



SEARA DA CIÊNCIA CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Bassalo



Telégrafo, Telefone, Rádio e os Prêmios Nobel de Física (PNF) de 1909 e de 1947.

Na década de 1820, o físico inglês Sir Charles Wheatstone (1802-1875) – o inventor da **sanfona** – realizou as primeiras pesquisas no sentido de estudar a propagação de sons musicais através de bastões de metal ou de vidro. Em 1827, ele inventou um dispositivo – o **caleidofone** – para estudar as vibrações de um bastão metálico com uma extremidade presa e a outra livre. Tais vibrações se tornavam bastantes visuais, quando a extremidade livre recebia um feixe luminoso. Por sua vez, em 1831, o físico e químico inglês Michael Faraday (1791-1867) demonstrou que as vibrações de um pedaço de ferro (Fe) ou de aço poderiam ser convertidas em impulsos elétricos. Também, em 1831, o físico norte-americano Joseph Henry (1797-1878) enviou um impulso elétrico através de um fio com mais de 1600 m de comprimento. Esse impulso, que havia sido gerado por uma bateria, fez tocar um sino que estava acoplado a um magneto (eletro-ímã), no final daquele fio. Destaque-se que o eletro-ímã havia sido inventado pelo físico inglês William Sturgeon (1783-1850), em 1823, e aperfeiçoado por Henry, em 1829, ao perceber que o enrolamento excessivo de fios provocava contatos e, conseqüentemente, curtos-circuitos. Assim, isolando os fios em tiras de seda conseguiu construir eletro-ímãs mais potentes.

Tomando conhecimento da proeza de Henry, o retratista e inventor-norte-americano Samuel Finley Breese Morse (1791-1872) começou a realizar experiências no sentido de emitir sinais por intermédio de eletricidade. Assim, em 1836, fez a primeira tentativa (com certo êxito) de emitir sinais por meio de eletricidade, partindo da idéia básica de que um circuito elétrico estabelecido ou interrompido em um determinado ponto, é igualmente estabelecido ou interrompido nos demais pontos do circuito. Em 1838, Morse estabeleceu um código – o famoso **código Morse** – constituído de pontos (.) e de traços (-) para emitir sinais. Convencido de que poderia usar sua invenção em grande escala, persuadiu o Congresso Norte-Americano a construir uma linha telegráfica, de cerca de 60 km, entre Washington e Baltimore. Segundo o escritor norte-americano Tom Philbin (n.1934), no livro intitulado **As 100 Maiores Invenções da História: Uma Classificação Cronológica** (DIFEL, 2006), expectadores ansiosos daquelas cidades, assistiram a transmissão telegráfica, através daquela linha, da seguinte mensagem: *O que Deus fez?*. Registre-se que os trabalhos de Wheatstone e de Morse constituem a invenção do **telégrafo (telegrafia com fio)**, cuja patente foi solicitada por Wheatstone, em 1837, na Inglaterra, e por Morse, em 1838, nos Estados Unidos da América.

É oportuno destacar que o inventor escocês Alexander Bain (1811-1877), em 12 de dezembro de 1842, patenteou um **telégrafo químico** que, basicamente, se diferenciava dos **telégrafos** usados até então, porque a fita de papel usada por esses dispositivos, era embebida em uma mistura de nitrato de amônia e ferro cianureto de potássio e, desse modo, tornava mais visível as palavras. É ainda oportuno destacar que Bain inventou a máquina **fac-símile**, em 1843 [[en.wikipedia.org/wiki/Alexander_Bain_\(inventor\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Alexander_Bain_(inventor))].

A idéia de que a eletricidade poderia ser propagada no espaço, como ocorre com a luz, sem auxílio de um material condutor e transportando sons e mesmo palavras, foi apresentada pelo engenheiro e inventor belga Charles Bourseul (1829-1912) em um artigo intitulado **Transmissão Elétrica da Palavra**, publicado em 26 de agosto de 1854 (*L'illustration*). Por sua vez, essa mesma idéia foi proposta pelo físico e inventor alemão Johann Philipp Reis (1834-1874) em um artigo escrito em 1859, com o título **Sobre a Radiação da Eletricidade**, e enviado para a publicação na *Annalen der Physik* que, contudo, foi rejeitado pelo editor dessa Revista, o físico alemão Johann Christian Poggendorff (1796-1877). Depois de estudar os órgãos de audição e ainda com a idéia de que a eletricidade poderia ser propagada sem a intermediação de um meio condutor, Reis construiu, em 1860, o primeiro protótipo de um dispositivo, que dispunha de uma espécie de diafragma no seu terminal transmissor, o qual controlava a corrente elétrica, fazendo com que na outra extremidade aparecessem sons audíveis. Com esse aparelho, denominado por ele (e não de maneira pioneira) de **telephon (telefone)**, conseguiu transmitir a voz humana por cerca de 100 m. Em 1862, Reis enviou um novo trabalho, no qual descrevia a sua invenção, para Poggendorff que, como acontecera em 1859, voltou a rejeitar. Em vista dessa segunda rejeição, Reis fez o seguinte comentário: *Sou apenas um pobre professor.* (en.wikipedia.org/wiki/Johann_Philipp_Reis; en.wikipedia.org/wiki/Charles_Bourseul.) É interessante registrar que o filósofo inglês Francis Bacon, Lord Verulam (1561-1626), em seu livro **Novum Organum**, publicado em 1620, aventou a possibilidade de se conversar por intermédio de um tubo longo [Philbin, op. cit.; Francis Bacon, **IN: Great Books of the Western World 28** (Encyclopaedia Britannica, Inc., Chicago, 1993)].

É interessante registrar que a invenção do **telefone** também aconteceu, independentemente, nos Estados Unidos, graças aos trabalhos dos inventores norte-americanos Alexander Graham Bell (1847-1922) (de origem escocesa) e Elisha Gray (1835-1901), em 1876. Ambos, Bell e Gray, trabalhavam em **telegrafia com fio** no problema relacionado com a transmissão simultânea de diversas mensagens telegráficas através de um mesmo fio. Sendo médico e professor de crianças surdas-mudas, Bell procurou resolver tal problema por intermédio de seus conhecimentos sobre Acústica. Por sua vez, Gray abordou o mesmo problema usando seus conhecimentos sobre Eletricidade. Desse modo, ambos chegaram ao mesmo princípio: **telegrafia harmônica**. Registre-se que Gray, fundador da *Western Electric Manufacturing Company*, em 1872, sustentou uma batalha judicial com Bell a respeito do patenteamento dessa invenção, já que registrara sua patente (intitulada **Transmitting Vocal Sounds Telegraphically**), algumas horas depois (39⁰.) do registro de patente (intitulada **Improvement in Telegraphy**) solicitado por Bell (5⁰.), registros estes ocorridos no dia 14 de fevereiro de 1876. A patente de Bell, de número 174.465, foi concedida em 07 de março de 1876, pela *United States Patent Office*. Sobre o trabalho de Bell, há dois fatos curiosos a registrar. O primeiro, aconteceu em 10 de março de 1876 (três dias depois de ele obter a patente, conforme registramos acima), quando Bell estava fazendo experiências com o seu invento e chamou seu assistente, que se encontrava em outra sala distante, com as palavras: *Mr. Watson, venha cá, preciso de você!*. O segundo fato ocorreu, também em 1876, na Exposição do primeiro centenário da independência dos Estados Unidos, que aconteceu em Filadélfia. O Imperador do Brasil, Dom Pedro de Alcântara, D. Pedro II (1825-1891), ao ouvir o telefone que estava usando, largou-o, exclamando: *Mas está falando*. [Para maiores detalhes sobre a invenção do **telefone**, ver o site: inventors.about.com/od/gstartinventors/a/Elisha_Gray.htm, e os textos: Isaac Asimov, **Os Gênios da Humanidade** (Bloch Editores, 1974); Peter Wymer, **IN: Eureka! Uma História das Invenções desde a Roda até o Computador** (Editado por Edward de Bono, Editorial Labor do Brasil S. A., 1975); Tony Rothman, **Tudo é Relativo e outras Fábulas da Ciência e da Tecnologia** (Difel, 2005). É oportuno registrar que, neste livro, há uma série de fatos curiosos sobre a autoria de outras invenções, além da do **telefone**, algumas delas tratadas em verbetes desta série.]

Com a formulação da Teoria Eletromagnética apresentada pelo físico e matemático escocês James Clerk Maxwell (1831-1879), em seu célebre livro intitulado **A Treatise on Electricity & Magnetism**, editado em 1873 (vide verbete nesta série), uma nova tecnologia de comunicação foi

desenvolvida: o **rádio (telegrafia sem fio)**. Para esse desenvolvimento tecnológico foram importantes os trabalhos realizados pelos físicos, o alemão Karl Ferdinand Braun (1850-1918) e o italiano Guglielmo Marconi (1874-1937), e graças aos quais eles compartilharam o PNF de 1909. Vejamos como isso aconteceu.

Em 1874 (*Annalen der Physik* **102**, p. 550), Braun descobriu que os cristais de sulfetos metálicos, como, por exemplo, o sulfeto de chumbo (PbS) – a **galena** – conduziam corrente em uma só direção. Por outro lado, em 1884, o físico italiano Temistocle Calzecchi-Onesti (1853-1922) descobriu o princípio do **radiocondutor**, ao observar que um tubo cheio de limalhas de ferro (Fe) era sensível à passagem de faíscas elétricas. Esse detector foi aperfeiçoado mais tarde, em 1890, pelo físico francês Édouard Branley (1844-1940) com o objetivo de detectar as **ondas Hertzianas** ou **ondas de rádio** [produzidas pelo físico alemão Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894), em 1887, conforme vimos em verbete nesta série], ocasião em que, inclusive, chegou a detectá-las a uma distância de 150 m. Observe-se que esse **detector de Branley-Calzecchi-Onesti** era um tubo de vidro [cheio de limalhas de ferro (Fe) e de alumínio (Al)] ligado a uma bateria e a um dispositivo para detectar corrente elétrica. Normalmente, nenhuma corrente poderia passar através dessas peças metálicas, devido ser alta a resistência elétrica oferecida pelas mesmas. Porém, essas peças se tornavam condutoras ao serem atingidas por **ondas Hertzianas** (por exemplo, faíscas elétricas), permitindo, desse modo, amplificar o efeito. Contudo, a resistência desse dispositivo era restabelecida por intermédio de um choque mecânico, produzido por um eletro-ímã, munido de uma peça chamada “martelo”. Registre-se que, em 1885, o inventor norte-americano Thomas Alva Edison (1847-1931) obteve uma patente (*US Patent* 465.971) de um sistema de rádio comunicação entre navios, a qual vendeu posteriormente para Marconi. (en.wikipedia.org/wiki/History_of_radio.)

Muito embora o físico inglês William Crookes (1832-1919), haja apresentado, em 1892, a idéia de que as **ondas Hertzianas** poderiam ser utilizadas na **telegrafia sem fio**, com o objetivo de substituir a **telegrafia com fio**, essa idéia já havia sido apresentada, em 1891, pelo físico e engenheiro eletrotécnico croata-norte-americano Nicola Tesla (1856-1943). Por outro lado, ainda em 1892, o físico inglês Sir Oliver Joseph Lodge (1851-1940) aperfeiçoou o **detector de Branley-Calzecchi-Onesti**, dando-lhe o nome de **coesor** (“coherer”), também conhecido como **rund funk** (“chispa ao redor”). Novas experiências sobre a emissão de **ondas Hertzianas** foram realizadas, entre 1892 e 1893, pelo físico italiano Augusto Righi (1850-1920), em Bolonha, na Itália, usando um potente emissor de “faísca fracionada”. Como resultado dessas experiências, em 1894 (*Bologna Accademia Scientifica Memoria* **4**, p. 487), Righi anunciou que havia gerado aquelas ondas, com comprimento de onda de 26 mm, o que permitiu um novo campo de aplicação na tecnologia dessas ondas. Com efeito, ainda em 1894, Marconi tomou conhecimento dos trabalhos de Hertz e, então, com a assistência de Righi, começou a realizar experiências no sentido de tornar prática a **telegrafia sem fio**. Para isso, usou equipamentos parecidos com os de Hertz, tais como a **bobina de Rühmkorff** e antenas dipolares com refletores parabólicos. No entanto, trocou o detector usado por Hertz pelo **coesor de Branley-Calzecchi-Onesti-Lodge**. Logo em 1895, Marconi usou antenas aéreas constituídas de placas verticais metálicas conectadas a Terra e, com elas, conseguiu transmitir **sinais Morse**, por uma distância de 2,4 km. É oportuno registrar que, em Bolonha, e em 1897, Righi publicou o livro intitulado **Lóttica delle Oscillazioni Elettriche** (“A Óptica das Oscilações Elétricas”), no qual registrou o resultado de suas experiências com as **ondas Hertzianas**. Nessas experiências, ele demonstrou que as mesmas podiam ser refletidas, refratadas, interferidas, difratadas, absorvidas e, também, sofrer dupla-refração, exatamente como a luz visível. Registre-se que, em 1897, Marconi e seu primo irlandês Henry Jameson Davis fundaram a *Wireless Telegraph and Signal Company Ltd.*, a qual se transformou, em 1900, na *Marconi’s Wireless Telegraph Company Ltd.*

Paralelamente a essas experiências realizadas na Itália sobre a transmissão de **ondas Hertzianas**, experiências análogas foram também realizadas na Rússia pelo físico russo Alexander

Stepanovich Popov (1859-1905). Com efeito, em 1895, ele conseguiu detectar descargas elétricas atmosféricas usando, para isso, um **coesor** acoplado galvanicamente a um pára-raios [este dispositivo fora inventado pelo cientista e estadista norte-americano Benjamin Franklin (1706-1790), em junho de 1752]. Em virtude disso, Popov é considerado o inventor da primeira **antena**. Logo depois, em 1897, Popov produziu ondas de faíscas elétricas e, desse modo, pôde transmitir (sem fios) **sinais Morse** por uma distância de 4 km e, com isso, conseguiu orientar os navios da Armada Russa, fazendo a comunicação dela com o litoral. Esse feito lhe garantiu também ser considerado o inventor do **rádio**. É interessante destacar que a transmissão de **ondas Hertzianas** foi também objeto de experiências em outros países, além da Itália e da Rússia. Por exemplo, como as realizadas pelo próprio Tesla, em 1893, nos Estados Unidos; pelo inventor brasileiro, o padre Roberto Landell de Moura (1861-1928), entre 1893 e 1894, no Brasil; pelo físico indiano Sir Jadish Chandra Bose (1858-1937), em novembro de 1894, na Índia; e pelo engenheiro espanhol Júlio Cervera Baviera (1854-c.1929), no período 1898-1899, na Espanha. Para outros detalhes sobre a história do rádio, ver o *site* citado acima, ou seja: en.wikipedia.org/wiki/History_of_radio. É interessante destacar que o padre Landell de Moura fez a primeira transmissão pública da voz humana por intermédio de uma “onda de rádio”, no dia 3 de junho de 1900, em São Paulo. Destaque-se, também, que entre 1901 e 1904, ele patenteou, nos Estados Unidos da América, seus inventos relacionados com **transmissor de ondas eletromagnéticas, telégrafo e telefone sem fio**.

Voltemos aos trabalhos dos Nobelistas Braun e Marconi. Em 1897, Braun inventou um dos primeiros **osciloscópios de raios catódicos**, conhecido desde então como **tubo de Braun**. Com efeito, sabendo que um feixe de **raios catódicos** (vide verbete nesta série) podia ser defletido por um campo magnético, Braun colocou no gargalo do tubo gerador desses raios, conjuntos de eletroímãs geradores de corrente alternada. Desse modo, um desses conjuntos desviava o feixe para cima e para baixo e um outro desviava esse mesmo feixe para a direita e para a esquerda. Por outro lado, usando um *screen* fluorescente [por exemplo, o sulfeto de zinco (ZnS) encontrado no minério wurtzita] coberto de compostos fosfóricos e colocando o mesmo no interior do tubo que estava utilizando, Braun pôde observar o “caminho” dos elétrons como uma incandescência (“glowing”) no *screen*. Logo depois, em 1899, Braun patenteou um tipo de antena que aumentava a distância de transmissão de **ondas Hertzianas**, a chamada **transmissão broadcasting (radiodifusão)**. Ele chegou a esse tipo de antena ao estudar os **osciladores de Hertz** (constituído de duas esferas metálicas, cada uma portadora de uma haste, tendo em sua extremidade uma outra esfera metálica, porém pequena, estando ambas as hastes ligadas por uma **bobina de Rühmkorff**) e perceber que o seu alcance poderia ser ampliado apenas aumentando a potência da antena transmissora.

Ainda em 1899, Marconi usou uma antena de 45 metros de altura para enviar mensagens telegráficas pelo ar, através do canal da Mancha, por uma distância de 51,2 km. Ao conseguir transmitir mensagens por uma distância de 240 km, em 1901, Marconi decidiu tentar uma transmissão através do Oceano Atlântico. Desse modo, construiu um potente transmissor em Poldhu, cidade do condado inglês da Cornuália (“Cornwall”) e, por sua vez, mandou instalar uma antena bem alta em Cabo Cod, em Massachusetts, nos Estados Unidos da América. No entanto, ansioso para vencer qualquer competidor [e, também, para refutar a hipótese levantada por muitos cientistas de que a transmissão de **ondas Hertzianas** por longas distâncias só poderia ser recebida por antenas bastante altas (impraticáveis naquele momento), devido ser retilínea a trajetória seguida por aquelas ondas], Marconi seguiu para St. John’s Newfoundland, no Canadá, distante de 2720 km de Poldhu. Ali, levantou, por intermédio de um “papagaio”, um **coesor** recém-inventado e, no dia 12 de dezembro de 1901, recebeu a primeira comunicação sem fio e transatlântica: a letra S (...) em **código Morse**, enviada de Poldhu. Registre-se que, em reconhecimento às suas pesquisas, o Governo Italiano concedeu a Marconi, em 1929, o título de Marquês. Registre-se, também, que o Brasil deve a esse gênio italiano um grande reconhecimento por haver ele, em 12 de outubro de 1931 e a bordo de seu iate *Electra*, fundeado no porto de Gênova, na Itália, acionado pessoalmente o sistema de iluminação da estátua do Cristo Redentor, no Rio de

Janeiro. Registre-se que o **coesor** usado por Marconi nessa célebre experiência, lhe havia sido apresentado por seu amigo de infância, o Marquês Luigi Solari. Diferentemente dos outros **coesores**, cheios de limalhas de ferro (Fe), esse **coesor tipo “solari”**, como ficou conhecido, consistia de um tubo contendo uma gota de mercúrio (Hg) entre dois pinos de metal e, em vista disso, não havia o agrupamento da limalha e, portanto, o dispositivo desfazia a coesão automaticamente. Muito embora Solari seja considerado o inventor desse tipo de **coesor**, parece que o seu verdadeiro inventor foi o indiano Bose (Rothman, op. cit.).

Ainda é oportuno registrar que, em 1901, Braun, o fundador da *Telefunken*, reuniu suas pesquisas no livro intitulado **Drahtlose Telegraphie durch Wasser und Luft**, publicado em Leipzig. Por sua vez, Marconi publicou suas pesquisas em várias revistas científicas, dentre as quais se destacam: *Proceedings of the Royal Institution of Great Britain* **16** (1899-1901), p. 247; **17** (1902-1904), p. 195; **18** (1905-1907), p. 31; *Royal Society of Arts Journal* **49** (1901), p. 505; *Proceedings of the Royal Society of London* **70** (1902), p. 344; e *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers* **19** (1902), p. 93. Para maiores detalhes sobre os trabalhos de Braun e de Marconi, ver: Karl Ferdinand Braun, **Electrical Oscillations and Wireless Telegraph (Nobel e-Museum, 11 de Dezembro de 1909)**; Guglielmo Marconi, **Wireless Telegraph Communication (Nobel e-Museum, 11 de Dezembro de 1909)**; S. Handel, **The Electronic Revolution** (Penguin Books, 1967); F. Kurylo and C. Süsskind, **Ferdinand Braun** (MIT Press, 1981).

A possibilidade da transmissão de **ondas de rádio** pelo espaço foi objeto da concessão do PNF de 1947 ao físico inglês Sir Edward Victor Appleton (1892-1965). Vejamos como isso aconteceu. Em 1902, os físicos, o inglês Oliver Heaviside (1850-1925) (*Encyclopaedia Britannica* **33**, p. 215) e, independentemente, o indu-norte-americano Arthur Edwin Kennely (1861-1939) (*Electrical World Engineering* **15**, p. 473) desenvolveram a teoria sobre a camada refletora em torno da Terra – mais tarde conhecida **camada de Kennely-Heaviside** (CK-H) ou **região E** – para poder explicar a transmissão transatlântica de **ondas de rádio** que Marconi havia realizado, em 1901. Por sua vez, entre 1922 e 1927 (*URSI Reports*, Washington), Appleton realizou experiências com as quais demonstrou, não só a existência da CK-H, mas, também, de outras camadas abaixo e acima dela, que constituem a hoje chamada **ionosfera** ou **camada de Appleton**, que se estende de 88 a 320 km, e que consiste, basicamente, de íons carregados positivamente e de elétrons livres. Em 1932 (*Journal of Instrumentation and Electrical Engineering* **71**, p. 642), Appleton apresentou o resultado de medidas que fez sobre as propriedades elétricas da **ionosfera**. [Para maiores detalhes, ver: Edward Victor Appleton, **The Ionosphere (Nobel e-Museum, 12 de Dezembro de 1947)**.] É oportuno registrar que antes, em 1931 (*Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* **27**, p. 143), o físico inglês Douglas Rayner Hartree (1897-1958) apresentou um estudo teórico sobre a propagação de ondas eletromagnéticas em um meio constituído de partículas eletrizadas (**plasma**). Destaque-se que a descoberta da **ionosfera** permitiu o desenvolvimento do **radar** e da **televisão** (vide verbete nesta série).

Na conclusão deste verbete, é interessante destacar os três comentários feitos por Philbin (op. cit.) sobre a importância da invenção do **telégrafo sem fio**. O primeiro deles, refere-se ao que o *Comitê Nobel* declarou ao conferir, a metade do PNF de 1909, a Marconi: o uso de sua invenção nas marinhas (militares e mercantes) da Inglaterra e da Índia. O segundo comentário, ressalta o uso pioneiro do **telégrafo sem fio** na prisão do médico norte-americano Hawley Harvey Crippen (1862-1910), acusado de assassinar sua segunda esposa de nome Cora Turner, no dia 31 de janeiro de 1910. A prisão desse médico homeopta, junto com sua amante Ethel Le Neve (1883-1967), disfarçada como um garoto, ocorreu no transatlântico canadense *Montrose*, em virtude de seu capitão, Henry George Kendall, ao reconhecer o casal, haver telegrafado para a *Scotland Yard* comunicando que o casal encontrava-se a bordo. Quando o navio fundeou no rio St. Lawrence, no Canadá, no dia 31 de julho de 1910, o casal foi preso pelo Inspetor Chefe Walter Dew, da famosa polícia inglesa (en.wikipedia.org/wiki/Hawley_Harvey_Crippen). Por fim, o terceiro comentário relaciona-se com o

papel que o **telégrafo sem fio** desempenhou no naufrágio do luxuoso navio de passageiros britânico, o *Titanic*, em 14 e 15 de abril de 1912, em sua rota de Southampton até New York. É interessante ressaltar que o russo-norte-americano David Sarnoff (1891-1971), então trabalhando na *Marconi Wireless Telegraph Company of América*, usou a estação dessa empresa, a *New York Wanamaker Department Store*, para receber e divulgar os telegramas que eram enviados pelo *Titanic*, durante 72 horas (*Encyclopaedia Britannica, Inc.*, Volume 10, Universidade de Chicago, 1993).



ANTERIOR

SEGUINTE