mista (e polarização circular), existe uma componente vertical e uma componente horizontal do sinal, pelo que uma antena orientada na horizontal continua a assegurar a recepção satisfatória da emissão.

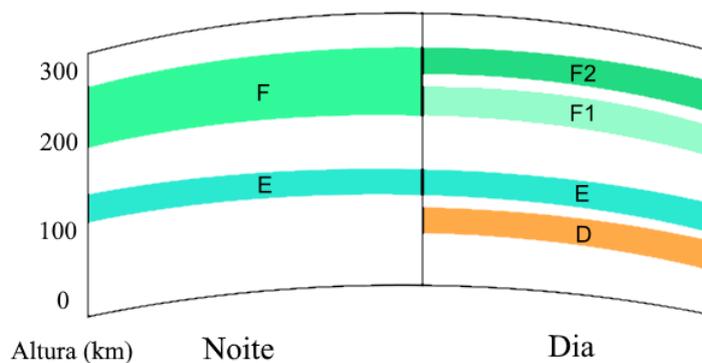
³Naturalmente que estamos a simplificar muito o tema, ignorando grande parte da teoria da Física respeitante às ondas electromagnéticas, mas num livro que quer ser acessível a qualquer leitor leigo será preferível uma descrição fácil de entender mas pouco rigorosa do que um texto científico de compreensão difícil.

Capítulo 5

Propagação das ondas de rádio

5.1 Propagação ionosférica

A **ionosfera** é uma região da atmosfera terrestre ionizada pela radiação solar, composta por camadas que se formam de maneira diferente durante o dia e durante a noite. Durante o período noturno, as camadas "E" e "F" estão presentes; já durante o dia, a camada "D" é formada e as camadas "E" e "F" são reforçadas.



Camadas da ionosfera. Imagem adaptada e traduzida do original de Naval Postgraduate School, publicado na Wikimedia Commons sob licença Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.

Tais especificidades da ionosfera conferem-lhe uma característica muito

interessante para a propagação das ondas hertzianas: regra geral, os sinais até 30 MHz que atingem as camadas da ionosfera são reflectidos de volta para a Terra, atingindo uma região a milhares de quilómetros do emissor. Ao chegarem ao solo, as ondas são novamente reflectidas para a ionosfera e assim sucessivamente. Este comportamento das ondas permite às estações de rádio em Onda Curta (e na Onda Média durante a noite como iremos ver adiante no livro) propagar o sinal a outros países e até a outros continentes. Com a propagação ionosférica é literalmente possível, em determinadas condições, escutar uma estação de rádio em Onda Curta irradiada a partir de um emissor localizado num país dos nossos antípodas!

Não obstante, e como nem a ionosfera nem a Terra são reflectores perfeitos e existem perturbações na propagação durante a "viagem" das ondas, as reflexões, aliadas a outros fenómenos, atenuam o sinal que chega à região onde se localiza o ouvinte. As estações de rádio internacionais utilizam geralmente emissores com potências elevadas (na ordem das centenas de kW) para se fazerem escutar a milhares de quilómetros.

As emissões captadas através da propagação ionosférica são caracterizadas por alguma instabilidade (devido, entre as outras razões à propagação multipercurso (*multipath*) do sinal¹, o que provoca, em maior ou menor grau, o desvanecimento (também conhecido pelo termo na língua inglesa *fading*) da intensidade do sinal. Assim, um sinal pode apresentar-se muito forte e o ouvinte ter a sensação que o mesmo vai desvanecendo, perdendo força até se tornar um sinal fraco, que depois recupera intensidade e se faz ouvir de forma mais nítida. Além disso, as condições de propagação através da reflexão ionosférica são afectadas pela actividade solar (ciclos solares com a duração aproximada de 11 anos), entre outros factores.

¹ *vide* secção 7.2

5.1.1 O que são ciclos solares e como afectam a propagação ionosférica?



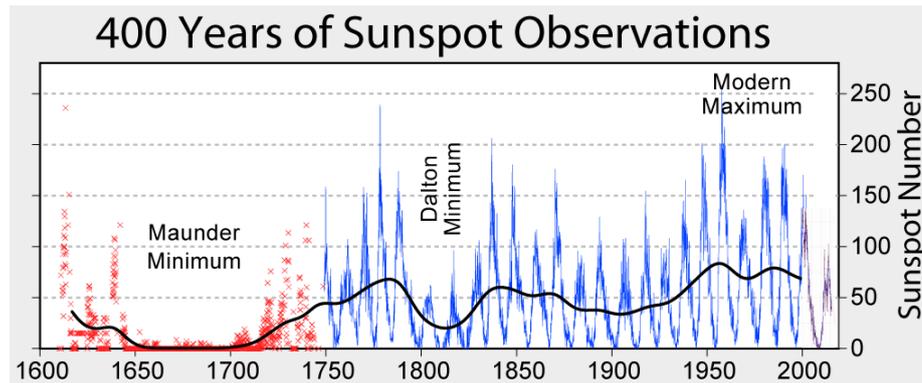
Filamento de material solar do Sol em erupção no espaço como uma ejeção de massa coronal, viajando a mais de 1448 quilómetros por segundo. Imagem de NASA Goddard Space Flight Center disponibilizada sob licença Creative Commons Atribuição 2.0 Genérica (CC BY 2.0).

Resumindo e descrevendo *grosso modo* a questão, o fenómeno dos ciclos solares foi descoberto em 1843 pelo astrónomo alemão Samuel Schwabe, que observou a variação da actividade do Sol de forma cíclica, com período de 11 anos. Assim, a actividade solar atinge um mínimo de 11 em 11 anos e um máximo de 11 em 11 anos. Se tomarmos como referência um mínimo solar, a actividade da estrela que aquece e ilumina o planeta Terra vai aumentando progressivamente até atingir o máximo; de seguida, a actividade vai diminuindo progressivamente até voltar ao mínimo, aproximadamente 11 anos depois do primeiro mínimo. Para o leitor mais familiarizado com a matemática, com conhecimento dos fundamentos das funções matemáticas e da trigonometria, uma forma talvez mais fácil de pensar será considerar, como uma boa aproximação da realidade, uma função periódica como a função seno ou a função cosseno com período de 11 anos.

De uma forma muito simplificada, o Sol é uma bola gigante carregada de gás carregado electricamente. À medida que o gás se movimenta no seu interior, este gera um campo magnético muito poderoso, que varia ao longo de 11 anos, durante os quais o pólo Norte e o pólo Sul² mudam de orientação. Cada

²podemos imaginar que o Sol é um íman esférico gigante cujos pólos Norte e Sul vão rodando

ciclo solar afecta a actividade das manchas e das erupções solares; a energia libertada por estes fenómenos carregam partículas da ionosfera, afectando a propagação das ondas de rádio. No pico do ciclo, surgem, aproximadamente, de 80 a 100 manchas solares, que podem durar dias ou até meses; já nos mínimos solares, ocorrem cerca de 15 episódios de aparição do fenómeno.



Variação do número de manchas solares ao longo de 400 anos. Imagem da autoria de Robert A. Rohde e disponibilizada sob licença Creative Commons Atribuição-CompartilhaIgual 3.0 Não Adaptada (CC BY-SA 3.0).

Quando uma erupção solar ocorre, o aumento da radiação ultravioleta e de raios X provoca a ionização da camada D da ionosfera, aumentando fortemente a absorção das ondas hertzianas e diminuindo a reflexão das mesmas, prejudicando fortemente as emissões de rádio, nomeadamente nas faixas de Onda Curta. Nos máximos solares, as frequências mais altas dentro da Onda Curta permitem uma melhor qualidade de recepção e as estações de rádio que operam com potências mais baixas são bem escutadas a distâncias muito elevadas. Já quando a actividade do Sol é reduzida, as frequências mais baixas propagam-se melhor.

5.2 Propagação por onda de solo

A propagação por onda de solo ocorre quando as ondas percorrem o solo, acompanhando a curvatura da Terra. Trata-se da forma de propagação que ocorre na Onda Média durante o dia e na Onda Longa, como veremos no capítulo 11.

5.2.1 Cálculo do alcance teórico de um sinal propagado através de onda de solo

Ainda que existam muitos factores que influenciam o alcance de um determinado emissor de rádio, é possível recorrer ao conhecimento matemático para calcular a distância máxima teórica em que é possível captar o sinal de uma estação de rádio propagado pelo solo. Antes que o caro leitor deste livro caia na tentação de *fugir a sete pés* desta secção porque tem matemática, peço-lhe que tenha calma, que depois de apresentar as fórmulas tentarei explicar a questão de uma forma mais acessível.

Resumindo os cálculos matemáticos³, é possível encontrar um valor aproximado para a distância entre o emissor e o local de recepção, que designaremos por p .

$$p \sim \frac{\pi d}{60c^2\sigma} f^2$$

Onde c é a velocidade da luz (aproximadamente 3×10^8 m/s, d é a distância de uma fonte de campo eléctrico com ganho de antena G_t , σ é a condutividade em $S m^{-1}$ e f é a frequência.

Para um terreno com condutividade muito baixa, podemos utilizar a expressão:

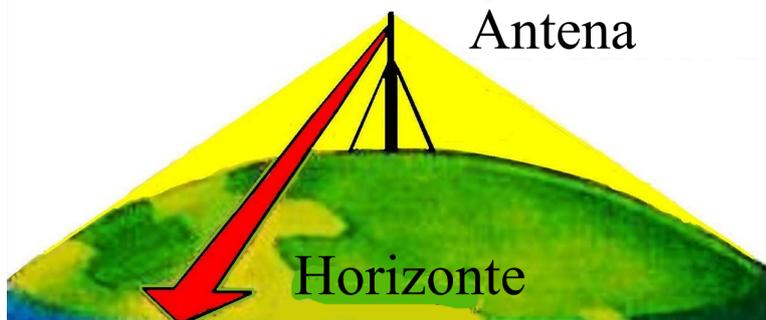
$$p \sim \frac{\pi d}{c\varepsilon_r + 1}$$

Onde ε_r é a constante dieléctrica.

Simplificando, as fórmulas dizem-nos que quanto mais condutivo for o terreno, isto é, quanto mais fácil for a "viagem" da energia electromagnética e para uma determinada frequência, maior será o alcance de um emissor. Esta é a razão pela qual um emissor de Onda Média localizado próximo da costa apresenta um desempenho melhor do que outro emissor idêntico, a operar nas mesmas condições (mesma frequência, mesma potência, antena de emissão semelhante etc.) situado num local cujo solo não facilita tanto a propagação das ondas como a água do mar. Também numa região longe de água salgada, a composição do solo beneficia ou prejudica em maior ou menor grau o alcance de uma determinada emissão, se assumirmos que os restantes parâmetros técnicos não variam.

³esta parte foi retirada do livro de John A. Richards mencionado na bibliografia

5.3 Propagação em linha de vista



Propagação das ondas VHF. Imagem traduzida do original de "F1jmm", publicado na Wikimedia Commons sob as licenças Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported, 2.5 Generic, 2.0 Generic e 1.0 Generic.

A propagação em linha de vista existe quando as ondas viajam em linha recta e de forma directa entre a antena emissora e a antena receptora. Trata-se da forma de propagação que ocorre na faixa de radiodifusão FM (87,5-108 MHz)⁴, mas também na televisão terrestre analógica ou digital, nas redes móveis e noutras aplicações nas faixas VHF, UHF e frequências superiores.

5.3.1 Cálculo do alcance de um sinal propagado em linha de vista

Sabendo a altitude do terreno onde se encontra a antena de emissão e considerando condições meteorológicas normais (sem a ocorrência de tempestades etc.)⁵, podemos calcular o alcance teórico (em quilómetros) em função da altura (em metros) de um determinado emissor, recorrendo à fórmula matemática:

$$alcance = 4,12\sqrt{altura}$$

Consideremos um exemplo prático: se as antenas de emissão de uma determinada rádio estiverem a 1500 metros de altitude⁶, o alcance máximo da

⁴salvo nas situações excepcionais descritas na secção 12.2

⁵o alcance máximo teórico num cenário de bom tempo é aproximadamente 15% maior do que o calculado considerando mau tempo

⁶somando a altitude do local da torre com a altura das antenas em relação ao solo

estação será de: ⁷:

$$\textit{alcance} = 4,12\sqrt{\textit{altura}} = 4,12 \times \sqrt{1500}$$

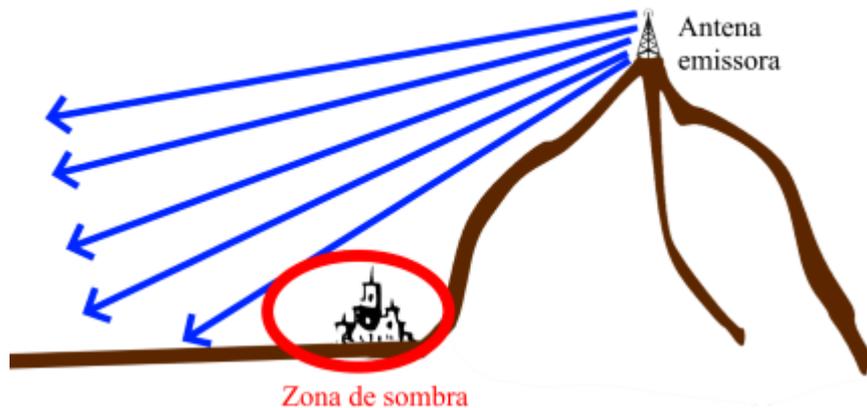
$$\textit{alcance} = 160 \textit{ km}$$

Importa sublinhar que o valor de 160 quilómetros deve ser lido como o alcance máximo para uma situação em que as outras variáveis (potência de emissão, geografia, características do sistema radiante de emissão, interferência de outros sinais, entre outras) não são consideradas; na vida real, como tem sido salientado ao longo do livro e dependendo das circunstâncias, que podem ser mais ou menos favoráveis, o alcance real poderá ser próximo do ideal ou poderá ser consideravelmente inferior.

5.4 Zonas de sombra

Uma **zona de sombra** é uma região dentro da área de cobertura prevista para um emissor onde, mercê das características da propagação das ondas, o sinal de rádio penetra de uma forma muito débil ou nem sequer chega a entrar. Para melhor se entender esta situação, imaginemos o seguinte cenário: uma rádio FM tem o emissor no cume de uma montanha, o que lhe confere uma linha de vista desimpedida por largas dezenas de quilómetros. Todavia, as ondas irradiadas do vértice orográfico "passam por cima" duma localidade situada junto de uma das encostas, inviabilizando a recepção satisfatória da estação em causa (atente-se à imagem seguinte).

⁷iremos arredondar o resultado



Deste modo, um ouvinte residente na localidade conseguirá sintonizar a frequência em causa com sinal muito fraco ou nem sequer terá sinal suficiente para a escutar; muitas vezes, a solução para este problema tem de passar pela colocação de um segundo emissor, de baixa potência, que sirva a região de sombra.

A existência de zonas de sombra pode acontecer em qualquer faixa de frequências. Um bom exemplo é o que sucede na Onda Curta; devido à reflexão ionosférica das ondas, um ouvinte de uma região localizada sensivelmente a meio caminho entre o centro emissor e a zona de receção prevista pela rádio captará muito provavelmente resquícios de sinal, enquanto que os ouvintes nesta última recebem um sinal forte.

Capítulo 6

Emissões espúrias e harmónicas

Uma **emissão espúria** é uma frequência de rádio não criada deliberadamente para ser transmitida. Estas frequências ocorrem porque um emissor propriamente dito, equipamento que gera a onda electromagnética e modula a informação sonora a ser transmitida, depende de um circuito electrónico relativamente complexo que, se não estiver muito bem afinado, pode gerar sinais fora da frequência de emissão autorizada ¹.

Importa mencionar a um exemplo conhecido de problemas derivados da irradiação de frequências espúrias, que acontece quando um emissor na faixa de VHF-FM ² mal afinado irradia sinal na banda VHF aeronáutica (secção 11.5.4), podendo interferir nas comunicações entre as tripulações das aeronaves e o controlo de tráfego aéreo. No contexto português, a ANACOM pode obrigar a estação a suspender as emissões até que a situação seja corrigida na sequência de uma intervenção técnica no emissor.

Um fenómeno físico que afecta não apenas as ondas de rádio como também qualquer vibração periódica ³, é a presença de **harmónicas**. Uma harmónica de uma onda é uma frequência específica de vibração que tem a propriedade de causar o fenómeno de ressonância ⁴. A tais frequências é dada a denominação frequências de ressonância. Por definição, a frequência que causa a primeira ressonância de uma onda é chamada de **frequência**

¹Na realidade, as espúrias existem sempre, porém num equipamento devidamente ajustado a intensidade das mesmas é desprezável.

²ver secção 11.4

³as ondas sonoras emanadas de um piano a ser tocado por um músico têm harmónicas, por exemplo.

⁴fenómeno da Física em que um sistema vibratório ou força externa conduz outro sistema a oscilar com maior amplitude em frequências específicas

fundamental, e dela provêm as demais harmónicas.

No caso de uma emissão de rádio, a frequência fundamental corresponde à frequência da portadora. A segunda harmónica corresponde ao dobro da frequência fundamental, a terceira corresponde ao triplo e assim sucessivamente. Para melhor compreendermos esta questão, consideremos um exemplo real no nosso país.

Suponhamos que estamos juntos de um emissor da Antena 1 que emite na Onda Média, na frequência de 720 kHz ⁵. Se tivermos um rádio (o auto-rádio do carro ou um rádio portátil), podemos ouvir a Antena 1 não só nos 720 kHz como também constatar a presença de resquícios mais ou menos fortes de sinal nos 1440 kHz (2 x 720 kHz, a segunda harmónica). Pode até acontecer que ouçamos alguma coisa nos 2160 kHz (3 x 720 kHz, a terceira harmónica). E se tivéssemos um receptor extremamente sensível e uma antena de recepção muito próxima da antena irradiante, provavelmente também a quarta harmónica nos 2880 kHz, a quinta nos 3600 kHz... Em teoria, as harmónicas são infinitas, embora, na prática e salvo anomalia técnica, porque os emissores são ajustados para minimizarem a radiação das frequências indesejadas, será difícil captar o sinal fraquíssimo da terceira harmónica e seguintes.

⁵podemos estar em Elvas, em Castelo Branco, na Guarda ou em Mirandela.

Capítulo 7

Interferências na recepção

De uma forma muito simplificada, podemos dizer que a interferência na recepção de um determinado emissor resulta da existência de outra fonte de radiação que perturba¹ a sintonia e a desmodulação do sinal pretendido (da rádio sintonizada) pelo receptor. Por outras palavras, se temos outra emissão de rádio por "cima" da emissão que queremos ouvir ou se temos um equipamento eléctrico que causa um ruído forte na nossa recepção, estamos perante uma situação de interferência. Abordaremos os tipos mais comuns de interferência que são sentidos por quem quer ouvir rádio.

7.1 Interferência electromagnética (EMI)

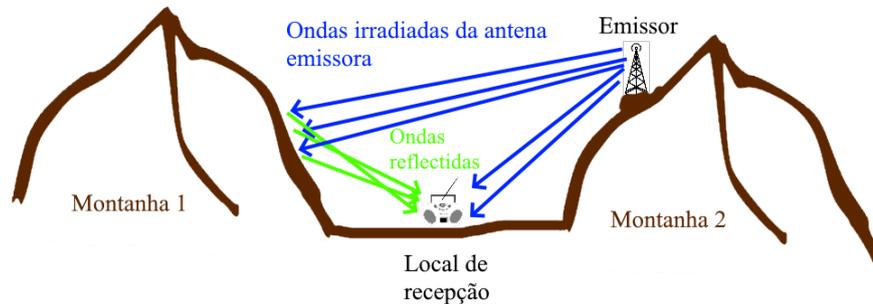
A **interferência electromagnética** (EMI - sigla do inglês *electromagnetic interference*, também conhecida por *interferência de rádio-frequência*, resulta da indução de um campo magnético criado por um equipamento eléctrico no equipamento de recepção de rádio. Em palavras mais simples, a interferência decorre da influência electromagnética de um determinado dispositivo (por exemplo, um motor eléctrico ou o carregador de um telemóvel, na antena ou no receptor de rádio. Por ser muito mais sensível a perturbações que afectam a amplitude das ondas, as emissões em modulação de amplitude são muito mais sensíveis a este problema do que as emissões em modulação de frequência. Outros equipamentos que causam frequentemente interferências de natureza electromagnética são computadores (incluindo fon-

¹ou, no caso de sinais digitais, pode, como iremos ver no capítulo 15, pelo contrário, facilitar

tes de alimentação), telemóveis, cabos eléctricos, lâmpadas economizadoras (em especial algumas lâmpadas LED, mas também as fluorescentes compactas), entre outros exemplos. A melhor forma de lidar com este óbice à boa recepção é evitar ao máximo ter equipamentos eléctricos nas proximidades (alguns metros) do receptor.

7.2 Propagação multipercurso (multipath)

Para descrever da forma mais simples possível este fenómeno, considere-se o exemplo da figura:



Suponhamos que uma estação de rádio em FM tem o emissor num vértice da montanha 2. Num mundo ideal, as ondas irradiadas da antena emissora chegariam sempre em linha recta até à antena receptora. Todavia, devido à orografia da região (e a outros obstáculos de grandes dimensões que possam existir), o sinal sofre reflexões na própria montanha 2 e na montanha 1. Assim, como acontece com a luz quando é reflectida por vários espelhos, as ondas dividem-se, sendo reflectidas de maneira diferente. Tais reflexões provocam atrasos na "viagem", fazendo com que as ondas cheguem em instantes diferentes ao receptor. Uma boa analogia será o concerto de uma orquestra em que nem todos os músicos estão a respeitar o tempo musical; se um violonista começar a tocar do princípio quando o resto dos músicos já interpretam o segundo compasso, a plateia melómata e atenta nota imediatamente a falta de sincronia que prejudica a execução musical.

A propagação multipercurso (também designada pelo termo na língua inglesa *multipath* cria interferências destrutivas (que prejudicam o sinal) sob a forma de distorção do áudio e por vezes ruído. No caso da Onda Curta, e como veremos no capítulo 5, a ionosfera reflecte as ondas, o que causa *multipath* que provoca o desvanecimento do sinal.

7.3 Interferência co-canal

A **interferência co-canal** decorre da recepção simultânea de duas emissões no mesmo canal ². Esta situação pode resultar de erros na atribuição de frequências por parte das entidades oficiais de regulação do espectro ou de problemas técnicos num dos emissores, mas também de causas não totalmente controláveis pelas estações de rádio, pelas autoridades oficiais ou pelos ouvintes, incluindo a propagação de sinais mais distantes. Como iremos ver no capítulo 7, as emissões na modulação de amplitude são mais vulneráveis a este tipo de interferência do que as emissões FM (devido ao chamado efeito de captura).

7.4 Interferência de emissão em frequência adjacente

Ainda que, muitas vezes, o "culpado" da interferência de uma estação que está "ao lado" da outra sobre a segunda, quando as estações operam em canais adjacentes que não partilham parte da faixa de frequências, seja o receptor que não as separa convenientemente³, existem situações onde o intervalo de frequências entre dois canais é inferior ao intervalo de frequências ocupadas por cada canal. Nestas circunstâncias, parte do intervalo de frequências ocupado por uma das emissões é partilhado pela outra, fazendo com que os dois sinais se interfiram entre si. Esta ocorrência pode dever-se a erros na gestão do espectro, a problemas técnicos nos emissores, ou a fenómenos de propagação, todavia, em faixas saturadas onde já não existem canais totalmente livres, é a única solução para se colocar mais um emissor que sirva adequadamente uma determinada região ("pagando" o preço de, fora dessa área, sofrer interferências de outros rádios) - uma situação relativamente comum na faixa FM (87,5 - 108 MHz).

7.5 Empastelamento (jamming)

No contexto da radiodifusão, o **empastelamento**, também conhecido pela palavra inglesa *jamming*, é a interferência deliberada sobre uma deter-

² canal é o "espaço" ocupado por uma emissão de rádio, incluindo a portadora e as bandas laterais

³ *vide* ponto 13.3.3 (selectividade)

minada emissão de rádio por forma a prejudicar ao máximo a sua recepção. Trata-se de uma prática com muitos anos, sobretudo na Onda Curta, sendo ainda hoje utilizada por parte de alguns países para inviabilizar a recepção de estações hostis aos interesses políticos (ou outros) desses países. Como as ondas hertzianas não conhecem fronteiras, quem quer impedir a recepção de uma rádio recorre a um emissor que provoca interferência co-canal, transmitindo por vezes sons que afectam a integridade da emissão alvo de censura. Alguns países que ainda recorrem a esta prática são a China, as duas Coreias (a Coreia do Sul empastela as emissões da Coreia do Norte; também o regime liderado por Kim Jong-un interfere as emissões do vizinho sulista), o Irão e Cuba.

Capítulo 8

Potência não é tudo... mas ajuda

Um erro muito comum por parte de quem não tem muita experiência na escuta de rádio, nem muitos conhecimentos técnicos na área, é o de pensar que, quanto maior for a potência de emissão, melhor será a qualidade de recepção. Em muitos casos, de facto, uma potência elevada ajuda; contudo, como vimos e iremos ver, existem muitos outros factores que influenciam as condições em que um sinal chega à antena receptora. Dois emissores de Onda Curta (ver a secção 11.1), um com 200 kW e o outro com 100 kW podem, em dias de boa propagação, chegar ao nosso receptor com sinal forte. É verdade que, quando as condições se agravarem, é expectável que o emissor de 200 kW assegure uma recepção mais estável do que o outro, que, com "apenas" 100 kW, é mais susceptível a perturbações que afectam a qualidade do sinal; porém, haverá dias e horários em que 100 kW bastam para assegurar uma boa recepção.

Outro exemplo que vale a pena ser analisado, e que se trata de uma situação real no Sul do nosso país, é o da Rádio Fóia (estação local do concelho de Monchique), que emite em FM (ver secção 11.4) na frequência de 97,1 MHz, a partir do emissor instalado no alto da Fóia, ponto mais alto da Serra de Monchique, a 902 metros de altitude. Trata-se, aliás, do ponto mais alto de Portugal continental a Sul de Portalegre. Neste cume, encontram-se os emissores FM das rádios nacionais (Antena 1, Antena 2, Antena 3, Rádio Renascença, RFM e Rádio Comercial) e da M80 Rádio, que operam com dezenas de quilowatts, e o emissor da Rádio Fóia, com

apenas 500 W. Apesar de ter muito menos potência do que as restantes emissões, a Rádio Fóia não só é audível em boa parte do Baixo Alentejo como também chega razoavelmente à vila de Sesimbra, a 132 km do vértice orográfico algarvio. Mais surpreendentemente, acredite ou não, caro leitor, mas posso asseverar-lhe que a estação monchiquense interfere, ainda que com sinal fraco, a Cidade FM Alentejo (97,2 MHz Redondo, com emissor na Serra de Ossa e que também opera com 500 W), em determinados pontos da cidade alentejana de Évora, apesar dos 152 km de distância entre a Fóia e o local de recepção, a cerca de 35 km em linha recta do vértice alentejano!

A principal razão que leva um emissor de 500 W a cobrir boa parte do Algarve, do Baixo Alentejo e do litoral até Sesimbra? Uma excelente linha de vista, mercê da altitude elevada, que permite ao sinal atingir mais de 100 km. Obviamente que as frequências das rádios nacionais irradiadas a partir da Fóia oferecem globalmente uma melhor qualidade de recepção, todavia mesmo um emissor de 500 W consegue estas proezas graças às condições muito favoráveis à propagação do sinal.

Para o leitor oriundo do Norte de Portugal, saiba que outro bom exemplo de um emissor de 500 W com uma cobertura excelente é o caso da Rádio Regional de Arouca (103,2 MHz), no distrito de Aveiro; o emissor encontra-se na Serra da Freira (São Pedro Velho) a 1071m de altitude. Com uma altitude elevada e uma frequência livre, a estação local ouve-se bem na cidade do Porto e noutros concelhos da região.

Importa dizer que a potência de um emissor pode ser definida (de uma forma muito simples e desprovida de grande rigor científico) como a quantidade de energia irradiada pelo emissor por intervalo de tempo ¹ (tipicamente por segundo). Convém insistir na ideia de que a cobertura radioelétrica de um determinado emissor não deve ser julgada apenas em função da potência, visto que existem inúmeros factores que beneficiam ou prejudicam a captação do sinal num certo local.

¹a unidade de potência, watt, é equivalente à energia em joules por segundo

Capítulo 9

Ruído

No contexto da rádio, o conceito de ruído representa os sinais eléctricos aleatórios indesejados presentes num receptor além do sinal desejado (o que contém a informação sonora que o ouvinte quer escutar, por exemplo a voz de um locutor). O ruído pode ter uma origem natural (ruído atmosférico) ou pode ter outras fontes, incluindo o circuito eléctrico do receptor, a interferência electromagnética produzida por outro aparelho eléctrico, entre outras que iremos ver nas próximas páginas.

9.1 Ruído atmosférico

Existindo fontes de radiação electromagnética na natureza, a ocorrência de alguns fenómenos naturais pode afectar as condições de recepção do sinal. Um bom exemplo é o que acontece em dias de forte trovoadas, quando as emissões de Onda Média, Onda Longa e até de Onda Curta (nalgumas faixas)¹, são escutadas com ruídos fortes sempre que há uma descarga eléctrica (raio). Pelas suas características, as emissões que utilizam a modulação de amplitude são muito mais afectadas por perturbações electromagnéticas do que as moduladas em frequência.

¹uma das razões pelas quais alguns países com forte incidência de trovoadas, incluindo o Brasil, têm estações a emitir nas chamadas Ondas Tropicais (faixas de 120m e 90 m) é a menor susceptibilidade das mesmas ao ruído comparativamente à Onda Média.

9.2 Ruído derivado da interferência electromagnética

A Interferência electromagnética (EMI)² pode criar ruído que é audível num receptor e que pode limitar bastante ou até a recepção das estações de rádio. Nas últimas décadas, o crescimento da rede eléctrica, o desenvolvimento da electrónica e o surgimento de novas tecnologias que dependem da electricidade têm levado ao crescimento acentuado do número de aparelhos que temos em casa, na rua (postes de iluminação pública etc.), nas fábricas, nos escritórios, demais edifícios e até nos meios de transporte (sobretudo nos carros). O número de motores eléctricos, transformadores de tensão eléctrica, cabos eléctricos e outros componentes, que usamos todos os dias tem crescido a um ritmo vertiginoso. É inegável que a tecnologia facilita-nos muito a vida - e sem a mesma este livro digital jamais seria escrito num computador. Contudo, a profusão de aparelhos eléctricos é inimiga do ouvinte de rádio, mormente o que sintoniza estações de rádio que operam na modulação de amplitude (Onda Curta, Onda Média e Onda Longa).

O ruído eléctrico pode ser constante ao longo do tempo ou intermitente, dependendo da fonte. Um motor eléctrico que trabalhe de forma constante ao longo de horas produz ruído que se manifesta através de um som que se mantém ao longo do tempo em que está ligado. Já um telemóvel (ou como se diz no Brasil, um telefone celular) a tentar estabelecer uma ligação para outro telefone produz um som intermitente.

A solução para minimizar o ruído tem de passar por desligar, na medida do possível, todos os equipamentos eléctricos não essenciais. E quando digo desligar, quero dizer mesmo desligar da tomada, porquanto os transformadores e adaptadores utilizados por muitos aparelhos electrónicos são agentes causadores de ruído. Uma alternativa no caso dos rádios portáteis, e a que oferece melhores resultados, é a deslocação do ouvinte (e obviamente do rádio) a um local com menor ruído (dentro ou fora do edifício).

Importa acrescentar que o próprio receptor, especialmente no caso de rádios baratos, pode ser simultaneamente o *vilão* e a *vítima*. Alguns dos componentes electrónicos do rádio (por exemplo os LEDs que iluminam o visor) podem, se não estiverem adequadamente isolados do circuito de sintonia (situação comum em rádios baratos em que a qualidade não é, obviamente,

²Já abordámos este assunto na secção 7.1

a prioridade), gerar ruído que interfere na recepção.

9.3 Porque é que quando tenho um rádio sintonizado numa frequência livre oiço tanta estática?

Uma pergunta pertinente que o principiante nas lides da rádio poderá colocar: porque é que quando o nosso rádio está sintonizado numa frequência livre, onde não existe nenhuma estação captável, ouvimos ruído? Na verdade, a estática está sempre presente na rádio, apenas não é bem audível quando sintonizamos uma estação com sinal forte, cujo áudio *esconde* o ruído.

A maior parte dos receptores dispõe de um circuito de controlo automático de ganho (AGC)³, que, na presença de um sinal de rádio fraco, amplifica-o e na presença de um sinal muito forte atenua-o, evitando que o ouvinte note uma diferença abismal no volume de som ao mudar de uma estação para outra. Contudo, os amplificadores não são perfeitos e quando aumentam um sinal fraco aumentam também o ruído. Um rádio quando está sintonizado numa determinada frequência não sabe se existe ou não uma estação nessa mesma frequência. Se houver uma estação com sinal forte, o AGC diminui o ganho; se existe uma estação com sinal fraco, o AGC aumenta a intensidade do áudio da estação. Todavia, se não houver nenhum sinal, o AGC vai amplificar o ruído (o circuito não distingue o ruído da informação sonora de uma gravação musical de piano que vai para o ar numa rádio, para dar um exemplo).

Mas, continuará a perguntar o leitor, de onde vem o ruído da estática? Vem dos fenómenos naturais e dos equipamentos eléctricos que referi nas secções anteriores deste capítulo. O próprio receptor é fonte de ruído, já que, como qualquer equipamento de som analógico, gera ruído quando não existe sinal. Para os leitores não muito jovens, que cresceram nos anos 70, 80 ou 90 do século passado, uma boa analogia é a velha cassette áudio analógica. Se colocarmos uma cassette virgem num gravador ou num deck e carregarmos no "play", vamos ouvir o ruído da fita e dos circuitos electrónicos do aparelho. Se gravarmos uma música na cassette, notamos que o ruído, embora continue a existir, é bem menos notado pelos nossos ouvidos. Mesmo que utilizemos um deck com sistema de redução de ruído (Dolby B, C ou outro), o sistema

³matéria que iremos abordar na secção 13.3.5

pode atenuar o ruído mas não o elimina por completo - qualquer sistema analógico, pelas suas características, tem a limitação de não poder separar na totalidade o sinal do ruído.

9.4 Relação sinal-ruído

A relação sinal-ruído ou razão sinal-ruído (frequentemente abreviada por S/N ou SNR, do inglês, *signal-to-noise ratio* e RSR em português) é definida como a razão da potência de um sinal e a potência do ruído sobreposto ao sinal, geralmente expressa em Decibel. Quanto maior for a relação sinal-ruído, melhor será a separação entre o sinal e o ruído, pelo que, no caso da rádio analógica, ouviremos um sinal mais limpo, com menor ruído.

Para os leitores mais confortáveis com a matemática, a RSR é dada pelo logaritmo na base 10 da razão entre a potência do sinal (P_{sinal}) e a potência do ruído ($P_{ruído}$), multiplicado por 10:

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} \frac{P_{sinal}}{P_{ruído}}$$

A expressão anterior pode ser reescrita na forma da diferença de logaritmos⁴:

$$10 \log_{10} \frac{P_{sinal}}{P_{ruído}} = 10 \log_{10} P_{sinal} - 10 \log_{10} P_{ruído}$$

⁴como é sabido da matemática, o logaritmo do quociente é igual à diferença entre o logaritmo do numerador e o logaritmo do denominador

Capítulo 10

Factores que influenciam a qualidade da recepção

Temos estado a ver alguns dos factores que influenciam a cobertura radi-eléctrica de um emissor de rádio. Importa referir outras questões técnicas que podem melhorar ou piorar a recepção do sinal.¹ Sintetizando, os principais factores que afectam a recepção de rádio por parte do ouvinte são:

- A localização do emissor. Dependendo da faixa de frequências utilizada, das características orográficas da região onde o emissor se insere, da presença de obstáculos à propagação do sinal, da região para a qual se quer emitir (especialmente no caso da Onda Curta), da altitude, da condutividade do solo (especialmente no caso da Onda Média e Onda Longa) e de outros factores, a localização da antena emissora influencia significativamente a cobertura.
- A orografia entre a antena emissora e a antena receptora. Os sinais podem ser fortemente atenuados ou até anulados se existirem acidentes geográficos no "caminho" entre a torre de emissão e a antena do receptor. Esta situação é relativamente frequente no caso das emissões na faixa de VHF-FM (87,5 - 108 MHz), mercê dos comprimentos de onda relativamente reduzidos (na ordem dos três metros).
- O tipo de antena de emissão utilizado. Dependendo da faixa de frequên-

¹Em condições regulares de propagação. Iremos ver no capítulo 12 que existem fenómenos que permitem a recepção de sinais de rádio fora da área de cobertura normal para as características da emissão.

cias utilizada pela estação e das características da antena que irradia o sinal², as condições de recepção podem ser melhores ou piores numa determinada região servida pela rádio.

- A propagação. A própria propagação do sinal, em especial a grandes distâncias, é afectada por alguns factores não controláveis, incluindo os ciclos solares e outros fenómenos naturais.
- O ruído natural (atmosférico) ou artificial (eléctrico), como vimos no capítulo anterior.
- Interferência de outras emissões. Já vimos no capítulo 7 que a operação de outras emissões de radiodifusão ou com outros fins (profissionais ou amadores) na mesma frequência ou em frequências próximas pode prejudicar bastante a recepção, se dois ou mais sinais forem sintonizados pelo receptor.
- Perturbações no sinal, tendo origem na orografia ou noutros factores externos. O sinal pode ser afectado por efeitos que alteram o sinal no "caminho" entre o emissor e o receptor, como a propagação multipercurso, o desvanecimento, as mudanças na ionosfera e outros que não são controláveis pela estação de rádio ou pelo ouvinte.
- Potência de emissão. Vimos no capítulo 8 que uma potência elevada pode ajudar a uma boa recepção, embora o factor potência, por si só, não faça milagres.
- Qualidade da antena e do receptor do ouvinte. Um receptor que não tenha uma antena adequada jamais conseguirá tirar proveito de um sinal fraco. A qualidade do receptor é igualmente importante³: um aparelho sem grandes prestações não conseguirá sintonizar adequadamente um sinal fraco ou interferido por outras emissões.

Nota: Esta não é uma lista exaustiva, havendo outros agentes causadores de perturbações no sinal sintonizado. Alguns são controláveis pelo ouvinte (antena, receptor etc.), outros não.

²que pode ser direccional ou omnidireccional, como já vimos, mas existem outros factores que, para evitarmos um texto demasiado científico, não estamos a considerar

³veremos no capítulo 13 as características de um bom receptor

Capítulo 11

Faixas do espectro radioelétrico utilizadas nas emissões de radiodifusão

11.1 Onda Curta (OC)

Para se compreender o funcionamento das emissões em Onda Curta, temos de recordar o conceito de propagação ionosférica, que já abordámos na secção 5.1.

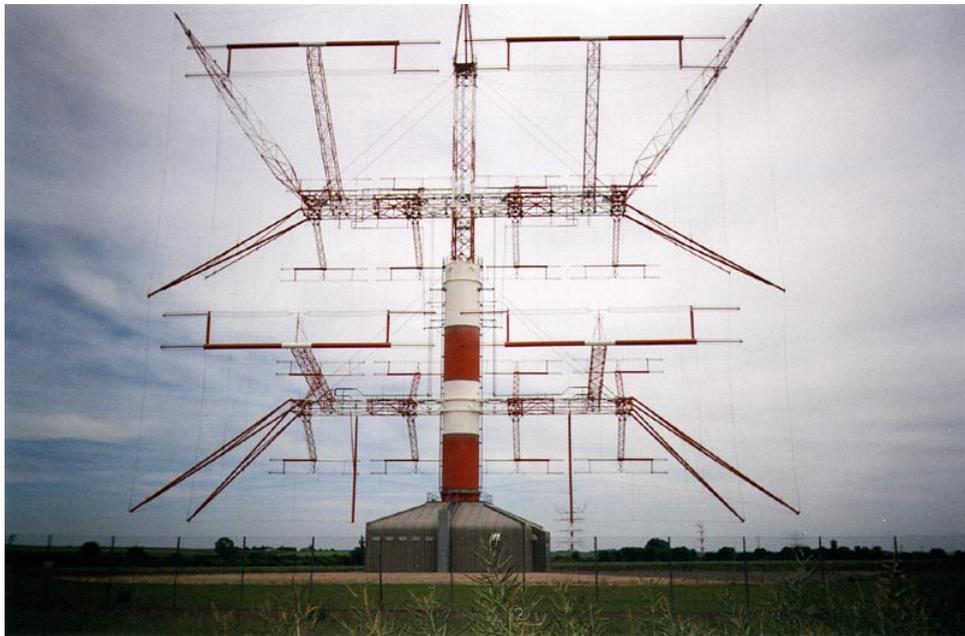
11.1.1 Como funcionam as emissões de rádio em Onda Curta

A **Onda Curta** (OC) [em inglês, short wave (SW)], também conhecida por **onda decamétrica**, é a faixa de frequências entre os 3 e os 30 MHz. Note-se que nem toda a faixa é utilizada para radiodifusão; com efeito, a Onda Curta foi dividida em bandas, muitas delas reservadas para a radiodifusão, mas outras reservadas para os radioamadores, utilizadores da Banda do Cidadão (CB) e comunicações profissionais.

Banda (m)	Intervalo de frequências	Observações
120m ¹	2,3 - 2,495 MHz	Banda tropical
90m	3,2 - 3,4 MHz	Banda tropical
75m	3,9 - 4 MHz	
60m	4,75 - 5,06 MHz	Banda tropical
49m	5,9 - 6,2 MHz	
41m	7,2 - 7,6 MHz	Partilhada com a banda de amador dos 40m
31m	9,4 - 9,9 MHz	A banda mais utilizada hoje em dia
25m	11,6 - 12,2 MHz	
22m	13,57 - 13,87 MHz	
19m	15,1 - 15,8 MHz	
16m	17,48 - 17,9 MHz	
15m	18,9 - 19,02 MHz	Raramente utilizada
13m	21,45 - 21,85 MHz	
11m	25,6 - 26,1 MHz	
11m	26,96 - 27,86 kHz	Utilizada pela Banda do Cidadão (CB)

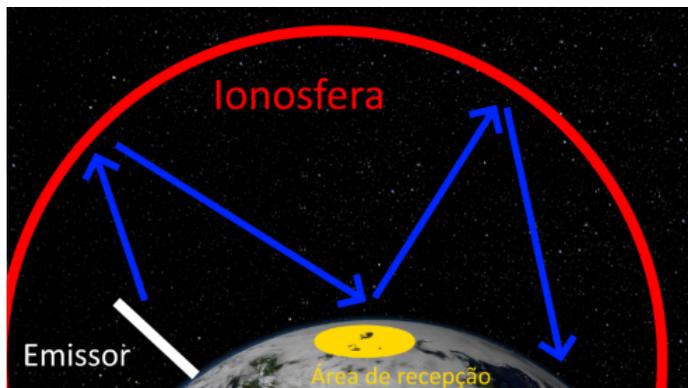
Convém ter em consideração que entre as faixas de radiodifusão em Onda Curta mencionadas, definidas a nível internacional, há estações de rádio que operam em frequências fora das reservadas para a radiodifusão.

Para se entender melhor como é que uma estação faz para se fazer ouvir longe, comecemos pelo centro emissor de Onda Curta de uma qualquer rádio. O sinal que "sai" do emissor é "injectado" na antena emissora de Onda Curta, estrutura que tem dimensões na ordem das dezenas de metros (os elementos radiantes propriamente ditos terão uma dimensão igual ao comprimento de onda ou à metade ou a um quarto desse valor).



Antena emissora de Onda Curta do tipo "ALLISS", baptizada «Gange», instalada nos terrenos do centro emissor de Issoudun, na França. Pode operar em várias faixas de Onda Curta com potência na ordem das centenas de quilowatt. Foto da autoria de David Gestalder e disponibilizada sob licença Creative Commons Atribuição 3.0 Não Adaptada (CC BY 3.0).

O sinal irradiado pela antena, pelas suas propriedades, "sobe" até à ionosfera, onde é reflectido para outra região da Terra (a região de interesse para a rádio). Nessa região, uma segunda antena, a do rádio de um determinado ouvinte, capta o sinal e, assim que a estação em causa é sintonizada, o tal ouvinte passa a escutar a emissão longínqua.



Mercê das características da propagação ionosférica, é usual ver as estações de rádio internacionais mudarem de frequência de emissão uma ou várias vezes ao dia, trocando de faixa de frequências. É igualmente prática corrente mudarem de horário/frequências no final de Março e no final de Outubro de cada ano, repercutindo não só as mudanças na hora oficial em vários países, como também a transição entre o Inverno (noites mais longas) para o Verão (dias mais longos e noites mais curtas) ou vice-versa. Infelizmente, muitas emissoras, devido a políticas de contenção de custos, têm abandonado a utilização em simultâneo de várias frequências (em faixas distintas) em simultâneo para a mesma região, o que permitiria a sintonia de outra frequência se as condições de recepção em determinada faixa não forem as melhores.

De referir que, além das emissoras internacionais que querem chegar a outros países, há, nalguns países, estações de rádio regionais ou nacionais que utilizam a Onda Curta para chegarem a regiões mais remotas onde as redes de emissores em FM ou em Onda Média não se fazem ouvir.

Com a popularização das emissões via satélite e a chegada da Internet a quase todo o mundo, muitas estações internacionais que operavam na Onda Curta têm encerrado definitivamente as emissões nesta banda, porquanto tal decisão permite-lhes economizar muito dinheiro. Todavia, ainda existem umas tantas emissoras internacionais que têm emissões regulares, sobretudo para a África, a Ásia e a América (sobretudo a América do Sul).

Em muitos receptores de rádio, a Onda Curta é designada pela sigla inglesa **SW**. No caso de alguns receptores de origem alemã (sobretudo rádios mais antigos), é utilizada a sigla **KW** (do alemão *Kurzwelle*).

11.2 Onda Média (OM)



Centro emissor da Antena 1 em Elvas (720 kHz), com a potência de 10 kW. Casa do emissor à esquerda e antena radiante à direita.

A **Onda Média**, também designada por **onda hectométrica**, é a faixa de frequências que, em Portugal e em grande parte do mundo à excepção de todo o continente americano e zonas próximas, vai dos 531 aos 1602 kHz com canais de 9 kHz. Trata-se de uma banda geralmente utilizada por estações locais, regionais ou até nacionais.



Emissores de Onda Média "Telefunken S 4006" instalados no centro emissor de Soelvsborg, na Suécia, entretanto desactivado. Foto de "Mikeinc" disponibilizada sob licença Creative Commons Atribuição 3.0 Não Adaptada (CC BY 3.0).

A propagação das ondas na faixa de Onda Média reverte-se de uma característica peculiar: a faixa tem duas "personalidades". Durante o dia, as ondas propagam-se pelo solo podendo atingir no máximo algumas dezenas, quanto muito algumas centenas, de quilómetros. Contudo, à medida que anoitece, as alterações na ionosfera permitem a reflexão das mesmas nesta área da atmosfera, concedendo às emissões em Onda Média o "direito" a se comportarem como se fossem sinais de Onda Curta, permitindo a sua recepção a milhares de quilómetros.

Note-se que a Onda Média também é por vezes chamada de "AM" (modulação de amplitude), ainda que esta não seja uma designação muito feliz, porquanto a Onda Curta e a Onda Longa são também "AM". Nos receptores de rádio, a Onda Média é geralmente designada pela sigla "MW" (do inglês *medium wave* ou do alemão *Mittelwelle*), ou por "AM".

Em Portugal, à data de escrita deste livro digital (Fevereiro de 2020), existem na Onda Média vários emissores da Antena 1 e da Rádio Sim operacionais no continente, além do emissor do Posto Emissor do Funchal (Madeira) e de uma rádio militar nos Açores, a par de um pequeno emissor da Antena 1 Açores. No território continental também é possível ouvir no período diurno alguns emissores da vizinha Espanha e até de Marrocos. Refira-se, a título de curiosidade, que o emissor de Onda Média com maior potência na Europa e um dos mais potentes do mundo é o da Kossuth Rádió, a rádio pública da Hungria, localizado em Solt, que opera nos 540 kHz com 2000 kW.

11.3 Onda Longa (OL)

A **Onda Longa**, também designada por **onda quilométrica**, é a faixa de radiodifusão entre os 153 e os 279 kHz. Esta banda só é utilizada para fins de radiodifusão na Europa, algumas zonas da Ásia e no Norte de África. A propagação das ondas nesta banda é geralmente feita pelo solo, contudo há situações onde estas podem ser reflectidas pela ionosfera. As frequências mais baixas da faixa podem atingir distâncias na ordem dos 2000 km. Apesar de nunca terem existido emissões de radiodifusão na Onda Longa e do encerramento de algumas estações nalguns países, é possível sintonizar no nosso país estações como a BBC Radio 4 (Reino Unido), a RTÉ Radio 1 (Irlanda), a RTL (Luxemburgo) e outras estações de países como a Polónia,

a Islândia, a Argélia, Marrocos, entre outros. Nos receptores de rádio, a Onda Longa é identificada pela sigla "LW" (do inglês *longwave* ou do alemão *Langwelle*).

11.3.1 Efeito Luxemburgo-Gorky

O efeito Luxemburgo-Gorky, que recebeu esta designação por causa da Rádio Luxemburgo (1933-1992) e da cidade de Gorky (actual Nijni Novgorod, na Rússia) é um fenómeno físico, verificado sobretudo na Onda Longa e na Onda Média, de modulação cruzada de dois sinais de rádio, que provoca a interferência de um sinal sobre o outro.

A teoria predominante a respeito da origem do efeito sugere que a condutividade da ionosfera é afectada pela presença de sinais de rádio fortes. A intensidade de uma onda de rádio que retorna da ionosfera depende do nível de condutividade dessa região da atmosfera. Consequentemente, se uma emissão (chamemos-lhe a estação emissora "A") estiver a irradiar um sinal muito forte, parte desse sinal modulará a condutividade da ionosfera acima da estação. Se outra estação emissora (chamemos-lhe a estação "B") estiver igualmente a irradiar um sinal modulado em amplitude, a parte do sinal da estação "B" que passa pela ionosfera perturbada pela estação "A", que atinge um receptor alinhado com as duas estações, pode ser modulado pelo sinal desta última, ainda que as duas estações operem em frequências diferentes.

Dito de outra forma, a ionosfera "passa" o sinal da estação "B" com uma intensidade que varia conforme a modulação da estação "A". Tal intensidade de remodulação do sinal da estação "B" é, tipicamente, bastante baixo, porém o suficiente para tornar as duas estações audíveis em simultâneo.

O efeito Luxemburgo-Gorky foi originalmente descoberto através da interferência do emissor de Onda Longa da então Rádio Luxemburgo em Junglinster (que operou de 1933 a 1992; hoje é um emissor de reserva para a RTL), à época um dos emissores de Onda Longa mais potentes no mundo, mas também do emissor de Gorky, na então União Soviética.

11.4 Faixa de radiodifusão VHF-FM (87,5 - 108 MHz)



Conjunto de elementos radiantes (antenas de emissão) de uma rádio australiana que emite em FM. Imagem da autoria de "Bidgee", editada por "Chetvorno" e disponibilizada sob licença Creative Commons Atribuição-CompartilhaIgual 2.5 Austrália (CC BY-SA 2.5 AU).

A faixa mais utilizada hoje em dia e que o leitor já decerto terá ouvido. Utilizando, como o nome sugere, a modulação de frequência, a faixa **FM** (87,5 MHz - 108 MHz) também é chamada de banda 2 da VHF ou pela designação **onda métrica**.

O FM é amplamente utilizado por rádios nacionais, regionais e locais. Com um alcance máximo de cerca de 150 km (no caso de emissores localizados num ponto favorável), os sinais FM propagam-se em linha de vista, isto é, da antena emissora para a receptora em linha recta, sendo atenuados ou até anulados se houver um obstáculo entre as duas antenas.

As emissões FM apresentam, regra geral, uma qualidade de som superior às rádios que utilizam a modulação de amplitude. Também o facto de se ter a frequência modulada em vez da amplitude faz com que as interferências electromagnéticas nesta faixa sejam substancialmente menores às nas ondas curtas, médias e longas.



A mundialmente famosa Torre Eiffel, em Paris, na França, alberga, entre outras antenas, os elementos radiantes de dezenas de rádios francesas que emitem no FM. Fotografia da autoria de "Benh Lieu Song" e disponibilizada sob licença Atribuição-CompartilhaIgual 3.0 Não Adaptada (CC BY-SA 3.0).

Em Portugal existem 6 rádios nacionais a emitir no FM (Antena 1, Antena 2, Antena 3, Rádio Renasença, RFM e Rádio Comercial), além de 2 redes regionais no continente (TSF e M80 Rádio), uma rádio regional na Madeira (Posto Emissor do Funchal), várias cadeias de rádios (Cidade FM, Smooth FM, Vodafone FM, Mega Hits etc.), mais de 200 rádios locais e 3 emissores da RDP África.

Importa mencionar que alguns receptores de origem alemã utilizam a nomenclatura do país da Deutsche Welle; em vez de "FM" utilizam a sigla **UKW** (da expressão germânica *Ultrakurzwelle*, literalmente *onda ultra curta*). De salientar também que, não obstante quase todos os países utilizarem a faixa 87,5 a 108 MHz para a radiodifusão em FM, existem excepções

à regra. Na Rússia (incluindo o exclave de Caliningrado), na Ucrânia, Na Bielorrússia, no Turcomenistão e na Moldávia ainda existem emissões na faixa OIRT FM (65,9 a 74 MHz), herança da antiga URSS.² Outra situação peculiar é a do Japão, onde a rádio em FM opera entre os 76 e os 95 MHz.

subsectionResposta em frequência (do áudio)

As emissões FM conseguem oferecer uma boa qualidade de som, apresentando uma resposta em frequência do áudio entre os 50 Hz e os 15000 Hz; apesar de não permitir a alta fidelidade nas notas musicais muito agudas (com frequências acima dos 15000 Hz), esta situação não afecta a esmagadora maioria dos ouvintes, tanto mais que os bons equipamentos de emissão são concebidos para evitar ao máximo qualquer distorção de som audível.

11.4.1 Efeito de captura

O efeito de captura é um fenómeno associado à modulação de frequência que faz com que um receptor, na presença de dois sinais na mesma frequência, apenas desmodula o mais forte. Se dois emissores operarem na mesma frequência mas um deles tem um sinal consideravelmente mais forte do que o outro, o primeiro prevalece, não se escutando a emissão mais fraca. Todavia, na presença de dois sinais de intensidade razoável, existe interferência co-canal que inviabiliza a recepção cristalina de ambos.

11.4.2 Pré-ênfase e De-ênfase

Apesar da maior relação sinal-ruído geralmente oferecida pelas emissões FM comparativamente com as emissões de amplitude modulada, é possível utilizar uma técnica para reduzir ainda mais o ruído, em especial nos sons de frequência mais elevada (sons mais agudos), porquanto, mercê da frequência de resposta limitada, o ruído tende a ser maior nos agudos. Assim, uma das fases do processamento do som é a **pré-ênfase**, que consiste em aumentar os agudos antes de passar o sinal para o emissor propriamente dito; quando o sinal chega ao receptor, o aparelho aplica a **de-ênfase**, que corrige a equalização antes de entregar o áudio ao estágio de amplificação³.

²a faixa OIRT era usada em toda a União Soviética à excepção da Alemanha Oriental, todavia, com a queda do comunismo tem sido abandonada por diversos países, que migraram as estações para a faixa 87,5-108 MHz. Nos países em que a faixa OIRT ainda está activa, ambas as faixas são utilizadas para radiodifusão.

³A pré-ênfase não é um exclusivo da rádio; a título de curiosidade refira-se que nos discos de vinil é aplicada de fábrica uma equalização que realça os agudos e atenua os

11.4.3 FM estereofónico

No final da década de 50 do século XX, a FCC (Federal Communications Commission)⁴ considerou vários sistemas para adicionar som estéreo às emissões FM. Dos diversos sistemas testados, os sistemas GE e Zenith, que eram tão semelhantes que foram considerados teoricamente idênticos, foram formalmente aprovados pela FCC em Abril de 1961 como o método de transmissão FM estéreo padrão nos Estados Unidos e posteriormente adoptados pela maioria dos outros países. Um dos factores preponderantes em tal escolha foi a compatibilidade das transmissões estéreo com os receptores mono. Por esse motivo, os canais esquerdo (L) e direito (R) são codificados algebricamente em sinais de soma (L + R) e diferença (L-R). Um receptor mono usa apenas o sinal L + R para que o ouvinte ouça os dois canais através do alto-falante único. Um receptor estéreo adiciona o sinal de diferença ao sinal de soma para recuperar o canal esquerdo e subtrai o sinal de diferença da soma para recuperar o canal direito.

11.4.4 Radio Data System (RDS)

O Radio Data System (RDS) é um padrão de protocolo de comunicação para incorporar pequenas quantidades de informações digitais em transmissões de rádio FM convencionais. O RDS padroniza vários tipos de informações transmitidas, incluindo hora, identificação da estação e informações do programa.

O padrão começou como um projeto da União Europeia de Radiodifusão (UER/ EBU [*European Broadcasting Union*]), mas posteriormente tornou-se também um padrão internacional da Comissão Electrotécnica Internacional (IEC).

Para o ouvinte comum, a vantagem mais visível do RDS, depois da capacidade de mostrar no mostrador do rádio o nome da estação, é a comutação automática de frequências, o que permite a quem viaja estar a ouvir uma determinada estação FM sem precisar de intervir no auto-rádio para sintonizar outra frequência quando perde o sinal; o rádio sintoniza automaticamente a

graves; quando colocamos um disco a tocar no gira-discos, o pré-amplificador corrige o som antes de o passar ao amplificador. Também no caso das cassetes compactas de áudio, os sistemas de redução de ruído da Dolby (Dolby B, Dolby C etc.) realçavam os agudos na gravação e atenuavam-nos na reprodução.

⁴órgão governamental americano regulador das comunicações congénere da ANACOM portuguesa

melhor frequência disponível na região e comuta para outra se as condições de recepção começarem a sofrer deterioração.

Funcionalidades do RDS

Descreveremos as funcionalidades mais importantes do RDS:

- **AF (Alternate frequencies)**: Permite sintonizar um receptor de rádio de forma automática e é especialmente usado nos rádios dos automóveis. O utilizador não necessita de procurar a frequência da estação sintonizada, pois o aparelho escolhe o emissor com sinal mais forte.
- **PS (Programme service)**: Permite visualizar no ecrã do receptor um texto de até 8 caracteres. Normalmente as rádios utilizam o PS para mostrar o nome da estação e informações sobre a música ou o programa que está sendo transmitido. A maioria dos receptores dispõe de PS.
- **RT (Radio Text)**: Permite visualizar no ecrã do receptor um texto de até 64 caracteres que poderá ser estático (por exemplo, "slogans" da estação), ou dinâmico (exemplo: o artista e a música que está a ser transmitida na rádio). Normalmente as rádios utilizam o RT para mostrar informações sobre o trânsito e notícias em geral. Apenas os modelos mais avançados de receptores são capazes de mostrar as mensagens de RT.
- **CT (Clock Time)**: Pode sincronizar um relógio digital de um receptor de rádio.
- **EON (Enhanced Other Networks)**: Permite ao receptor detectar e reproduzir as informações de trânsito transmitidas por uma estação de rádio.
- **PI (Programme Identification)**: Código único que identifica a estação.
- **PTY (Programme Type)**: Este código define até 31 tipos de programa, e.g., (p/ Europa) PTY=1 - Notícias, PTY=6 - Drama, permitindo aos ouvintes a procura da emissora através do género de programa desejado.

- **REG (Regional)** : Esta funcionalidade é utilizada sobretudo em países onde as rádios nacionais apresentam programas regionais em determinados emissores. Ao ligar esta opção, o receptor de rádio sintoniza os emissores com programação regional sempre que se encontre dentro do raio de cobertura dos mesmos, em detrimento da comutação para emissores que apresentam a emissão nacional.

Comutação automática de frequência

A funcionalidade mais utilizada do RDS, a AF (*Alternate frequencies*), encontra-se hoje em dia disponível na esmagadora maioria dos auto-rádios, salvo nos aparelhos muito baratos, e permite a quem viaja sintonizar uma estação de rádio que tem uma rede de emissores sem se preocupar com a mudança para outra frequência cada vez que o sinal começa a falhar.

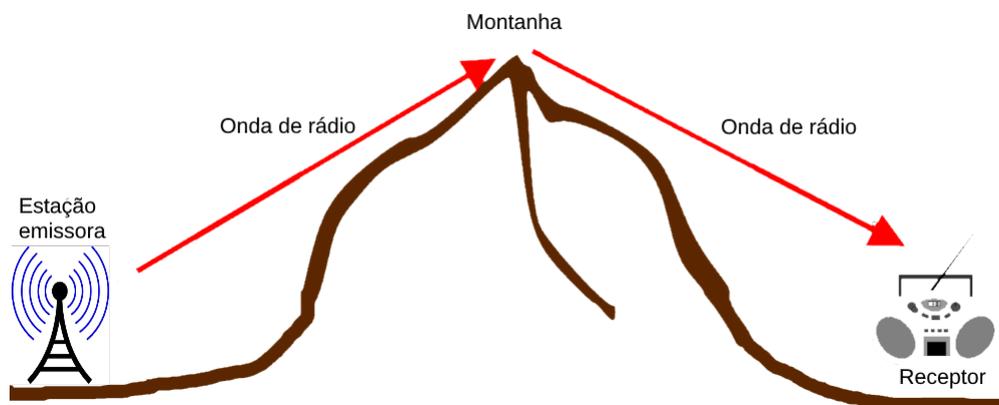
Para melhor compreensão da tecnologia, suponhamos que o leitor está a viajar de Lisboa para o Porto a ouvir no carro a Rádio Comercial. Se tivesse um auto-rádio sem RDS, o estimado leitor teria de sintonizar em Lisboa os 97,4 MHz. Quando a recepção começava a deteriorar-se no Ribatejo, o leitor tinha de sintonizar manualmente o rádio nos 99,8 MHz (emissor de Montejunto) e talvez, em certos troços da auto-estrada, os 90,8 MHz (emissor da Serra da Lousã).⁵ À medida que o veículo se aproximava de Leiria, seria porventura boa ideia comutar para os 89,0 MHz (Maunça); depois da cidade banhada pelo Rio Lis, o leitor teria de voltar a sintonizar os 90,8 MHz. Se o condutor aproveitasse o bom tempo para visitar a cidade de Aveiro, valeria a pena sintonizar os 92,2 MHz. Prosseguindo a viagem, o leitor teria de sintonizar os 97,7 MHz (emissor do Monte da Virgem) até à Cidade Invicta. Já num carro cujo auto-rádio dispõe de RDS, ao leitor bastava sintonizar uma vez a Rádio Comercial e não se preocupar mais, já que o aparelho mudava de frequência automaticamente para o sinal mais forte sempre que a frequência sintonizada perdia intensidade de sinal.

⁵Estamos a simplificar bastante o exemplo, já que numa viagem real haveria decerto mais comutações entre as frequências captáveis no percurso.

11.4.5 Caso especial da propagação das ondas: Difracção fio de navalha

Por terem comprimentos de onda na ordem dos três metros, as emissões FM são substancialmente mais susceptíveis a determinados fenómenos que afectam a propagação das ondas do que as faixas de Onda Curta, Onda Média e Onda Longa. Importa referir que o efeito que será descrito nesta secção também ocorre noutras comunicações (transmissões profissionais, emissões de televisão, transmissões dos radioamadores etc.) nas faixas de VHF, UHF e superiores, todavia iremos concentrar-nos nas emissões de radiodifusão na faixa entre os 87,5 e os 108 MHz.

Como referimos no início do capítulo, a propagação das ondas electromagnéticas na faixa de VHF-FM, é feita em linha de vista. Todavia, em determinadas circunstâncias, as ondas podem propagar-se de uma forma não esperada, atingindo uma região que, em teoria, não teria condições de recepção minimamente satisfatórias. Um dos principais efeitos que podem ocorrer em zonas montanhosas é o chamado efeito "fio de navalha". Para melhor descrever o fenómeno, analise-se a seguinte figura:



Consideremos uma situação em que entre a antena emissora e o equipamento de recepção existe uma montanha com uma proeminência elevada. Devido ao Princípio de Huygens-Fresnel, proposto no século XVII, é possível que, em determinadas circunstâncias, as ondas electromagnéticas que atingem o topo da montanha sofram uma difracção, sendo refractadas para baixo. Este efeito, designado por **efeito "fio de navalha"** (em inglês: "*knife-edge effect*") ou **ganho por obstáculo**, tende a aumentar à medida que o topo de uma montanha se assemelha mais à ponta de uma navalha ou de uma

faca, consistindo num vértice muito acentuado (daí o nome do efeito). Dependendo das condições, o sinal refractado pela montanha pode atingir mais de 100 km.

Trata-se de um fenómeno que ocorre permanentemente, porquanto depende apenas da orografia da região, mas que permite a um emissor colocado num local favorável para a propagação colocar sinal numa zona do outro lado da montanha que, de outra forma, jamais conseguiria receber de forma satisfatória a emissão.

Um exemplo deste efeito que ocorre em Portugal é o caso do Rádio Clube de Monsanto (concelho de Idanha-a-Nova), cujo emissor principal, nos 98,7 MHz, é audível em várias zonas dos concelhos de Mangualde e Gouveia, não obstante a existência da Serra da Estrela entre as duas regiões. Outra situação conhecida é a da Antena Sul, cujo emissor de Almodôvar (90,4 MHz), situado no Pico do Mu, o segundo ponto mais alto da Serra do Caldeirão, é sintonizado em Portimão, pese embora a presença de acidentes geográficos pertencentes à Serra do Caldeirão e à Serra de Monchique entre o Pico do Mu e a cidade algarvia.

11.4.6 Propagação multipercurso: efeitos na recepção de emissões FM

Ainda que tenhamos já abordado o fenómeno da propagação multipercurso na secção 7.2, será conveniente, para melhor entendimento dos efeitos que tem na recepção das emissões na faixa de VHF-FM, aprofundar um pouco o tema.

No contexto da radiodifusão em FM, a propagação multipercurso (*multi-path*) deriva da reflexão de ondas em estruturas de dimensões consideráveis (maiores do que o comprimento de onda das emissões); pode ser, como vimos, uma montanha, mas também pode ser um obstáculo arquitectónico como um prédio alto numa cidade. O desfasamento resultante do atraso do sinal reflectido em relação à onda recebida de forma directa, ou das ondas reflectidas em várias superfícies que chegam ao local de recepção em instantes diferentes, pode manifestar-se através de ruído de fundo na recepção, de sibilância exagerada dos sons "s" e "z" (especialmente em programas falados) e de outras distorções no som.

Para o ouvinte que não tenha uma frequência alternativa que ofereça uma melhor qualidade de recepção no local, a melhor recomendação para

melhorar, na medida do possível, a recepção passa por reorientar a antena ou até, se possível, tentar deslocar a antena (se for uma antena exterior ou uma antena interior ligada a um receptor fixo) ou, no caso de um rádio portátil com antena telescópica, deslocar o próprio rádio para outro ponto que ofereça um sinal mais cristalino.

Dependendo das circunstâncias que levam à reflexão das ondas, a propagação multipercurso pode causar um desvanecimento periódico dos sinais provenientes de determinado emissor; no caso de um centro emissor que irradia as frequências de vários rádios e devido ao facto de existirem vários comprimentos de onda a serem reflectidos, é possível que algumas das frequências (tipicamente as mais altas) sejam recebidas de forma instável, com o desvanecimento periódico e ruído considerável, enquanto que outras frequências são captadas de uma forma mais estável (geralmente as frequências mais baixas, com comprimentos de onda maiores).

11.5 Faixas reservadas para outras comunicações

Não só de radiodifusão vive o universo das ondas hertzianas; fora das faixas reservadas às estações de rádio (e por vezes até dentro), existem muitos outros serviços que dependem da propagação das ondas para comunicar. Apresentaremos de seguida algumas situações comuns de transmissões com outros fins que não a escuta por parte do ouvinte comum.

11.5.1 Estações de números

Uma estação de números é uma estação de rádio em Onda Curta caracterizada pela transmissão de números formatados, que se crê serem dirigidos a oficiais de inteligência que operam em países estrangeiros. A maioria das estações identificadas utiliza a síntese de voz para gerar o áudio, embora também não seja incomum o recurso a modos de comunicação digitais ou o emprego de transmissões em código Morse. Muitas destas emissões têm horários ou padrões de horários regulares; no entanto, outras aparentam estar activas em horários aleatórios; no que diz respeito às frequências, as estações podem operar em frequências fixas ou variar de frequência.

Uma das estações de números mais conhecidas é a **UVB-76**, que opera nas frequências de 4625 kHz e 4810 kHz. Geralmente, o emissor transmite 24 horas por dia um tom curto e monótono, repetido a uma taxa aproximada

de 25 tons por minuto. Conhecida pelos ouvintes ocidentais pela designação "The Buzzer", a estação terá o emissor no território russo, estando operacional desde os tempos da URSS. Ocasionalmente, o áudio do tom é intermitente é interrompido a favor de uma transmissão na língua russa.

11.5.2 Estações de amador

Fora das faixas de radiodifusão, existem, entre outras, faixas reservadas aos radioamadores, nomeadamente na Onda Curta (mas também noutras faixas do espectro, incluindo VHF e UHF, e outras. Naturalmente que a utilização de equipamento de amador exige uma licença válida por parte do operador.

11.5.3 Banda do Cidadão

A Banda do Cidadão, também designada por **CB** (singla do inglês *Citizens' Band*), é um sistema de comunicações individual de curta distância via rádio que utiliza, em Portugal, a faixa de frequências entre os 26,965 e os 27,410MHz. O CB não deve ser confundido com o radioamadorismo, porquanto, apesar de exigir o registo na ANACOM, não exige uma licença de amador para ser operado por qualquer cidadão, tendo um enquadramento legal diferente. As emissões CB podem ser realizadas em AM (modulação de amplitude), banda lateral única ou em FM (modulação de frequência).

11.5.4 Banda aeronáutica VHF

A **banda aeronáutica VHF** ocupa a faixa entre os 118 e os 137 MHz e é utilizada para a comunicação entre as aeronaves e os controladores de tráfego aéreo, bem como as comunicações entre aeronaves. Trata-se de uma faixa que tem bastante actividade nas proximidades dos aeroportos e aeródromos. Em Portugal, a escuta das emissões aeronáuticas será particularmente interessante para os entusiastas da aviação situados nas imediações dos aeroportos de Lisboa, Porto e Faro.

11.5.5 Estações de sinal horário

Tratam-se de estações que transmitem (não necessariamente através de modulação compatível com a maioria dos receptores de rádio) informação ac-

tualizada da hora, utilizada sobretudo para sincronizar relógios (por exemplo nas estações de comboio).

11.5.6 Radiofaróis não direccionais

Um *radiofarol não direccional*, frequentemente referido pela abreviatura NDB (do inglês *Non-Directional Beacon*), é um emissor instalado numa determinada localização geográfica fixa conhecida, que emite sinais de radiofrequência nas bandas de LF/Onda Longa, MF/Onda Média, ou, menos usual, UHF. A principal utilização dos radiofaróis é a navegação de aeronaves. Apesar da massificação do GPS, ainda existem situações em que as tripulações de alguns aviões (sobretudo aviões pequenos) recorrem aos radiofaróis como ferramenta de apoio à orientação da aeronave aquando da descolagem ou da aterragem. Muitos radiofaróis transmitem a sua identificação em modulação de amplitude, reproduzindo o seu indicativo em código Morse. Ainda existe um número considerável de NDBs em Portugal; para os interessados, sugiro que consultem o artigo que escrevi no site "Mundo da Rádio", disponível no endereço: <http://www.mundodaradio.com/dx/radiofarois.html>.

11.5.7 Outras comunicações

As ondas de rádio são empregues em inúmeras situações profissionais, dos serviços de protecção civil aos militares, dos pilotos de aviões (que por vezes também utilizam as ondas curtas para estabelecer contacto distante com uma torre de controlo), às transmissões internas nas empresas, entre muitos outros exemplos. Sem exagero, uma abordagem exaustiva das comunicações via rádio que não as resultante da actividade da radiodifusão, seria por si só uma matéria mais que suficiente para escrever um livro!

Capítulo 12

DX

Muito provavelmente a vertente mais interessante da audição de rádio, o DX é o passatempo de conseguir sintonizar e identificar sinais de rádio distantes. O termo "DX" remonta aos primeiros tempos da rádio e advém da abreviatura "DX" utilizada na telegrafia e que significava "distância".

O Dxista é o entusiasta da rádio que procura escutar e identificar sinais de rádio a grande distância do emissor. Mais do que ouvir emissões com som cristalino, espera conseguir descortinar aquele sinal fraco irradiado a milhares de quilómetros, na expectativa de descobrir que estação de rádio é aquela. Contudo, o DX não é só uma questão de identificar estações; o prazer também está em ouvir outras línguas, outras culturas, outras músicas, enfim, "ver" (através dos ouvidos) que existe muito mais na rádio do que se estaria à espera.

12.1 DX nas faixas de Onda Longa, Onda Média e Onda Curta

A propagação ionosférica das ondas curtas, médias e longas não traz somente à nossa antena de recepção os sinais fortes dos grandes emissores com centenas de kW; dependendo do nosso equipamento e da propagação no momento da escuta, existem outras emissões, de rádios nacionais, regionais e locais, que por vezes são ouvidas em condições satisfatórias. A provar que potência não é tudo nas transmissões, é perfeitamente possível estar em Portugal a ouvir de noite emissores do Reino Unido que operam na Onda Média com centenas de watts. Também é possível, por vezes, ouvir na Onda

Curta estações de rádio regionais ou nacionais de países africanos ou do continente americano, entre outros exemplos.

12.2 DX na faixa FM (87,5 - 108 MHz)

Ainda que, como referimos na secção 11.4, a propagação das ondas na faixa FM seja feita em linha de vista, existem situações pontuais em que as condições atmosféricas propiciam a propagação a centenas ou até, em determinadas circunstâncias, a milhares de quilómetros do emissor. O texto desta secção foi adaptado do artigo que escrevi há uns anos no site "Mundo da Rádio" a respeito deste assunto e que se encontra disponível no endereço <http://www.mundoradio.com/dx/fmdx.html> .

12.2.1 Propagação por E esporádica

Não obstante o facto de, regra geral, a ionosfera reflectir ondas de uma frequência máxima na ordem dos 30 kHz, existem situações irregulares e excepcionais onde a alteração temporária das suas características que propiciam a propagação ionosférica de sinais que, dependendo das condições, podem chegar aos 150 MHz. Este fenómeno é designado por "Esporádica E" (porquanto os sinais são reflectidos na camada "E" da ionosfera) e pode durar de escassos segundos a várias horas, ocorrendo maioritariamente ocorre maioritariamente (no Hemisfério Norte) entre os meses de Maio e Setembro de cada ano, com pico em Junho e Julho. Pode existir um segundo pico, de menor intensidade, nos meses de Dezembro e Janeiro, altura em que é Verão no Hemisfério Sul. De salientar que uma abertura da ionosfera pode ocorrer em qualquer dia do ano e hora, pelo que não é necessariamente de descartar a possibilidade de praticar DX fora dos períodos mencionados.

Existe um conceito utilizado pelos entusiastas e Dxistas, que se denomina **Frequência Máxima Utilizável** (em inglês, *Maximum Usable Frequency*, que representa a frequência máxima que é reflectida pela ionosfera, que depende de abertura para abertura, podendo chegar apenas às frequências mais baixas da VHF; nos casos mais favoráveis poderá chegar à banda FM, atingindo emissões de radiodifusão que inclusivamente podem interferir os emissores da nossa região, ou, foi referido, em casos raros, a ionosfera "abre-se" para cima de 100 MHz. Tudo depende das condições de propagação.

Regra geral, os sinais recebidos no decorrer de uma abertura são instáveis, sofrendo desvanecimento (fading), por vezes encobertos por outros emissores, no caso da banda de VHF-FM, eventualmente será possível ter sinal suficiente para decodificar o RDS de algum emissor captado. Por outras palavras, não convém pensar em aproveitar as esporádicas para acompanhar regularmente emissões de outros países: para isso, o melhor será recorrer à "velha" Onda Curta, a par do satélite e a Internet! Mas, por outro lado, as esporádicas são muito interessantes para quem quiser praticar DX e tentar ouvir emissões radiofónicas de outros países.

Na óptica do ouvinte de rádio comum, as esporádicas são "indesejáveis", pois interferem com os emissores habitualmente sintonizados, admitindo que ninguém gosta de ouvir a sua rádio favorita com interferências de outras emissões... No entanto, para quem gosta de questões mais técnicas e tiver curiosidade de ter um "cheirinho" de emissões de outras paragens, as esporádicas serão muito interessantes, pois poderá ouvir coisas que nunca imaginaria ouvir na VHF-FM em Portugal! Por cá, no continente, não é raro ouvir-se emissores FM de países como Espanha, França, Itália, Reino Unido, Argélia, Tunísia, entre outros.

Uma vertente particularmente interessante do DX em FM é a exploração da faixa FM reservada pela OIRT (65,8 a 74 MHz), ainda utilizada em vários países da Europa de Leste e Ásia (Rússia, Bielorrússia, Moldávia e Ucrânia). Se bem que esta faixa tem sido paulatinamente abandonada a favor da faixa 87,5 a 108 MHz, com um receptor adequado e se a propagação o permitir, será, em princípio, possível captar emissões nesta faixa em Portugal. Convém ter em conta que as emissões OIRT não costumam dispôr de funcionalidades RDS e que a esmagadora maioria dos receptores oferecidos no mercado português (e do mundo) não cobre esta faixa, pelo que a aquisição de equipamentos usados e fabricados na antiga União Soviética será certamente de considerar pelo Dxista que estiver efectivamente interessado na exploração desta banda. Tal como em muitos outros casos, um obstáculo potencial ao interesse na captação será a inevitabilidade das barreiras linguísticas, mas, mesmo que não consigamos entender o conteúdo da emissão, é necessário ter esperança na escuta de um "jingle" identificativo da estação.

12.2.2 Propagação por condução troposférica

A Propagação troposférica (ou, como muitos Dxistas abreviam, tropo) [em inglês, tropospheric ducting] deriva do facto de a troposfera, uma camada da atmosfera terrestre, poder, em certas condições meteorológicas, propagar ondas de rádio. Este tipo de propagação está normalmente associado a anticiclones formados em dias de temperaturas elevadas, pelo que é frequente no Verão, mas também regular, com maior ou menor intensidade, no final da Primavera e no início do Outono. O desenvolvimento de nevoeiro na atmosfera também favorece a propagação de sinais nestas condições, devido às alterações atmosféricas resultantes deste fenómeno natural. Por outro lado, a condução troposférica é afectada pela orografia, uma vez que a presença de montanhas com altitude considerável pode constituir um obstáculo ao desenvolvimento de "tropos". A humidade do ar também é um factor crucial para a formação das condições propícias a esta forma de propagação de ondas electromagnéticas, pelo que a condução troposférica em regiões desérticas é praticamente nula.

Refira-se que existem certas regiões do mundo onde, mercê do clima, a propagação troposférica estabelece-se durante meses. O caso mais paradigmático situa-se entre o Mar Mediterrâneo e o Golfo Pérsico, onde a recepção de sinais a cerca de 1600 km de distância do emissor é praticamente constante durante o Verão. O sinal de uma emissão captada por propagação troposférica é estável e pode ser suficientemente forte para se sintonizar uma emissão de rádio em FM em estéreo (eventualmente com RDS), podendo atingir centenas de quilómetros, ou até, em situações muito favoráveis, distâncias superiores a 1000 km.

Em Portugal, mormente no sul do continente (Alentejo e Algarve), não é raro ouvirem-se emissores de outras regiões do país, mas também da vizinha Espanha; mais surpreendente, a captação de emissores de Marrocos (mais de 500 km da costa portuguesa), do arquipélago da Madeira (cerca de 1000 km) e até das Ilhas Canárias (mais de 1200 km) não é invulgar!

12.3 Propagação Transequatorial

A Propagação Transequatorial (em inglês, *Transequatorial propagation* (TEP)), descoberta em 1947, permite captar emissores de rádio e TV através do Equador, atingindo distâncias na ordem dos 4.800 a 8.000 km. A

recepção de emissões entre os 30 e os 70 MHz é comum, mas se a actividade solar o proporcionar, a captação de sinais até aos 108 MHz (faixa de rádio FM) é possível. Por outro lado, a recepção de emissões acima de 220 MHz é extremamente rara. Em qualquer dos casos, para se poder usufruir deste tipo de propagação, as estações emissoras e receptoras devem-se estar equidistantes do Equador. Existem dois tipos distintos de "TEP": a "Afternoon TEP" e a "Evening TEP", algo que poderíamos tentar traduzir para português como a "propagação de tarde" e a propagação "ao final da tarde". No primeiro caso, sinais até 60 MHz poderão atingir distâncias na ordem dos 6400-8000 km, apresentando frequentemente distorções devido à reflexão de ondas (multipercorso / multipath). Já a propagação no final de tarde terá o seu pico entre as 19 e as 23 horas locais, permitindo a captação de emissores até aos 220 MHz, eventualmente, em circunstâncias raríssimas, até aos 432 MHz.

12.4 Reflexão por meteorito

A **Reflexão por meteorito** (em inglês, *meteor scatter*), ocorre aquando de passagem de um meteorito perto da Terra, o que pode permitir a reflexão de sinais VHF durante um curto intervalo de tempo, de milésimos de segundos até poucos segundos (durante a ocorrência de "chuvas" de meteoritos, popularmente designadas por "estrelas cadentes"). É necessário que o Dxista tenha o equipamento estável e pré-sintonizado para que se consiga receber uma emissão; nestes casos, a identificação do programa pode ser ajudada graças ao sinal RDS da rádio (FM), se existir.

12.5 Dispersão devido a raio

Dispersão devido a raio (tradução livre do termo inglês *lightning scatter*) - Durante uma trovoadas, os raios, ao serem descarregados, ionizam o ar à sua volta. Os gases da atmosfera quando são ionizados permitem a reflexão dos sinais de rádio na banda VHF, nomeadamente na faixa de radiodifusão VHF-FM (87,5-108 MHz em Portugal e em grande parte do mundo). Deste modo, na presença de uma trovoadas forte, é possível que ocorra um fenómeno semelhante à reflexão por meteorito, em que é possível, por alguns segundos, a recepção de sinais mais distantes. **NOTA: Em dias de trovoadas, e**

se utilizar uma antena exterior, deve, por motivos de segurança, desligá-la do receptor. Se não tiver de sair de casa por um motivo atendível, jamais tenha a ideia de se deslocar a um descampado ou outro local não protegido, no intuito de tentar realizar captações no rádio. Recomendo vivamente que, se quiser tentar o DX dentro de casa, utilize um rádio portátil desligado da rede eléctrica (alimentado a pilhas ou bateria). O DX é um passatempo muito interessante, todavia não vale a pena correr riscos elevados para a sua integridade física e a da sua família, bem como para os equipamentos eléctricos da sua habitação.

12.6 Auroras boreais

As auroras boreais, fenómeno atmosférico que acontece normalmente em zonas próximas dos pólos terrestres, sobretudo quando a actividade solar se encontra elevada, podem reflectir sinais de rádio e televisão. Por motivos geográficos, este tipo de propagação não beneficia propriamente o território português (por se encontrar longe do Pólo Norte), mas, em casos excepcionais, será, em teoria, possível a recepção de sinais reflectidos por uma aurora, em Portugal. Os períodos mais favoráveis à propagação coincidem com os equinócios, entre meados de Março e Abril e entre os meses de Outubro e Novembro. Este fenómeno de propagação pode afectar as frequências VHF até 200 MHz.

Capítulo 13

Receptores de emissões de rádio

No sentido mais lato da expressão, um receptor de rádio é qualquer equipamento que permite sintonizar emissões de radiodifusão. Um auto-rádio instalado num carro, um pequeno rádio a pilhas ou um sintonizador topo de gama não deixam de ser receptores.

Existem receptores para todos os preços, gostos pessoais e funcionalidades. Todavia, existem algumas características que devem ser avaliadas na altura de escolher um aparelho decente.

13.1 O que significa sintonizar uma estação de rádio?

No intuito de facilitar a compreensão do assunto, suponhamos que estamos em Lisboa com um rádio portátil de sintonia analógica (de ponteiro sobre o mostrador) à nossa frente e queremos sintonizar o sinal FM da Antena 1 (95,7 MHz). A antena do rádio está a receber os sinais de dezenas de estações, incluindo a Antena 1, a Antena 2, a Antena 3, a RDP África, a Rádio Renascença, a RFM, a Mega Hits, a Rádio Comercial, a M80, a Cidade FM, a Smooth FM, a TSF e muitas outras estações que se ouvem na capital portuguesa. Se rodarmos o botão de sintonia e paramos na rádio pública, o que na prática estamos a fazer é alterar um filtro dentro do rádio para que este ignore todos os sinais à excepção do sinal captado nos 95,7 MHz. Se mudarmos de ideia e decidimos ouvir a TSF, então temos de rodar

o botão e pararmos nos 89,5 MHz. Nesse momento, o filtro de selectividade do receptor impede que estejamos a ouvir em simultâneo a TSF e o som de dezenas de outras estações; com efeito, o sinal da TSF prepondera e os restantes são ignorados pelo circuito de amplificação do áudio. A sintonia é, então, de uma forma sucinta, o processo pelo qual o circuito electrónico do receptor filtra o sinal de entrada (proveniente da antena), por forma a processar o sinal recebido na frequência escolhida pelo utilizador, descartando os sinais emitidos nas outras frequências.

13.2 Tecnologias de recepção

Ao longo dos anos, têm sido desenvolvidas várias tecnologias implementadas pelos fabricantes nos receptores. Descreveremos as mais utilizadas.

13.2.1 Receptor Super-heteródino

Num receptor super-heteródino, tecnologia inventada pelo engenheiro americano Edwin Armstrong durante a Primeira Guerra Mundial, converte a frequência sintonizada numa frequência intermédia (FI) que é processada nos circuitos electrónicos de uma forma mais conveniente do que a frequência da portadora original. Trata-se da tecnologia de recepção utilizada na esmagadora maioria dos receptores de rádio construídos a partir dos anos 30 do século passado até aos dias de hoje.

Tipicamente, os receptores utilizam uma FI de 455 kHz em AM e de 10,7 MHz em FM.

13.2.2 Receptor DSP (Digital Signal Processing)

Num receptor DSP (do inglês *Digital Signal Processing*, isto é, **Processamento Digital do Sinal**), grande parte do circuito electrónico analógico é substituído por um microprocessador e outros componentes digitais. Note-se que o receptor continua a sintonizar sinais analógicos, que são convertidos para digitais e processados pelo firmware do aparelho. Trata-se de uma tecnologia que tem ganhado força nos últimos anos.

13.2.3 Rádio Definido por Software (SDR)

Num rádio definido por software (SDR, do inglês Software-Defined Radio), os circuitos electrónicos tradicionalmente implementados através de componentes físicos (amplificadores, filtros, moduladores/desmoduladores etc.) são substituídos por um pequeno dispositivo electrónico que se liga a um computador (PC, Mac etc.) e por um software que realiza todo o processo de sintonia e processamento do sinal. A redução dos preços da tecnologia tem contribuído para o aumento da popularidade deste sistema, o que aliado à massificação da Internet tem levado vários entusiastas e até universidades a disponibilizar via Internet receptores SDR controláveis remotamente por qualquer cibernauta interessado. Para dar um exemplo, é possível estar em Portugal a controlar (literalmente) um receptor de rádio nos Países Baixos e ouvir o que por lá se capta nas ondas curtas, médias e longas¹.

13.3 Características dos receptores de rádio

13.3.1 Sintonia analógica vs. sintonia digital

Existem duas formas de sintonia dum receptor: A forma tradicional, feita de forma analógica², consiste num mostrador (também designado por dial) que mostra uma escala por onde um ponteiro se move à medida que rodamos o botão de sintonia.



¹O leitor pode experimentar, bastando para tal aceder à página Web do SDR da Universidade de Twente, através do endereço: <http://websdr.ewi.utwente.nl:8901/>.

²de sublinhar que, independentemente da forma de sintonia ser analógica ou digital, o sinal de rádio será sempre analógico (salvo no caso dos receptores digitais aos quais aludiremos no capítulo 10)

Um rádio portátil com sintonia analógica.

Nas últimas décadas, os fabricantes de rádios têm contribuído para a massificação dos sistemas de sintonia digitais, que consistem na afixação da frequência (e/ou dos dados RDS, no caso de um rádio que tenha essa funcionalidade no FM) através de um ecrã de cristal líquido (LCD), de LEDs, ou de outra tecnologia. Neste caso, em vez de fixarmos o ponteiro na frequência pretendida, utilizamos os botões do receptor para a sintonizar. Ainda que tenham sido construídos receptores de sintonia analógica com um sistema de memórias primitivo, os receptores de sintonia digitais têm a vantagem de poder armazenar em memória várias frequências, permitindo-nos aceder à estação que queremos ouvir de uma forma conveniente e rápida. Não obstante, a grande vantagem do sistema digital comparativamente ao analógico é a facilidade com que sintonizamos com precisão a frequência que queremos ouvir. Muitos receptores de sintonia digital têm outras funcionalidades que geralmente não estão incluídas nos receptores analógicos produzidos nas últimas décadas.



Um rádio portátil com sintonia digital.

13.3.2 Sensibilidade

A sensibilidade é a medida da capacidade de um receptor conseguir sintonizar sinais fracos. Quanto mais sensível for o receptor, melhor é a qualidade de recepção de emissões que chegam à antena com sinal débil.

13.3.3 Selectividade

A selectividade representa a aptidão do receptor para separar convenientemente duas emissões em frequências/canais adjacentes. Quanto mais selectivo for o aparelho, melhor consegue sintonizar uma emissão de forma cristalina, sem o áudio sofrer a interferência de outros emissores em frequências adjacentes.

13.3.4 Rejeição de imagem

De uma forma muito sintética e "despida" da abordagem matemática e electrónica fundamental à correcta compreensão da temática, um receptor super-heteródino cria "imagens" do sinal, isto é, coloca uma parte do sinal sintonizado numa frequência "errada". Num receptor com má rejeição de imagem, a mesma emissão pode ser escutada na frequência verdadeira da rádio e noutras frequências "virtuais" criadas pelo circuito do próprio receptor. Assim, quanto maior for a rejeição de imagem, melhor é a capacidade do equipamento para evitar este tipo de artificios que podem prejudicar a recepção de outra estação, através da interferência do sinal "fantasma" sobre o sinal da estação que se quer realmente escutar.

13.3.5 Controlo automático de ganho (AGC)

Num cenário ideal em que todos os sinais de rádio chegavam ao receptor com o mesmo nível de sinal, pelo que o ganho (a amplificação) do sinal seria fixo. Porém, e por variadas razões, no mundo real as emissões não chegam ao circuito do receptor com a mesma "força", isto é, se estivermos a poucos metros de um determinado emissor, o sinal que entra no rádio é fortíssimo; já um emissor mais afastado apresenta um sinal mais fraco. Se o ganho não fosse ajustado quando sintonizamos um sinal muito forte, o receptor entraria em saturação, distorcendo o áudio que vai para o altifalante ou para os auscultadores; se o ganho não aumentasse na presença de um sinal fraco, o volume de som que chegava aos ouvidos do utilizador do aparelho seria reduzido, pouco audível. Para evitar este tipo de situações, os receptores de rádio dispõem do **controlo automático de ganho** (em inglês, *Automatic gain control* (AGC)), sistema que atenua o ganho na presença de sinais fortes e aumenta o ganho quando o receptor sintoniza um sinal fraco.

13.4 Qual o melhor receptor de rádio para quem quer começar a explorar as faixas de radiodifusão (e, quiçá, outras faixas)?

Porventura a questão essencial para um principiante que deseja iniciar-se na escuta de rádio: que receptor comprar? Se o leitor não tem um rádio portátil com FM, Onda Média e Onda Curta, pelo menos, ou tem um aparelho que deixa bastante a desejar, vou tentar ajudar a fazer uma escolha razoável.

Permitam-me que comece com uma analogia: suponhamos que um amigo ou um familiar gostaria de entrar no mundo da fotografia e o máximo que sabe fazer é apontar o smartphone e "clique" no ecrã, carregando no botão virtual para tirar a fotografia. No Natal, oferecem-lhe uma máquina fotográfica topo de gama, alguns conjuntos de lentes, um tripé e mais uns tantos acessórios. O aspirante a fotógrafo amador ainda nem sabe enquadrar devidamente a cena e já se perde em dezenas de configurações da máquina. Quiçá, diria eu se me pedissem a opinião, fosse melhor terem-lhe oferecido antes uma câmara simples mas decente e um livro de fotografia para iniciantes.

Voltando aos receptores, mais do que procurar o melhor dos melhores receptores (que no mercado ascenderá a uns milhares de euros...), a minha sugestão vai no sentido de, para quem ainda não tem experiência, procurar um aparelho com prestações aceitáveis mas relativamente barato e com algumas funcionalidades úteis, porém operável de uma forma razoavelmente simples.

Neste contexto, a minha recomendação (feita a título pessoal e sem o mínimo interesse comercial no ramo) vai para os rádios portáteis com ondas médias, curtas (e eventualmente longas), além do FM. Numa gama de preços abaixo dos 200 euros, proporia os receptores da Tecsun (sim, é uma marca chinesa mas com provas dadas de qualidade), nomeadamente o **Tecsun PL-660**; com sintonização de forma digital das faixas FM, Onda Curta, Onda Média, Onda Longa (se bem que esta última faixa deixa a desejar) e até a banda VHF aeronáutica, a descodificação da Banda Lateral Única e outras funcionalidades, é um receptor bastante bom para o preço. Mais barato mas sem BLU e sem Onda Longa, o **Sangean ATS-405** parece ser um bom aparelho para um iniciante. O **Tecsun PL-600** é também uma hipótese a considerar.

Para quem quer um rádio mais pequeno e/ou mais barato, existem algumas opções interessantes, incluindo o **Tecsun PL-380**, o **Tecsun PL-310ET**, o **Tecsun PL-365** e o **Degen DE1103** (os dois últimos com BLU), mas também - para quem quer ter funcionalidades RDS no FM e a banda aeronáutica (VHF), além da BLU- o **XHDATA D-808**. Apesar do sintonizador analógico e da falta da BLU, o **Tecsun R-9700DX** aparenta ter também prestações razoáveis. Para quem quiser gastar um pouco mais de 200 euros, o **Sangean ATS-909X** é uma excelente escolha.

Outra possibilidade passa pela análise das propostas disponíveis no mercado de rádios usados. Um receptor que aconselho é o **Sony ICF-SW7600GR**, se estiver em boas condições de operacionalidade e a um preço razoável. Uma dica importante: se procurar no eBay, tenha cuidado com o mercado de usados; não é que não possa haver bons negócios, mas há equipamentos colocados a preços substancialmente inflacionados.

Dois conselhos fundamentais: não comprar rádios de marcas que ninguém conhece (se os Tecsun ou os Sangean, por exemplo, têm diversas *reviews*, há outras marcas de qualidade, no mínimo, altamente duvidosa. Tão-pouco é bom sistema comprar vários rádios portáteis baratos mas que não oferecem um desempenho aceitável; mais vale subir um pouco o orçamento e comprar um aparelho de melhor qualidade.

13.5 Como aproveitar ao máximo o receptor

Independentemente do receptor utilizado, há que saber tirar o melhor proveito possível do aparelho - e, com a exceção da compra de antenas e acessórios, há gestos simples e gratuitos que podem maximizar a experiência de utilização do equipamento.

Por muito óbvio que possa parecer, nunca é demais lembrar: a melhor forma de conhecer e aproveitar todas as funcionalidades de um receptor é começar por ler o manual de instruções. De pouco serve ter um equipamento com algumas funções muito interessantes se não soubermos aproveitá-las da melhor forma.

Por outro lado, há que ter em conta um aspecto fulcral: qualquer receptor utiliza, de uma forma mais ou menos eficiente, o sinal recebido da antena. Por muito bom que seja o receptor, os resultados podem ser significativamente melhorados com o recurso a uma antena mais eficaz. Tipicamente,

um rádio portátil está equipado com duas antenas: a visível pelo utilizador é a antena telescópica, que é puxada e estendida para assegurar o melhor sinal possível no FM e na Onda Curta; a segunda, invisível porque se encontra no interior do rádio, é a antena de ferrite para Onda Média e Onda Longa. Esta última consiste numa antena direccionada, o que implica que a forma de conseguir a melhor recepção é rodar o próprio rádio até se descobrir a orientação que oferece o sinal mais forte. Para quem se interessa por captações na Onda Média, recomendo vivamente que considere a aquisição de uma antena de loop, como a **Tecsun AN-100** ou a **Tecsun AN-200**, por exemplo. Podendo operar por indução magnética, qualquer dos modelos melhora a recepção de qualquer rádio (literalmente funciona com qualquer rádio portátil equipado com antena de ferrite).

No caso da Onda Curta, muitos rádios portáteis trazem um fio que se liga à entrada de antena exterior ou se prende à antena telescópica; vale a pena esticá-lo junto a uma janela ou outro local que ofereça a melhor recepção possível.

Outro aspecto a colocar na lista de considerações e que já abordámos, mas que não é demais repetir: evitar o ruído eléctrico. . A melhor forma de minimizar tal problema é, como já referimos, desligar da tomada todos os aparelhos eléctricos não essenciais antes de utilizar o rádio ou deslocar o aparelho (se for portátil) para outro local mais favorável.

13.5.1 Cabos e outros elementos de ligação entre a antena e o receptor

Se o leitor pretende instalar uma antena exterior, certifique-se de que utiliza cabos e componentes eléctricos de marcas respeitadas. Um cabo barato mas que não tem qualidade pode causar atenuar em demasia o sinal da antena e aumentar substancialmente o ruído; também as ligações entre o cabo e a antena e a outra extremidade do cabo e o receptor importa; se a recepção não melhorou, verifique se as fichas e outros elementos de ligação estão bem colocados - e recomenda-se que não tente descarnar fios no intuito ligar uns aos outros ou realizar outras "obras do desenrascanço" que não garantem o bom funcionamento do sistema; na dúvida, o leitor deve entrar em contacto com um técnico competente com experiência na instalação de antenas de rádio e televisão.

13.5.2 Amplificadores

O principiante na escuta de emissões radiofónicas, especialmente em FM e que tem um equipamento de recepção fixo em casa (aparelhagem de som, sintonizador etc.) poderá ter a tentação de instalar um amplificador para melhorar as condições de recepção sem apurar por que razão o sinal não chega ao receptor de forma cristalina. Um amplificador é útil se o sinal for fraco; contudo, se o sinal apresenta ruído derivado de perturbações, o amplificador aumenta tanto a intensidade do sinal como a intensidade do ruído, podendo agravar ainda mais a situação. Se o sinal já for forte antes de ser amplificado, o receptor até pode saturar e deixar de conseguir filtrar devidamente outras estações. Assim, um amplificador tanto pode ajudar como desajudar; a sugestão do ponto anterior também se aplica neste caso: antes de investir em equipamentos sem ter a certeza de que são úteis na resolução do problema, recorra à ajuda de um profissional.

13.5.3 Como melhorar a recepção dentro de um veículo

Para o ouvinte que tenta sintonizar um rádio portátil no interior de um veículo (carro, autocarro, comboio etc.³), a melhor sugestão que se pode dar é a de colocar o rádio o mais próximo possível da janela. Com efeito, a estrutura metálica do veículo constitui uma Gaiola de Faraday, superfície que pelas suas características evita que as ondas penetrem facilmente no interior. Se, por um lado, esta propriedade tem as suas vantagens, incluindo a de proteger os ocupantes da viatura na eventualidade da queda de um raio durante uma trovoadas, por outro lado prejudica consideravelmente a recepção das emissões de rádio. Esta é, aliás, a principal razão pela qual as antenas dos veículos são geralmente instaladas no exterior dos mesmos.

³ não mencionamos os aviões porque as regras de segurança aeronáutica aplicadas na maioria das companhias aéreas não permitem a utilização de um receptor de rádio a bordo de uma aeronave

Capítulo 14

Listas de frequências das emissões de rádio

De pouco serve termos um bom equipamento de recepção se não sabemos onde, o quê e quando sintonizar. Assim, é conveniente, para o ouvinte, munir-se de informação publicada em livro ou em sítios da Internet, que forneça uma lista dos emissores de radiodifusão que operam em cada frequência, seja na Onda Longa, seja na Onda Média, Onda Curta ou até em FM.

14.1 FMLIST e MWLIST

Uma boa lista gratuita de emissores na faixa de FM em praticamente todos os países do mundo encontra-se disponível no site **FMLIST** (<http://www.fmlist.org>).

Declaração de interesses: sou editor da secção de Portugal (incluindo os arquipélagos da Madeira e dos Açores) do site, a título voluntário e sem receber qualquer contrapartida por publicitar este serviço.

Do mesmo desenvolvedor do FMLIST, o site **MWLIST** (<http://www.mwlist.org>) oferece muita informação útil a respeito das emissões em Onda Longa, Onda Média e até Onda Curta.

14.2 Horários e frequências das emissões em Onda Curta

Uma lista oficial das emissões de rádio em Onda Curta encontra-se disponível no site da **HFCC** (<http://www.hfcc.org/>), uma organização não

governamental e sem fins lucrativos. Não obstante, admito que as listas de frequências oferecidas não são publicadas num formato muito amigável para o principiante, pelo que sugeri a consulta de outros sites da Internet onde é possível filtrar e pesquisar a informação de uma maneira mais facilitada. Uma boa alternativa à HFCC é o **ShortwaveSchedule.com** (<https://shortwaveschedule.com>); também vale a pena experimentar o site **short-wave.info** (<https://short-wave.info>).

14.3 World Radio TV Handbook

Declaração de interesses: Sou editor da secção do WRTH respeitante às emissões de radiodifusão em Portugal, incluindo Madeira e Açores, e, à excepção de uma cópia anual do livro, não recebo qualquer outra contrapartida, pecuniária ou não, por desempenhar tal função voluntária ou por publicitar o livro. Se o menciono neste livro digital, é porque acredito verdadeiramente que se trata de uma ferramenta muito útil para qualquer entusiasta da rádio - fundamental para quem quer investir a sério no DX como passatempo.

Publicado desde 1947, o **World Radio TV Handbook** (<http://www.wrth.com>) reúne informação a respeito das estações de rádio nacionais, regionais, locais e internacionais de cada país do mundo. Não obstante tratar-se de um livro que não é gratuito, permite ter uma perspectiva global e exaustiva da rádio que é feita e é emitida em cada país, em cada região do planeta. Para quem quiser explorar as faixas de Onda Curta, a secção internacional apresenta os horários e as frequências de todas as emissoras legais, das rádios locais e regionais com poucos quilowatts às estações internacionais irradiadas com centenas de quilowatts.

Capítulo 15

Tecnologias de radiodifusão digital

Nos capítulos anteriores, concentrámo-nos nos aspectos técnicos das emissões analógicas de rádio. Ainda que muitas questões abordadas continuem a fazer sentido, visto que, à data de escrita deste livro, as transmissões analógicas são uma realidade em todos os países (até a Noruega, que migrou quase todas as emissões na frequência modulada para o DAB+ e encerrou definitivamente o derradeiro emissor operacional na Onda Longa, tem ainda um pequeno emissor activo na Onda Média), e apesar de se saber que a rádio digital, depois do encerramento da rede DAB da RTP, não estar disponível em Portugal, falaremos, de uma forma muito sucinta, dos sistemas de rádio operacionais na Europa, na América do Norte e noutras regiões do mundo.

15.1 DAB (Digital Audio Broadcasting)

O **Digital Audio Broadcasting** (DAB), também conhecido em português por **Radiodifusão Sonora Digital**, é uma norma de transmissão de rádio digital desenvolvida na Europa durante os anos 80 do século XXI. As primeiras emissões DAB no mundo foram realizadas pelas rádios públicas da Noruega (NRK), Suécia (SR) e Reino Unido (BBC), no ano de 1995.

O DAB transmite áudio no formato MPEG-1 Audio Layer II (MP2), um "codec" que pode oferecer uma qualidade de som igual ou superior às das emissões analógicas FM, exigindo, contudo, um fluxo de transferência de

bits("bit rate") elevado para atingir uma fidelidade elevada ¹. Relativamente às faixas de frequências utilizadas, o DAB utiliza a faixa III da VHF (174–240 MHz) e pode operar na banda L (1,452–1,492 GHz), ainda que, ao que sei, esta última é ainda muito pouco usada, inclusivamente nos países com redes de emissores digitais bastante avançadas.

Uma das principais vantagens do DAB relativamente à frequência modulada analógica é a maior resiliência quando o sinal é sujeito a interferências, pois existe um sistema de correcção de erros que compensa pequenos erros no sinal. Contrariamente aos sistemas analógicos, se existirem vários emissores a operar na mesma frequência dentro de uma região relativamente pequena, os *bits* recebidos de um dos emissores complementam os *bits* de outro emissor (e um terceiro emissor pode complementar o sinal dos outros dois e assim sucessivamente), desde que o atraso derivado da distância aos emissores esteja dentro do limite operacional². Esta situação reforça o sinal, inclusivamente na presença do efeito multipath e outras perturbações da propagação.

Em Portugal, o DAB arrancou a título experimental em 1998 (com as emissões da Antena 1, Antena 2, Antena 3, Rádio Renascença e RFM), tendo operado de forma regular até 2011. De referir que, após a desistência da Renascença, as emissões DAB foram um exclusivo da então RDP/actual RTP, que acrescentou à Antena 1, Antena 2 e Antena 3 a RDP África e a RDP Internacional.

Nos últimos anos, vários países que adoptaram o DAB têm migrado para o DAB+, aproveitando as vantagens do novo sistema.

15.2 DAB+

O DAB+ é uma evolução do DAB que utiliza um "codec" de áudio mais moderno, o AAC-HE (High-Efficiency Advanced Audio Coding) e um sistema de correcção de erros melhorado. Trata-se do sistema que substituiu o FM na Noruega e que se encontra operacional em países como a Suíça, a França, a Bélgica, a Alemanha, a Itália, entre outros.

¹de notar que o MP2 é um projecto tecnológico mais antigo que o MP3 que conhecemos, para dar um exemplo. Trata-se de uma tecnologia considerada actualmente como que a tender para o obsoleto.

²O que deveria suceder sempre com a Televisão Digital Terrestre se a rede fosse, logo de início, devidamente planeada...

15.3 Digital Radio Mondiale (DRM)

O DRM (*Digital Radio Mondiale*) é um conjunto de tecnologias de transmissão de áudio digital concebido para trabalhar nas faixas usadas atualmente para a transmissão de rádio analógica, nomeadamente nas ondas curtas e médias e no FM. Trata-se de um sistema mais eficiente em termos espectrais do que a AM e o FM, permitindo mais estações e com uma qualidade de recepção superior, utilizando vários formatos de codificação de áudio MPEG-4.

A concepção do DRM partiu do princípio que a largura de banda é o elemento limitado e o poder de processamento do computador é barato; as técnicas modernas de compactação de áudio com uso intenso de CPU permitem o uso mais eficiente da largura de banda disponível, à custa dos recursos de processamento.

Nos últimos tempos da RDP Internacional na Onda Curta, o emissor de Sines da Deutsche Welle chegou a transmitir a rádio internacional portuguesa no sistema DRM.

15.4 HD Radio

O **HD Radio** é o nome comercial da tecnologia *in-band on-channel* (IBOC), utilizada nos Estados Unidos, no Canadá e no México. Contrariamente ao DAB/DAB+, o HD Radio utiliza as faixas FM (87,5-107,9 MHz) e de Onda Média (530-1700 kHz) para transmitir o sinal digital em simultâneo e na mesma frequência do sinal analógico.

Bibliografia

- [1] Ian Poole. Basic Radio Principles & Technology (1998). Newnes
- [2] John A. Richards. Radio Wave Propagation: An Introduction for the Non-Specialist (2008). Springer
- [3] Wikipedia em inglês: "Modulation"
<https://en.wikipedia.org/wiki/Modulation>
- [4] Wikipedia em inglês: "Frequency Modulation"
https://en.wikipedia.org/wiki/Frequency_modulation
- [5] Wikipedia em inglês: "Amplitude Modulation"
https://en.wikipedia.org/wiki/Amplitude_modulation
- [6] Wikipedia em inglês: "Longwave"
<https://en.wikipedia.org/wiki/Longwave>
- [7] Wikipedia em inglês: "Mediumwave"
<https://en.wikipedia.org/wiki/Mediumwave>
Wikipedia em inglês: "Shortwave"
<https://en.wikipedia.org/wiki/Shortwave>
- [8] Wikipédia em português "Radio Data System".
https://pt.wikipedia.org/wiki/Radio_Data_System
- [9] Wikipedia em inglês: "Radio Data System".
https://en.wikipedia.org/wiki/Radio_Data_System
- [10] Wikipedia em inglês: "Luxemburg–Gorky effect"
https://en.wikipedia.org/wiki/Luxemburg-Gorky_effect
- [11] Outras páginas da Wikipédia inglesa relacionadas com a rádio.

- [12] Paul Litwinovich. The Luxembourg Effect (2018)
<https://www.wshu.org/post/luxembourg-effect#stream/0>
- [13] Edmund A. Laport. Radio Antenna Engineering (1952). McGraw-Hill Publishing Co., New York
Livro em domínio público disponibilizado online no site
<http://www.snulbug.mtview.ca.us/books/RadioAntennaEngineering>
- [14] Pieter-Tjerk de Boer. Sideband-asymmetry in the Luxembourg effect
<https://pa3fwm.nl/signals/luxembourgeffect/>
- [15] Solar cycles and how they affect shortwave propagation. Tecsun Radios Australia
<https://www.tecsunradios.com.au/store/solar-cycles-and-how-they-affect-sh>
- [16] Lawrence Der, Ph.D. Frequency Modulation (FM) Tutorial (documento .PDF). Silicon Laboratories Inc.
<https://pdfs.semanticscholar.org/c122/bb065f9a5540970b7a1298a908e88af6dfb9.pdf>
- [17] Sarmento Campos. Radioescuta e DX - Navegue nas Ondas Curtas do Radio
<http://www.sarmiento.eng.br/OndasCurtas.htm>