

em que:

- P_n é a potência de ruído, em W;
- K , a constante de Boltzmann, igual a $1,38 \cdot 10^{-23}$ joule/kelvin;
- T_o , a temperatura ambiente, em kelvin;
- B , a banda do canal, em Hz.

Se houver estágios amplificadores no sistema, o ganho deverá ser considerado:

$$P_{n(\text{saída})} = G_{\text{sis}} \cdot F_{\text{sis}} \cdot K \cdot T_{o \text{ sis}} \cdot B \quad (2.4)$$

em que:

- G_{sis} é o ganho total = $G_1 \cdot G_2 \cdot G_3 \cdot \dots \cdot G_n$;
- F_{sis} , a figura de ruído total = $F_1 + (F_2 - 1) / G_1 + (F_3 - 1) / (G_1 \cdot G_2) + \dots$;
- $T_{o \text{ sis}}$, a temperatura efetiva do sistema = $T_1 + (T_2 / G_1) + T_3 / (G_1 \cdot G_2) + \dots$

2.4.2 Distorção do sinal

Consiste, praticamente, na alteração da forma de onda do sinal, provocada por diferentes atenuações impostas às diversas frequências que compõem o sinal da informação. Um exemplo é observado nas comunicações analógicas de voz por telefonia fixa, com alteração do timbre na reprodução da voz ao telefone.

2.4.3 Sinais interferentes ou espúrios

São sinais de outras comunicações que invadem o canal, como a linha cruzada na ligação telefônica ou as rádios piratas que interferem na comunicação das aeronaves com a torre de controle dos aeroportos.

Capítulo 3

Ondas de rádio

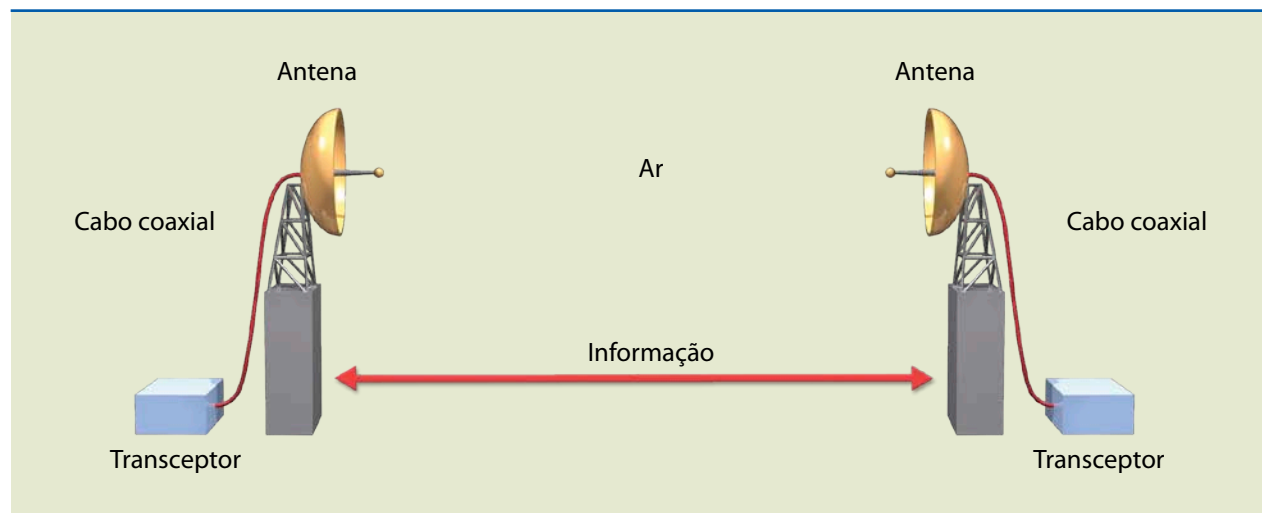


3.1 Definição

Onda é a perturbação física de um meio, provocada por uma fonte. Por exemplo, quando jogamos uma pedra em um lago, no momento em que a pedra bate na superfície da água, uma perturbação é gerada, fazendo surgir um movimento circular em torno do ponto de colisão.

As ondas de rádio ou hertzianas são perturbações físicas causadas pela interação de dois campos: o elétrico (E) e o magnético (H), variáveis no tempo e perpendiculares entre si. Essas ondas são capazes de se propagar no espaço, irradiadas por uma antena. Podem ser geradas em qualquer frequência, mas, em telecomunicações, são utilizadas ondas de frequência superior a 100 kHz, passando por um processo denominado modulação, que será estudado com detalhes no capítulo 4.

Figura 3.1
Enlace de rádio ponto a ponto.



3.2 Natureza da onda de rádio

A onda eletromagnética é provocada pela interação de um campo elétrico (E) e de um campo magnético (H), de intensidades variáveis com o tempo e perpendiculares entre si e entre a direção de propagação da onda. É representada graficamente por duas senoides, uma para cada campo, indicando os parâmetros de amplitude, fase, frequência e comprimento de onda (figura 3.2).

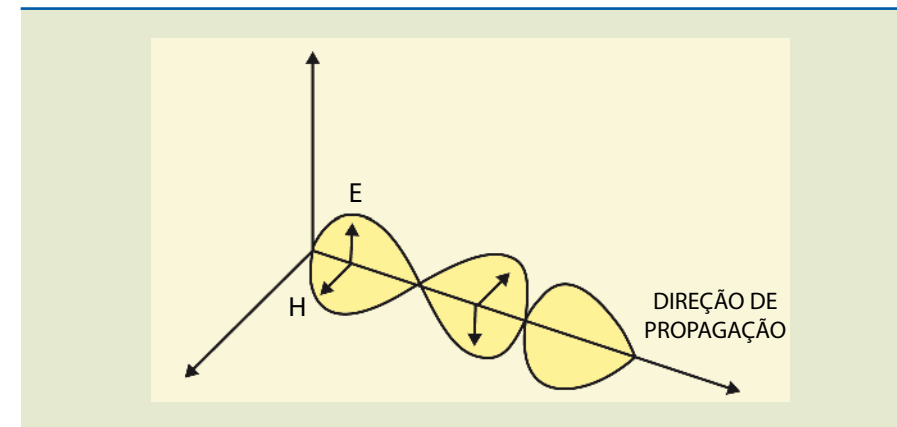


Figura 3.2
Representação gráfica da onda eletromagnética.

3.2.1 Comprimento de onda (λ)

É a distância percorrida pela onda durante a realização de um ciclo. Para uma onda senoidal, o comprimento de onda é a distância (em metros) entre os picos consecutivos (figura 3.3).

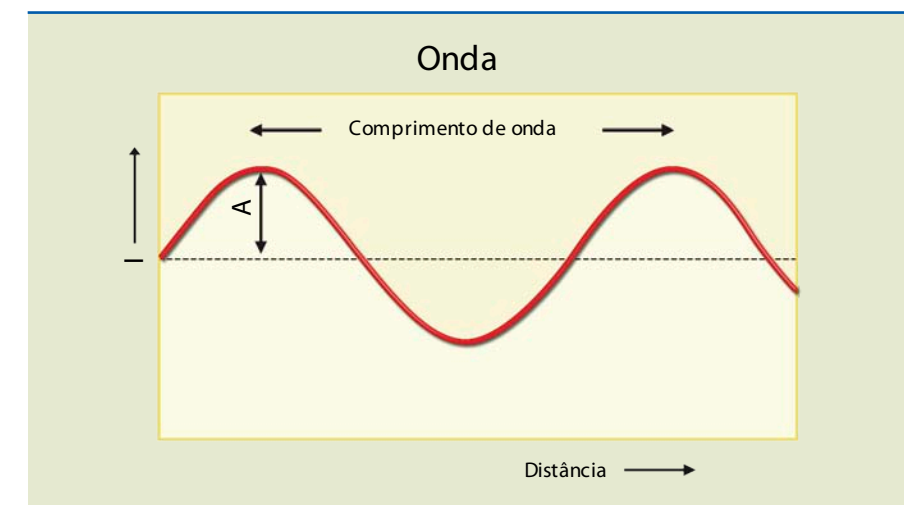


Figura 3.3
Representação do comprimento de onda.

3.2.2 Frequência (f)

É a velocidade de repetição de qualquer fenômeno periódico, ou seja, o número de ciclos realizados por segundo, em hertz.

3.2.3 Relação entre λ e f

O comprimento de onda é igual à velocidade da onda dividida pela frequência da onda. Quando se lida com radiação eletromagnética no vácuo, essa velocidade é igual à velocidade da luz para sinais se propagando no ar.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (3.1)$$



em que:

- λ é o comprimento de onda, em metros;
- c , a velocidade da luz no vácuo, igual a $3 \cdot 10^8$ m/s;
- f , a frequência, em hertz.

Os campos E e H são grandezas vetoriais, com intensidade, direção e sentido. Suas unidades de medida são:

- Campo elétrico $E = V/m$.
- Campo magnético $H = A/m$.

O instrumento utilizado para medir a intensidade de campo elétrico do ponto de emissão chama-se **medidor de intensidade de campo**.

A potência de emissão, em watts, é calculada pelo produto do quadrado da corrente de radiofrequência que alimenta a antena transmissora pela resistência desta:

$$P = I_{RF}^2 \cdot R_{ant} \quad (3.2)$$

A impedância intrínseca do espaço livre é obtida pela relação E/H , determinada por:

$$Z_0 = E/H = 120\pi = 377 \, \Omega \quad (3.3)$$

O modo como a onda se propaga no espaço vai depender principalmente da faixa em que se enquadra a frequência de transmissão.

3.2.4 Polarização

É a maneira como os campos se orientam no espaço, tomada em função da posição do campo elétrico (E) em relação ao solo.

a) Antena com polarização vertical (figura 3.4).

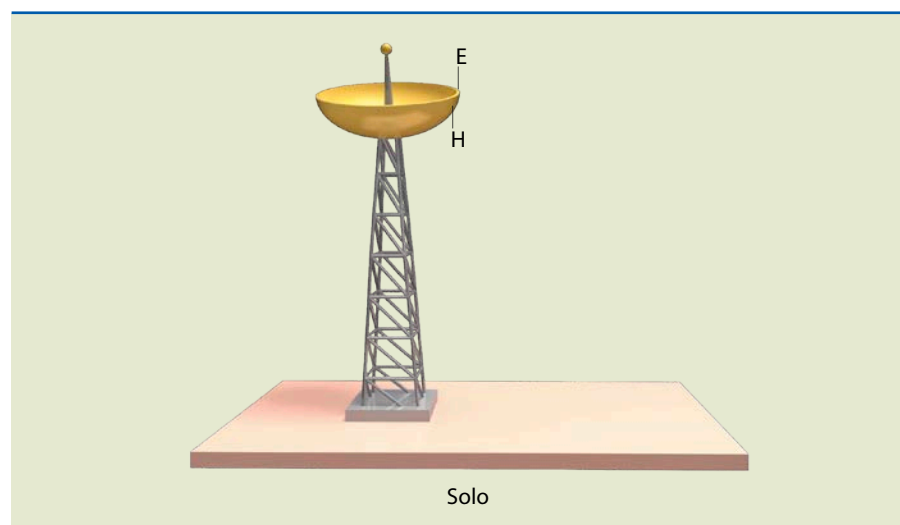


Figura 3.4
Antena com polarização vertical.

b) Antena com polarização horizontal (figura 3.5).

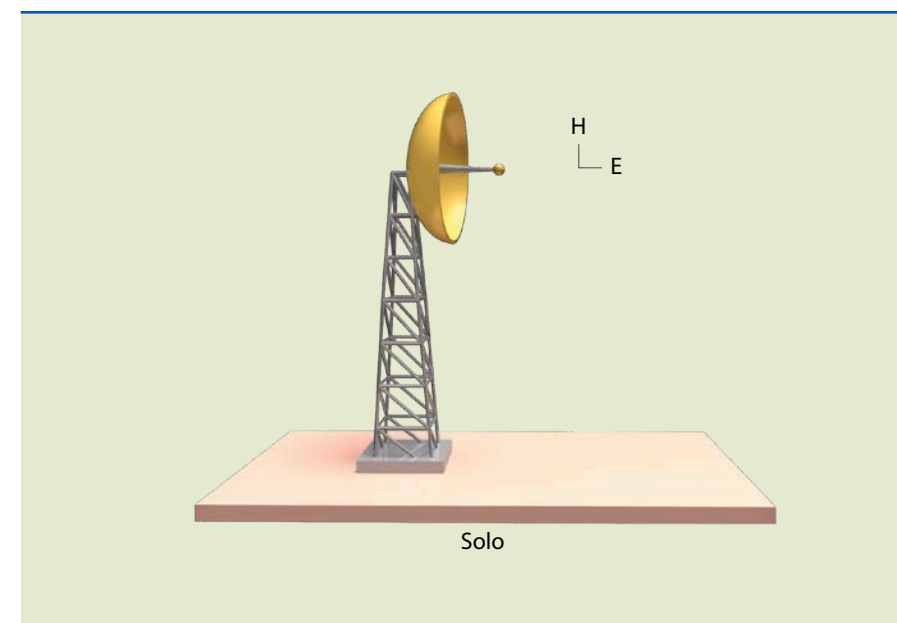


Figura 3.5
Antena com polarização horizontal.

As polarizações horizontal e vertical são chamadas de polarizações lineares.

Existem ainda polarizações:

- Circular.
- Elíptica.
- Ortogonal.
- Cruzada.

3.3 Distúrbios específicos de radiocomunicações

3.3.1 Ondas de multipercurso

São ondas secundárias provenientes de distintos percursos (reflexões no solo ou em obstáculos), que resultam da dispersão de energia eletromagnética irradiada na transmissão e que chegam à recepção com diferentes intensidades e defasagens em relação à onda principal ou direta.

O sinal resultante na recepção é a soma vetorial dos sinais secundários com o sinal principal. Um exemplo prático é o efeito “fantasma” que aparece nas transmissões de TV (figura 3.6).

3.3.2 Desvanecimento

São flutuações do sinal recebido, decorrentes de problemas na transmissão, como as ondas de multipercurso. A intensidade do sinal recebido varia a cada instante, prejudicando a recepção – por exemplo, na recepção de radiodifusão AM durante a noite.

