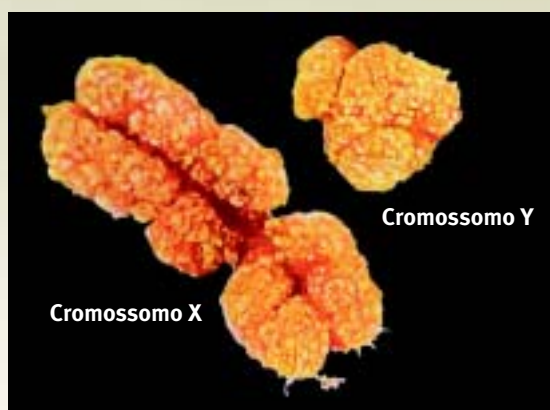


# Genética ou ambiente?

**Os cromossomos – os ‘pacotes’ que acondicionam a longa molécula do ácido desoxirribonucléico, ou DNA, no núcleo das células – foram observados ainda no século 19, mas seu papel como responsáveis pela herança genética só veio a ser desvendado no início do século 20.**

**Uma importante contribuição para isso foi a constatação, em 1905, de que uma característica marcante de diferentes seres vivos, como o sexo, estava associada ao cromossomo batizado como ‘X’.**

**Essa e outras descobertas marcaram o início de um novo ramo da ciência – a genética, palavra inventada, por coincidência, também nesse ano.**



O início do século 20 acolheu o desabrochar dos fundamentos da genética (ver ‘Uma palavra necessária’), com a redescoberta dos trabalhos sobre a hibridação de ervilhas, publicados em 1865 pelo monge austríaco Gregor Mendel (1822-1884), e a proposição da teoria de que os cromossomos seriam responsáveis pela herança genética, pelo médico norte-americano Walter Sutton (1877-1916) e pelo biólogo alemão Theodor Boveri (1862-1915). Essa teoria mostrava a relação entre o comportamento dos cromossomos no processo de formação de gametas e as leis mendelianas de herança.

A associação de uma característica marcante, como o sexo, com a presença de um determinado cromossomo foi um aliado importante na aceitação da teoria cromossômica da herança. Mas esse não foi um trajeto simples. Afinal, seria o sexo determinado geneticamente? A meta científica é estabelecer uma lei geral e universal. E esse foi um dos empecilhos para a aceitação da idéia de determinação genética do sexo. Vários pesquisadores colecionavam evidências da influência ambiental na geração de fêmeas e machos em diversos organismos. Hoje, sabe-se que, em certas espécies animais, como tartarugas, o sexo é determinado por fatores ambientais.

O citologista norte-americano Clarence E. McClung (1870-1946) foi o primeiro a associar, em 1902, a herança de um cromossomo extra com a determinação do sexo masculino em insetos, embora tenha analisado apenas a formação de esper-

## Uma palavra necessária

Aprendemos que a genética começou quando três botânicos, o holandês Hugo de Vries (1848-1935), o alemão Carl Correns (1864-1933) e o austríaco Erich Tschermak von Seysenegg (1871-1962) descobriram o trabalho ‘esquecido’ de Gregor Mendel, em que este demonstrava, em ervilhas de quintal, que a herança de certas características era determinada por pares de fatores hereditários.

Com efeito, os experimentos de Mendel só começaram a ter amplos reflexos na comunidade científica a partir de 1900, quando redescobertos, independentemente, pelos três pesquisadores. Mas não é verdade que seu trabalho tenha sido inteiramente ignorado por tantos anos.

Mendel apresentou seus resultados em uma conferência em 1865, na Sociedade de História Natural de Brünn (hoje Brno, na República Tcheca), e os publicou em alemão no ano seguinte no *Proceedings of the Natural History Society of Brünn*. O trabalho foi enviado a 115 bibliotecas em vários países, inclusive para a Royal Society, no Reino Unido.

Seja como for, teria nascido nessa época um produto das ciências naturais que começou a atrair a curiosidade de alguns. O zoólogo britânico **William Bateson** (1861-1926) foi um deles, e isso aconteceu porque ele, tendo recebido de De Vries uma publicação com os experi-



mentos originais de cruzamentos feitos pelo abade de Brünn, a levou para ler durante uma viagem de trem de Cambridge para Londres, em 8 de maio de 1900. Conhecedor do idioma alemão, Bateson ficou extasiado com o que leu e, horas mais tarde, durante sua conferência na Royal Horticultural Society, ‘*Problems of heredity as a subject for horticultural investigation*’, referiu-se ao trabalho de Mendel e profetizou: “Uma determinação exata das leis da hereditariedade vai provavelmente provocar mais mudanças na perspectiva do homem no mundo e no seu poder sobre a natureza do que qualquer outro

matozóides (e nunca a de óvulos). Em 1891, o citologista alemão Hermann Henking (1858-1942) havia descrito esse cromossomo extra em células que sofriam meiose (divisão celular que gera células com apenas um conjunto de cromossomos, a partir de células que têm dois conjuntos cromossômicos, como as que constituem a maioria dos animais) para formar espermatozóides de insetos como um corpúsculo nuclear e o chamou de ‘nucléolo de cromatina’, ‘elemento cromático’, ‘corpúsculo de cromatina’ ou simplesmente ‘X’.

Henking não acreditava que o corpúsculo descrito fosse um cromossomo, devido à sua morfologia distinta, ao fato de não parear com outros cromossomos durante a meiose e de estar presente em apenas metade dos espermatozóides resultantes. Portanto, é de McClung o mérito de identificar o corpúsculo X como um cromossomo e de propor o papel desse cromossomo na determinação do sexo. Mas a hipótese de McClung previa a presença do cromossomo extra no sexo masculino, embora não houvesse qualquer evidência nesse sentido. Ele contava, talvez, com a propalada idéia da superioridade masculina – nesse caso, seria de se esperar que o macho dispusesse de maior quantidade de material genético. A importância do trabalho de McClung foi bem discutida no artigo ‘McClung e a determinação do sexo:

do equívoco ao acerto’, da bióloga Lilian A-C. P. Martins, publicado no periódico *História, Ciências, Saúde* (vol. 5, p. 235, 1999), do Instituto Manguinhos (RJ).

A questão foi esclarecida em 1905, quando os pesquisadores norte-americanos Edmund Beecher Wilson (1859-1939) e Nettie Maria Stevens (1861-1912) publicaram, respectivamente, os artigos ‘Os cromossomos em relação à determinação do sexo em insetos’ e ‘Estudos na espermatogênese com referência especial ao cromossomo acessório’. Os dois autores, independentemente, explicaram a determinação do sexo pela presença de apenas um cromossomo X em machos e de dois cromossomos X em fêmeas. Wilson, cujo artigo já estava em processo de impressão quando recebeu o artigo de Stevens



progresso do conhecimento natural que pode ser previsto.”

Bateson tornou-se um defensor ardente do trabalho de Mendel, traduzindo-o para o inglês, fator decisivo para sua eficiente divulgação. Logo, Bateson mostrou que, diferentemente do que Mendel afirmara, certas características hereditárias são governadas por mais de um gene.

Em 1905, ao candidatar-se a uma posição na Universidade de Cambridge, Bateson sugeriu o uso de uma nova palavra, ‘genética’, para significar o estudo da herança e variação. Ele escreveu: “Tal palavra é tão necessária que, se for aconselhável inventá-la, ‘genética’ cumpriria essa função.” Ele não obteve a posição pretendida, mas foi recompensado em 1908 com a nova cadeira de genética des-

sa universidade. Bateson também publicou um conjunto de termos para descrever seus resultados de pesquisa, incluindo ‘alelomorfo’, ‘zigoto’, ‘heterozigoto’ e ‘homozigoto’. A linguagem da genética estava nascendo.

Seus trabalhos influenciaram vários biólogos e pesquisadores, entre eles o britânico Archibald Garrod (1857-1936) e os norte-americanos Thomas H. Morgan (1866-1945) e Charles Davenport (1866-1944). Um fato curioso é que Bateson relutou em aceitar a teoria cromossômica da herança (a visão dos cromossomos como controladores do desenvolvimento individual), convencendo-se de sua validade só em 1922, quatro anos antes de sua morte, quando visitou Morgan em seu laboratório na Universidade de Colúmbia.

Bateson ajudou a instituir a Cambridge Society of Genetics e participou em 1910 da fundação da prestigiosa revista *Genetics*, juntamente com o inglês Reginald G. Punnett (1875-1967), seu colaborador e co-descobridor do fenômeno denominado *coupling* ou *gene linkage*, ou seja, a ligação entre genes no mesmo cromossomo. Essa ligação impede que esses genes se separem de modo independente, durante a reprodução do organismo, contrariando a segunda lei da hereditariedade (lei da segregação independente) proposta por Mendel.

**Sérgio Olavo Pinto da Costa**  
*Instituto de Biociências,*  
*Universidade de São Paulo*

para análise, apoiou veementemente a publicação do outro trabalho. Por isso, ambos são considerados responsáveis pela teoria cromossômica de determinação de sexo.

Wilson e Stevens estabeleceram que algumas espécies têm um sistema do tipo XO (o macho tem um cromossomo a menos que a fêmea) e outras têm um sistema do tipo XY, no qual os cromossomos sexuais são morfologicamente diferentes. Verificou-se mais tarde, entre as aves, que a fêmea apresenta dois cromossomos sexuais diferentes (que foram chamados de ZW) e o macho tem dois cromossomos sexuais iguais (ZZ). Fica, pois, patente, que a determinação de sexo não é universal entre os seres vivos.

Em uma época em que a genética engatinhava e a citologia sofria limitações técnicas consideráveis,


foram muitas as dificuldades para o completo entendimento do papel dos cromossomos sexuais. Poucos anos depois, as evidências de herança de caracteres morfológicos ligada ao cromossomo sexual X consolidariam a teoria cromossômica da herança e da determinação de sexo.

Mas o cromossomo X continua revelando seus segredos. Na edição de 17 de março deste ano, a revista britânica *Nature*, um dos mais importantes periódicos científicos do mundo, trouxe dois artigos (e um comentário que os discute de maneira ampla) com os resultados do seqüenciamento do cromossomo X e a determinação de seu padrão de expressão gênica em homens e mulheres (ver ‘O X da questão: estudos revelam detalhes sobre as propriedades do cromossomo sexual feminino’,

em <http://cienciahoje.uol.com.br/controlPanel/materia/view/3271>), e ‘O ponto X do sexo’, em *CH* nº 215). Os dados obtidos com base nesses dois tipos de análise subsidiaram a elaboração de hipóteses de funções gênicas e história evolutiva, mas levantam questões como o significado da abundância de genes do cromossomo X (10% deles) expressos em testículos. Portanto, os cromossomos sexuais ainda mantêm algo de misterioso.

**Mônica Bucciarelli Rodriguez**  
*Instituto de Ciências Biológicas,*  
*Universidade Federal de Minas Gerais*

**D**



**A redescoberta dos trabalhos de Gregor Mendel (A), no início do século 20, impulsionou os estudos sobre a hereditariedade, levando a hipóteses como a de que o material genético estaria contido nos cromossomos, descobertos pouco antes – o que foi comprovado a seguir, com os trabalhos de cientistas como Clarence McClung (B), Edmund Beecher Wilson (C) e Nettie M. Stevens (D) sobre o papel do cromossomo X na determinação do sexo**