

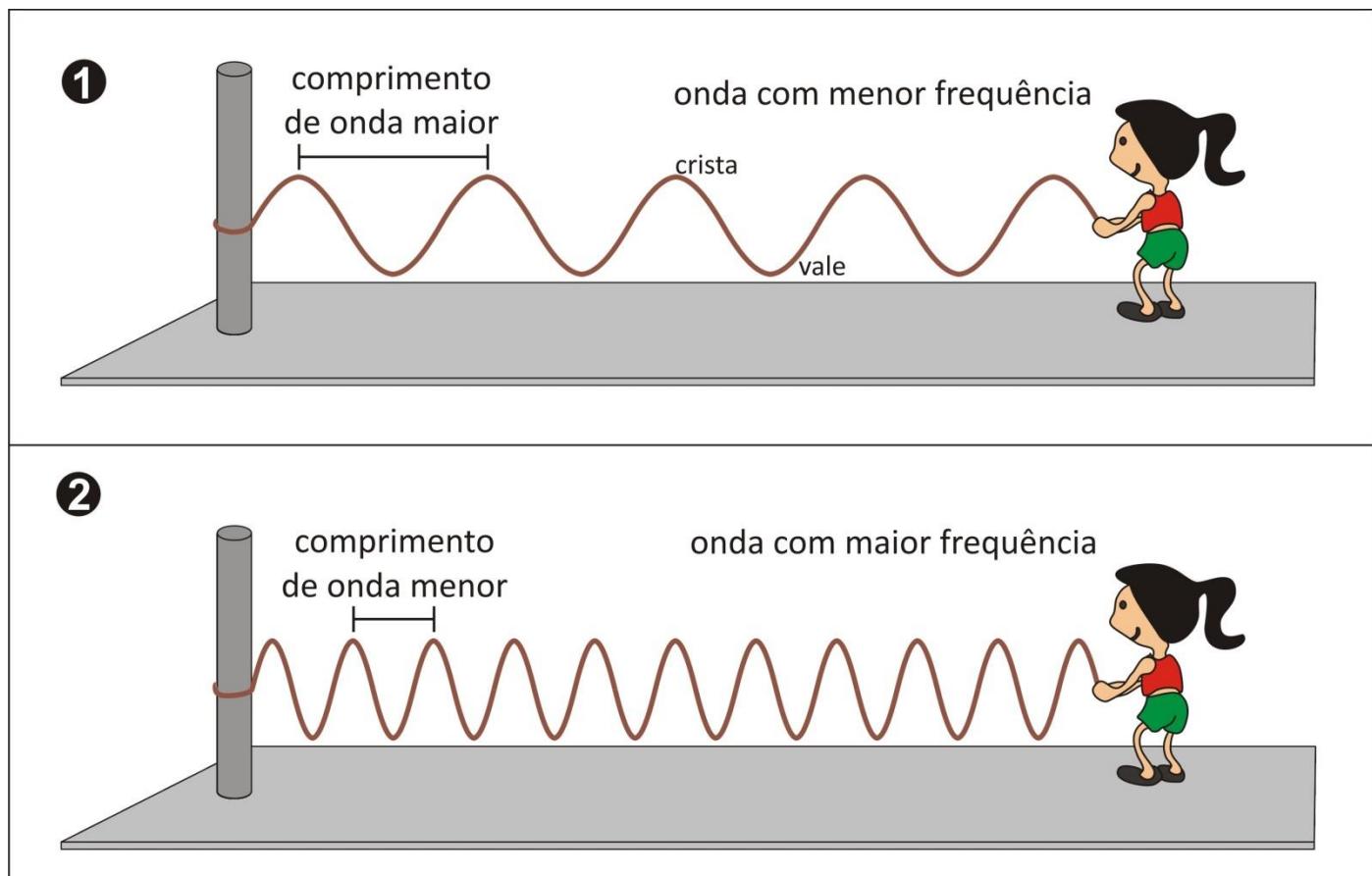
## Ondas eletromagnéticas e suas aplicações tecnológicas

Neste exato momento, você está sendo atravessado por uma infinidade de ondas eletromagnéticas que se propagam pelo espaço, levando informações de um lado a outro do planeta. Mas o que são essas ondas? Por que possuem esse nome? Em que são utilizadas? Nesta atividade, você aprenderá um pouco mais sobre essas ondas e também onde elas são empregadas. Mas, primeiramente, retomaremos alguns conceitos importantes que se aplicam a quaisquer tipos de ondas.

### Um pouco sobre ondas

Ondas são entidades físicas que transportam energia de um ponto do espaço a outro, mas não transportam matéria. Quando você sintoniza uma estação de rádio em sua casa, o aparelho está recebendo a energia emitida pela emissora, mas não recebe nenhum tipo de matéria. Para caracterizar uma onda, são utilizadas três importantes grandezas físicas: a frequência, o comprimento de onda e a velocidade de propagação.

Toda onda é gerada por algum meio que esteja oscilando (vibrando) e a frequência de uma onda depende da frequência de vibração da fonte que a produz. Por exemplo, considere a garotinha da figura abaixo, que brinca de produzir ondas em uma corda. Se ela movimentar sua mão para cima e para baixo, com certa velocidade, irá produzir ondas com determinada frequência, como na figura 1. Mas, se ela movimentar sua mão mais rapidamente, então produzirá ondas com frequência maior, como mostra a figura 2.



Figuras 1 e 2 – Menina produz ondas de frequências diferentes em uma corda.

A frequência, portanto, nos informa algo sobre a quantidade de vibrações do meio, em certo intervalo de tempo. Assim como temos unidades para expressar grandezas, como massa, comprimento e velocidade, também temos uma unidade para expressar as medidas de

frequência. Essa unidade recebe o nome de Hertz (lê-se rertz), cujo símbolo é Hz. O nome desta unidade é uma homenagem ao físico alemão Heinrich Rudolf Hertz, que conseguiu, pela primeira vez na história, produzir e detectar ondas eletromagnéticas.

Mas, voltando às figuras acima, note que, ao produzir ondas com frequência maior, o comprimento de onda - que é a distância entre duas cristas, ou dois vales consecutivos - da onda produzida pela garotinha ficou menor. Podemos compreender isto da seguinte forma: ao movimentar sua mão com maior frequência, a garotinha produz pulsos que estão mais próximos uns dos outros, pois ela move sua mão para cima e para baixo mais rapidamente.

Por fim, a velocidade de propagação de uma onda diz respeito à rapidez com que ela se move em determinado meio. Por exemplo, ondas sonoras podem se deslocar no ar a uma velocidade aproximada de 340 m/s (cerca de 1.200 km/h).

Um aspecto interessante é que a velocidade de uma onda depende apenas das características do meio em que ela se propaga e não depende nem da freqüência, nem do comprimento de onda. Isto significa que as duas ondas produzidas pela garotinha nas figuras 1 e 2, acima, possuem a mesma velocidade, pois se deslocam no mesmo meio: a corda. O som, que, no ar, se desloca a uma velocidade de 344 m/s, pode chegar aos 5.000 m/s (cerca de 18.000 km/h) no aço.

### Ondas eletromagnéticas

Pode-se dizer que há, basicamente, dois tipos de ondas: as ondas mecânicas e as ondas eletromagnéticas. As ondas mecânicas, como a onda produzida na água de um lago, as ondas sonoras que saem da nossa boca e chegam aos ouvidos de outras pessoas ou a onda produzida pela garotinha na corda da figura 1, entre outros exemplos, necessitam de um meio material para se propagarem. Este tipo de onda se move, graças à vibração de um meio material. No caso da onda no lago, o meio material é a água. No caso das ondas sonoras, o meio material é o ar. Já as ondas eletromagnéticas não necessitam de um meio material para se propagarem de uma região à outra.

As ondas eletromagnéticas também são caracterizadas por sua velocidade de propagação, sua frequência e seu comprimento de onda, porém possuem características bastante diferentes das ondas mecânicas. As propriedades que essas ondas exibem se devem à sua natureza elétrica e magnética.

Até o início do século 19, pensava-se que não havia qualquer relação entre os fenômenos elétricos e os fenômenos magnéticos. Mas, ao longo daquele século, vários cientistas que estavam envolvidos com o estudo desses fenômenos descobriram que era possível gerar eletricidade a partir do magnetismo e, também, magnetismo a partir da eletricidade, ou seja, os fenômenos elétricos e os magnéticos estavam intimamente relacionados. No final do século 19, os cientistas chegaram à conclusão de que uma onda eletromagnética surgia devido à interação da eletricidade com o magnetismo. Considere, por exemplo, a antena de uma emissora de rádio. Se for aplicada eletricidade à antena, ela irá gerar um campo magnético. Por sua vez, este magnetismo gera eletricidade e assim por diante. O resultado é que o magnetismo e a eletricidade gerados dessa forma alimentam um ao outro, formando ondas eletromagnéticas que saem da antena.

No vácuo, todas as ondas eletromagnéticas possuem a mesma velocidade: aproximadamente 299.792 quilômetros por segundo! É uma velocidade bastante alta. Em outros meios materiais, as velocidades dos diferentes tipos de ondas eletromagnéticas são um pouco menores. Por exemplo, a velocidade da luz na água é aproximadamente igual a 224.901 quilômetros por segundo (o que ainda é muito alto!). De um ponto de vista fundamental, não há diferenças entre os vários tipos de ondas eletromagnéticas, a não ser com relação à sua frequência e ao seu comprimento de onda. Utilizamos esse aspecto para organizar os diferentes tipos de ondas no chamado **espectro eletromagnético**. Veja a figura a seguir :



Figuras 3 – O espectro eletromagnético das radiações.

Embora a figura acima apresente limites bem definidos para cada faixa de radiações do espectro eletromagnético, é preciso salientar que tais limites não existem. Na verdade, essas faixas se sobrepõem umas às outras. A vantagem dessa divisão é que ela nos ajuda a classificar e especificar melhor as formas de produção e utilização dessas ondas. A seguir, falaremos sobre cada uma dessas faixas, começando pelo lado esquerdo da figura acima.

As ondas eletromagnéticas de frequências mais baixas são muito utilizadas nas comunicações. As ondas longas de rádio, que possuem frequências que vão de poucos hertz a centenas de kHz<sup>1</sup>, já foram muito utilizadas em sistemas de radionavegação de aeronaves, embarcações e até de submarinos. Atualmente essas faixas são mais empregadas por radiofaróis, que enviam continuamente informações telegráficas, com a posição da emissora, para auxiliar na radionavegação. Com o advento do sistema de posicionamento global (GPS), a utilização das ondas longas na radionavegação tem sido substituída.

As emissoras de radiodifusão AM e FM também utilizam as faixas de radiofrequências. No caso das emissoras de AM, a faixa utilizada está entre 0,5 MHz<sup>2</sup> e 1,6 MHz, enquanto que as transmissões de FM ocorrem com frequências entre 88 MHz e 108 MHz. As emissoras de TV também fazem uso de faixas específicas nessa banda para a transmissão de seus sinais.

A faixa de frequências na casa dos bilhões de hertz, ou GHz<sup>3</sup>, foi inicialmente empregada nas comunicações por radar. Por se tratar de uma faixa de radiações com maior frequência e menor comprimento de onda em relação às ondas de rádio, ela oferecia vantagens - como maior possibilidade de direcionamento e de compactação dos sinais a serem transmitidos. Atualmente ela também é muito utilizada nas transmissões de sinais de telefones celulares e nos sistemas de comunicação de internet sem fio. A utilização dessa faixa de radiações nos fornos de microondas veio de uma descoberta acidental de pesquisadores americanos, durante a Segunda Guerra Mundial. Enquanto trabalhavam e faziam pesquisas com radares, os pesquisadores notaram que os alimentos colocados próximos às fontes de radiação de microondas se aqueciam. Na época, foram construídos fornos grandes e caros, mas o aprimoramento dos estudos e da tecnologia de produção das microondas possibilitou que se chegassem aos pequenos fornos que utilizamos hoje em casa.

O aquecimento dos alimentos em um forno de microondas se dá porque as moléculas de água, açúcares e gorduras, presentes nos alimentos, absorvem a energia da radiação do forno, aumentando a temperatura do alimento. O recipiente em que está o alimento, geralmente de vidro ou plástico, não possui água, açúcares ou gordura e, portanto, ele não absorve a energia das microondas. Não se deve colocar metais no forno de microondas porque os elétrons dos metais

<sup>1</sup> Lê-se quilohertz =  $10^3$  Hz

<sup>2</sup> Lê-se megahertz =  $10^6$  Hz

<sup>3</sup> Lê-se gigahertz =  $10^9$  Hz

irão se mover, de acordo com a energia recebida das microondas, constituindo uma corrente elétrica. O metal pode não suportar o aquecimento provocado por essas correntes ou pode gerar faíscas no interior do forno.

Seguindo nossa passagem pelo espectro, após a radiação de microondas, vêm as ondas de infravermelho. Estas ondas eletromagnéticas são também chamadas de radiação de calor, pois são emitidas por todos os corpos e materiais, em função de sua temperatura.

Aquecedores elétricos, fogueiras e o Sol são fontes de ondas de infravermelho. O seu corpo é também um emissor de radiação infravermelha. Algumas câmeras especiais são capazes de captar o infravermelho emitido pelos corpos de pessoas e animais e são muito utilizados em sensores de visão noturna, tanto por militares em missões noturnas, quanto por pesquisadores que estudam animais de hábitos noturnos. Essas ondas, que possuem frequências da ordem de  $\text{THz}^4$ , também são emitidas pelos controles remotos dos aparelhos de TV. Na atividade experimental *Produzindo e detectando ondas eletromagnéticas*, você poderá compreender um pouco mais sobre a forma como o controle se comunica com o aparelho de TV por meio dessa radiação.

Após a radiação infravermelha, começa uma estreita faixa de ondas eletromagnéticas a que nossos olhos são sensíveis; por isso, essa banda é chamada de luz visível. Todas as demais faixas do espectro são invisíveis aos nossos olhos. As ondas eletromagnéticas com frequências em torno de 430 THz são percebidas por nossos olhos - como a cor vermelha e as ondas com frequências em torno de 750 THz nos fornecem a sensação do violeta. Todas as demais cores de luz visível se encontram entre esses dois extremos. Embora dividamos essa faixa de radiações em sete cores (as sete cores do arco-íris) é importante ressaltar que, na verdade, existe quase um infinito de cores, que vão de modo contínuo, do vermelho ao violeta, pois cada valor de frequência da radiação corresponde a uma cor diferente. A tabela abaixo mostra uma divisão aproximada dessas faixas de cores.

Faixa de frequência (THz)	Cor da luz
De 4,8 a 4,3	Vermelha
De 5,1 a 4,8	Laranja
De 5,4 a 5,1	Amarela
De 6,3 a 5,4	Verde
De 6,8 a 6,3	Azul
De 7,5 a 6,8	Violeta

É interessante frisar que todas as experiências sensoriais visuais que temos com as cores, desde as mais simples, como observar uma parede colorida, até as mais complexas, como se maravilhar com um pôr do Sol em que diversos tons de cores aparecem no céu, ou, então, observar uma pintura de um grande artista, envolvem apenas essa estreitíssima faixa de radiações do espectro eletromagnético.

Seguindo ao violeta, vem o ultravioleta, que também não é visível aos nossos olhos, mas outros seres vivos, como as abelhas, por exemplo, conseguem enxergá-lo. O Sol emite grande quantidade de radiação ultravioleta. Embora boa parte desta radiação seja absorvida pela camada de ozônio, parte dela chega à superfície. Quando o pólen das plantas é iluminado pela luz ultravioleta, ele se torna mais evidente, atraindo as abelhas com maior eficiência. Este mecanismo contribui para a polinização e a manutenção das espécies de plantas.

Porém, com o aumento do buraco na camada de ozônio, a quantidade de raios ultravioleta que está chegando à superfície terrestre anda maior do que deveria, o que trás sérios riscos para nós, humanos. A radiação ultravioleta, por possuir frequência mais alta – em torno de  $\text{PHz}^5$  – possui também maior energia e pode provocar queimaduras e alterações nas células do tecido

<sup>4</sup> Lê-se terahertz =  $10^{12}$  Hz

<sup>5</sup> Lê-se petahertz =  $10^{15}$  Hz

epitelial de nosso corpo. Em casos extremos, a exposição da pele aos raios ultravioleta pode provocar câncer de pele. Por isso, é muito importante utilizar o protetor solar, que tem a capacidade de barrar essa radiação e não deixar que ela seja absorvida pela pele.

Embora seja necessário tomar cuidado com essa faixa de radiações, ela é utilizada por nós em aplicações tecnológicas, como, por exemplo, na desinfecção de ambientes e alimentos, no endurecimento de resina dental e na detecção de notas falsas. No primeiro caso, são instaladas lâmpadas germicidas nos locais a serem desinfetados. Estas lâmpadas são semelhantes às fluorescentes, mas sem o recobrimento de fósforos, o que permite a passagem da radiação ultravioleta para o ambiente. No endurecimento de resina dental, o ultravioleta atua como um catalisador, fornecendo energia para acelerar a reação química de endurecimento. Na detecção de notas falsas, é comum a utilização da luz negra, que emite um pouco de radiação ultravioleta. O papel comum se torna fluorescente na presença do ultravioleta, ficando muito brilhante. Já o papel moeda não; por isso, é fácil detectar notas feitas com papel comum, pois ele brilha sob o ultravioleta.

Após a radiação ultravioleta, vêm as ondas eletromagnéticas, conhecidas como raios X, que cobrem frequências que vão dos PHz aos EHz<sup>6</sup>. Essa banda de radiações é bastante empregada na visualização de objetos metálicos em aeroportos, na detecção de falhas em estruturas metálicas e na visualização de ossos do corpo humano. Os raios X têm um poder de penetração maior que o ultravioleta, atravessando facilmente os tecidos macios do corpo humano e materiais menos densos, como plásticos, tecidos e madeira. Porém, materiais mais densos, como os ossos e os metais absorvem os raios X. Na visualização da estrutura óssea, os raios X são lançados sobre a parte do corpo a ser analisada. Os raios X que passam ao lado dos ossos – apenas pelos tecidos moles – sensibilizam uma chapa fotográfica colocada do lado oposto à fonte emissora de radiação, deixando-a escura. Já a radiação que atinge os ossos é absorvida por eles e não sensibiliza a chapa. Essa região que não recebe os raios X fica clara. Deste modo, é produzida uma “sombra” da estrutura óssea sobre a chapa. O mesmo se dá na detecção de objetos metálicos em aeroportos. As malas passam por uma região onde há uma fonte emissora de raios X e uma placa detectora. Se um objeto metálico estiver escondido em meio aos tecidos em uma mala, os raios X lançados contra a mala serão absorvidos apenas na região em que está o objeto, formando uma silhueta do mesmo. Algo semelhante ocorre na detecção de trincas e fissuras em estruturas metálicas de aviões. Pela trinca ou fissura, os raios X passam com facilidade, chegando até ao sensor; já nas partes em estado normal, os raios X são completamente absorvidos e não atingem o sensor, revelando a trinca.

Por fim, com frequências altíssimas, que podem chegar até ZHz<sup>7</sup>, estão os raios gama. A radiação gama é produzida por materiais radioativos e é utilizada na medicina, por exemplo, para destruir células cancerosas. Mas isto deve ser feito de modo extremamente controlado, pois a radiação gama pode provocar alterações genéticas que são transmitidas aos descendentes da pessoa afetada. Os raios gama também são utilizados na esterilização de cereais que precisam ficar armazenados por muito tempo. É comum que haja pequenos microorganismos em cereais, que, ao longo do tempo, produzirão a deterioração do alimento. Ao serem expostos aos raios gama, esses microorganismos morrem, deixando o cereal livre de fungos e bactérias.

Esses são os tipos de radiações eletromagnéticas conhecidas e todos eles, como vimos, são utilizados pelos seres humanos em aplicações tecnológicas. Agora é a sua vez de fazer explorações com algumas dessas aplicações tecnológicas, realizando a atividade experimental *Produzindo e detectando ondas eletromagnéticas*.



<sup>6</sup> Lê-se exahertz =  $10^{18}$  Hz

<sup>7</sup> Lê-se zetahertz =  $10^{21}$  Hz

## Referências bibliográficas

CARVALHO, R. P. *Microondas*. 1<sup>a</sup> ed. Série Temas atuais de Física – Sociedade Brasileira de Física. São Paulo: Livraria da Física, 2005.

HALLIDAY, D., RESNICK, R. e KRANE, K. S. *Física 3 – Eletromagnetismo*. 4<sup>a</sup> ed. – Rio de Janeiro: LTC, 1996.

HEWITT, P. G. *Física conceitual*. Tradução: Trieste Freire Ricci e Maria Helena Gravina. 9<sup>a</sup> ed. – Porto Alegre: Bookman, 2002.

MARTINS, C. M., PAULA, H. F., SANTOS, M. B., LIMA, M. E., SILVA, N. S., AGUIAR Jr., O., CASTRO, R. S., BRAGA, S. A. *Construindo consciências: ciências*, 8<sup>a</sup> série – 2<sup>a</sup> ed. – São Paulo: Scipione, 2006.

MÁXIMO, A. e ALVARENGA, B. *Curso de física, volume 3*. 5<sup>a</sup> ed. – São Paulo: Scipione, 2000.

Noções sobre geração, transmissão, propagação e recepção das ondas eletromagnéticas e acústicas. Disponível em:

<https://www.mar.mil.br/dhn/bhmn/download/cap-34.pdf> Acesso em 13 de Outubro de 2013.

VILLAS BOAS, N., DOCA, R. H. e BISCUOLA, G. J. *Tópicos de física*, 2: termologia, ondulatória e óptica. 16<sup>a</sup> ed. reformada e ampliada – São Paulo: Saraiva, 2001.

YOUNG, H. D. e FREEDMAN, R. A. *Física III – Eletromagnetismo*. 12<sup>a</sup> ed. São Paulo: Addison Wesley, 2009.

YOUNG, H. D. e FREEDMAN, R. A. *Física IV – Ótica e física moderna*. 12<sup>a</sup> ed. São Paulo: Addison Wesley, 2009.

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/51/Hand-x-ray.jpg>