

Diferentes “estilos” ou “personalidades” científicas: um estudo de caso

Lilian Al-Chueyr Pereira Martins*

1. Introdução

Dentro da história da ciência é possível encontrar exemplos de diferentes “estilos” ou “personalidades” científicas. Estudiosos que vivem em uma mesma época muitas vezes reagem de modos completamente diferentes –algumas vezes antagônicos– ao trabalho científico em geral (hipóteses, teorias ou experimentos), sejam eles feitos por eles mesmos ou por seus colegas. As reações opostas caracterizam os casos limite. Entretanto, nem sempre aparece um contraste tão claro, existindo várias nuances entre os extremos. Neste trabalho descreveremos um exemplo histórico de um caso limite, analisando as atitudes de dois cientistas que contribuíram para o desenvolvimento da chamada genética clássica, o *estilo rigoroso* de William Bateson (1861-1926) e o *estilo prático* de Thomas Hunt Morgan (1866-1945).

Nas três primeiras décadas do século XX ocorreu o estabelecimento da teoria mendeliana-cromossômica, que chamamos atualmente de cromossômica. Esta teoria defendia que os elementos responsáveis pela hereditariedade –os fatores, posteriormente chamados genes– eram entidades físicas localizadas ao longo dos cromossomos que, por sua vez, se encontravam no núcleo dos gametas. Ela procurava estabelecer um paralelo entre o comportamento dos fatores (evidências obtidas a partir de cruzamentos experimentais, ou seja, macroscópicas) e o comportamento dos cromossomos (evidências citológicas, ou seja, microscópicas). Durante este período houve cientistas que aderiram a esta teoria mesmo quando havia poucas evidências que a substanciassem, outros demoraram um tempo maior ou menor para aceitá-la, com ou sem restrições. Houve ainda os que morreram sem aceitá-la.

2. Diferentes reações diante dos resultados científicos

Existe uma vasta gama de variações entre as atitudes de confiança excessiva nos resultados científicos obtidos e a atitude de expectativa crítica (agnosticismo científico)¹ por parte dos estudiosos.

Até 1910, Morgan era um forte opositor das teorias mendeliana e cromossômica. Daí em diante, no entanto, confiou excessivamente nos resultados do trabalho experimental de seu grupo com a mosca de frutas *Drosophila ampelophila*, posteriormente chamada *melanogaster* (Martins, 1998). Construiu toda uma teoria a partir da descoberta de diversas mutações em *Drosophila* (ver por exemplo, Morgan, 1911a, 1911b) baseando-se praticamente nos resultados obtidos através de cruzamentos experimentais (evidências genéticas).

Um dos pontos centrais da teoria cromossômica consistia em explicar como algumas vezes as características que apareciam associadas nos progenitores não apareciam associadas nos descendentes. Nesse sentido, Morgan e colaboradores (Alfred Henry Sturtevant, Calvin Blackman Bridges e Hermann Joseph Muller) adotaram a hipótese do *crossing-over*

* Programa de Estudos Pós-Graduados em História da Ciência, PUC/SP, Grupo de História e Teoria da Ciência, UNICAMP, Brasil.

De acordo com ela, durante o processo de formação dos gametas (óvulo e espermatozóide), em um determinado estágio da divisão celular, antes que houvesse a redução dos cromossomos à metade, os diferentes pares de cromossomos de cada indivíduo (de origem paterna e materna) trocariam partes e conseqüentemente, fatores. Eles se basearam nos resultados dos cruzamentos experimentais em *Drosophila*, ou seja, no que podia ser observado nos descendentes. Além disso, utilizaram um estudo citológico (microscópico) da espermatogênese da salamandra *Batracosseps attenuatus* efetuado por Franz Alfons Janssens, onde apareciam desenhos, feitos a partir de observações microscópicas que mostravam partes de cromossomos homólogos entrelaçadas. Janssens, considerando os resultados dos cruzamentos experimentais e dos estudos citológicos, sugeriu que os cromossomos homólogos trocavam partes (Janssens, 1909). Morgan e seus colaboradores deram a impressão ao leitor de que havia evidências a nível citológico em *Drosophila* de que os cromossomos homólogos trocavam partes (Morgan *et al*, *The mechanism of Mendelian heredity*, p. 48). Entretanto, essas evidências não haviam sido encontradas nem em *Drosophila* e nem na salamandra na época. O fato de as partes dos cromossomos estarem entrelaçadas e depois se separarem não significava que elas houvessem trocado pedaços entre si. Evidências nesse sentido, só foram obtidas cerca de duas décadas depois. O ponto central da questão era, o grupo *Drosophila* afirmava alguma coisa diferente daquilo que estava sendo observado. Apesar de a maioria das objeções de Morgan tanto à teoria mendeliana como em relação à teoria cromossômica não ter sido respondida ele aderiu à teoria cromossômica, contentando-se muitas vezes, com evidências indiretas (Martins, *A teoria cromossômica*, cap 4, pp 120-22).

Bateson, por outro lado, embora visse aspectos positivos na teoria cromossômica (Martins, *A teoria cromossômica*, cap 4, pp 122-3), não se contentou com evidências indiretas do *crossing-over* e desejava evidências diretas (citológicas). Na resenha crítica do *The mechanism*, ele comentou.

Para dar conta da permuta dos fatores de um cromossomo com seu par, Morgan apela para certos fenômenos de torção e entrelaçamento dos cromossomos na sinapse, enfatizados pela primeira vez por Janssens, que os observou em *Amphibia*. Foi sugerido que, no decorrer desse processo de torção, os cromossomos poderiam se anastomosar e quebrar novamente, trocando partes de sua substância. Para aqueles que não estão bem familiarizados com a citologia prática não é muito fácil julgar até que ponto esta hipótese está de acordo com os fatos observados. Está claro que a torção ocorre em muitas classes, especialmente em *Amphibia*, mas nem as figuras reproduzidas a partir de Janssens nem os originais de onde elas são tomadas — ainda menos as observações bastante fragmentadas tanto de Stevens como de Metz em *Drosophila* — fornecem sequer um suporte fraco para o passo mais crítico do argumento. Espera-se que os autores digam logo em que evidência estão se fiando (Bateson, 1916, p. 538).

Desde estudante Bateson se preocupava com a fundamentação do trabalho científico e em diferenciar hipótese de trabalho e fato. Sobre um trabalho de Julian Huxley comentou.

[] Muito bem: você não precisaria explicar aos seus leitores que estava engajado em uma ampla hipótese de trabalho, na qual representava uma conjetura como um fato? A apresentação científica difere do jornalismo a esse respeito. Na ciência consideramos como sendo um fato apenas o que foi provado, enquanto no jornalismo

as pessoas consideram tudo aquilo que constitui uma história bem acabada e eficaz. [...] (Carta de Bateson para Julian Huxley, 8/2/1921, CUL,² Add. 8634, G2k, p. 2).

Havia também posições intermediárias entre o estilo rigoroso de Bateson e o estilo prático de Morgan, dentro da comunidade científica da época como a de Edmund Beecher Wilson (1856-1939). Apesar de estar consciente das grandes dificuldades da hipótese cromossômica em seus primórdios, Wilson a adotou como hipótese de trabalho (Martins, *A teoria cromossômica*, cap. 3, p. 92). Em 1912, ao se referir à hipótese de Janssens, ele afirmou que não havia *observações* que mostrassem que as coisas se passavam conforme Janssens supunha. O principal argumento, segundo Wilson, é que esta hipótese se tornava *compreensível*, dando um sentido aos fenômenos observados, permitindo relacioná-los aos fatos da hereditariedade (Wilson, 1912, p. 425, Martins, *A teoria cromossômica*, cap. 5, p. 52). Ele assim se expressou.

O fato de particular interesse em relação a isso é que os dois fios *geralmente* se enrolam um em torno do outro como os fios de uma corda; e as *observações* de Janssens indicam que em *alguns casos* esses fios *podem* se fundir em certos pontos no plano longitudinal (Wilson, 1913, p. 823, ênfase nossa).

Ou seja, sob o ponto de vista cognitivo, Wilson reconhecia a existência de enormes dificuldades e dúvidas. No entanto, sob o ponto de vista instrumental a teoria de Janssens era uma boa hipótese de trabalho (Martins, *A teoria cromossômica*, cap. 5, p. 53; Martins & Martins, 1999) Mesmo anos mais tarde, ao discutir a interpretação citológica da permuta inicialmente fornecida por Janssens e mais tarde aperfeiçoada por Morgan e colaboradores, Wilson colocou: “Infelizmente essa engenhosa teoria, embora pudesse parecer correta a princípio, permanece ainda sobre uma base citológica inadequada, ela certamente se fundamentou originalmente sobre aquilo que parece ser uma interpretação equivocada de certas aparências citológicas” (Wilson, *The cell*, 1925, p. 954).

Assim, mesmo Wilson, um forte adepto da teoria cromossômica, fazia restrições às bases citológicas da teoria da quiasmatipia, que foi utilizada por Morgan e colaboradores para fundamentar alguns pontos importantes da teoria cromossômica (Martins, *A teoria cromossômica*, cap. 5, p. 27).

3. O aparecimento de exceções

Os estudiosos podem reagir de formas diferentes quando se deparam com exceções em seu trabalho. É possível encontrar pelo menos três tipos de atitudes a esse respeito. O primeiro consiste na busca, valorização e dedicação de esforço ao estudo das exceções. O segundo consiste em indicar quando elas aparecem, procurando uma possível explicação, mas sem estudá-las detalhadamente. O terceiro corresponde à posição extrema: sua ocultação. Dentro do caso que estamos analisando encontramos exemplos desses três tipos de atitude.

Bateson se dedicou desde 1900 até o fim de sua vida ao chamado “programa de pesquisa mendeliano,” procurando verificar se os princípios de Mendel se aplicavam tanto aos vegetais como aos animais, buscando justamente os desvios e exceções, estudando-os detalhadamente e propondo novas “leis.” Por exemplo, ele e colaboradores ao estudar *Malthiola* e *Lathyrus odoratus*, verificaram que nem sempre as características eram transmitidas separadamente aos descendentes, como Mendel verificara em *Pisum*. Muitas vezes elas eram herdadas associadas (Bateson, Saunders & Punnett, 1905, p. 89). Em *Lathyrus* Bate-

son, Saunders e Punnett perceberam que havia uma associação entre a forma do grão de pólen (redondo ou longo) e a cor das flores (púrpura e branca).

Desde o início de sua carreira Bateson procurava exceções que indicavam em qualquer caso estudado, que o princípio considerado não era de aplicação universal (Bateson, 1900, p. 174). Em uma conferência, sugeriu: "Valorizem as suas exceções! Quando não existe nenhuma, o trabalho torna-se tão maçante que ninguém se importa em levá-lo avante. [...]" (Bateson, 1908, p. 324).

Morgan normalmente não dava importância às exceções. Algumas vezes, ocultava as que apareciam. Por exemplo, ao expor as "leis" de Mendel na *Experimental Zoology*, não apontou as exceções encontradas (Morgan, *Experimental Zoology*, pp. 66-72). Ele geralmente estudava o que dava certo, ou seja, o que estava de acordo com as expectativas. No famoso artigo sobre a *Drosophila* macho de olhos brancos, ao discutir os resultados do cruzamento desta com suas irmãs de olhos vermelhos, relatou que na geração F1 todos os descendentes tinham olhos vermelhos, desprezando o fato de que haviam aparecido três machos de olhos brancos. Atribuiu o surgimento destes machos à mutação, sem investigar se isso era procedente ou não (Morgan, 1910). Mais tarde no *The mechanism of Mendelian heredity* ao discutir a ligação entre fatores (*linkage*), não mencionou nenhum problema, irregularidade ou dificuldade (Morgan *et al.*, *The mechanism*, capítulo 3).

Uma reação intermediária entre o estilo rigoroso de Bateson e o estilo prático de Morgan aparece em Wilson. Ele realizou vários estudos sobre a relação entre cromossomos e sexo em diferentes ordens de insetos. Num deles, encontrou um hemíptero (*Banasa calva*) que apresentava quatro tipos de espermatozoides. Reconheceu que jamais havia sido constatado polimorfismo neste ou em outros representantes da ordem, sugerindo que o caso fosse estudado cuidadosamente para verificar se não havia quatro tipos de adultos diferentes (Wilson, 1905, p. 540). Assim, embora ele não procurasse exceções como Bateson, quando as encontrava tentava estudá-las, não as ignorando como Morgan.

4. A amplitude do objeto de estudo

Os estudiosos podem se dedicar a estudos desde os mais abrangentes até os mais restritos, podendo haver diferentes gradações entre um extremo e outro. Em nosso estudo de caso encontramos várias possibilidades entre o estilo rigoroso e o estilo prático.

Bateson, Morgan e Wilson consideravam a experimentação fundamental. Durante toda sua carreira profissional Bateson trabalhou com diferentes tipos de material experimental: peixes, borboletas, galinhas e os mais diversos vegetais, estudando diferentes fenômenos: hereditariedade, variação, divisão celular, diferenciação e desenvolvimento. Para ele, não era possível separar hereditariedade e desenvolvimento, por exemplo. Ele se mantinha atualizado sobre o que estava acontecendo nos diversos ramos da Biologia. Já Morgan, desde 1911, durante vários anos, juntamente com seus colaboradores na Universidade de Columbia e depois no Caltech, dedicou-se principalmente à genética da transmissão, lidando com um único organismo, a *Drosophila*:

Algumas vezes é dito que nossas teorias de hereditariedade permanecem superficiais até que conheçamos alguma coisa a respeito das reações que transformam o ovo em adulto. Não deve haver nenhuma questão de suprema importância em encontrar o que acontece durante o desenvolvimento [...] (Morgan *et al.*, *The mechanism*, pp. 226-7).

Wilson, por sua vez, durante vários anos dedicou-se ao estudo citológico de várias ordens de insetos, mas se preocupava também com outros aspectos, como o evolutivo, por exemplo. Era, portanto, menos restritivo que Morgan tanto em relação ao material experimental como em relação à amplitude dos estudos.

5. A popularização científica

Bateson e Morgan reagem de forma diferente à popularização científica. O primeiro, desde a sua juventude, era totalmente contrário à mesma. Numa carta à sua mãe escreveu: “[...] Enquanto nós pudermos evitar a manufatura mal feita, a ciência popular e outras formas de Filistinismo³ estaremos suficientemente seguros de ter um bom lugar no mundo [...]” (Carta de Bateson para sua mãe, 19/6/1887, CUL Add. 8634, G1b, p. 7).

Em outra carta, datada de 1918, aparece a mesma idéia. McAlister, representando o Ministério da Informação, havia pedido a Bateson que escrevesse artigos que mostrassem o progresso recente da ciência e medicina na Grã Bretanha. Estes artigos seriam traduzidos para várias línguas e passados para os aliados e países neutros⁴. Bateson respondeu negativamente: “Propaganda do tipo que você sugere e que é considerada seriamente pelo Ministério da Informação parece-me oposta e incompatível com o mérito da Ciência [...]” (Carta de Bateson para MacAlister, 14 de abril de 1918, CUL Add. 8634, G7m02, p. 2).

G. C. Moore Smith, amigo e colega de Bateson, havia traduzido o livro de Carl Ewald, “Old Post”, para o inglês. Solicitou que Bateson desse sua opinião a respeito. Bateson respondeu:

Minha garganta rebela-se e sufoca frente a livros como este e sempre foi assim – mas eu sei que eles são populares. É por isso que apenas uma pequena minoria da população não odeia a ciência. Livros como esse ensinam as pessoas a odiá-la mais, sugerindo que a ciência é muito desagradável para ser entendida claramente. Por que o homem não diz “antera” ou “estame” em vez de “bolas de poeira” ou “ pilar de poeira”? Se as palavras verdadeiras não estão em uso geral, elas deveriam estar [...] (Carta de Bateson para G. C. Moore Smith, 26/9/1920, CUL Add. 8634, G2j14 pp. 1-2).

É importante colocar que Bateson manteve esta postura durante toda a sua vida. Na resenha crítica do livro *The mechanism of Mendelian heredity* de Morgan e colaboradores (Bateson, 1916), ele fez várias restrições: dados incompletos, ocultação de exceções e simplificação dos fatos. Bateson não era contra a divulgação do trabalho científico. Ele próprio fez várias conferências dirigidas não apenas para o público especializado, mas também para audiências leigas, falando sobre as “leis” de Mendel. Entretanto, a divulgação deveria ser muito bem feita, sem distorcer a ciência.

Ao contrário de Bateson, Morgan muitas vezes utilizava estratégias de propaganda para divulgar o seu trabalho. Empregava, por exemplo, os termos “mecanicista” e “experimental” porque estava consciente de seu valor propagandista. Muitas vezes, procurando obter apoio para a sua revolta contra a morfologia, ele aparentava uma posição positivista mais extrema do que de fato tinha (ver Allen, 1969, pp. 185-6). Além disso, escrevia obras de divulgação como *Heredity and sex* e *The mechanism* e tinha consciência disso. Referindo-se à *Heredity and sex*, comentou:

Estou enviando para você uma cópia de meu pequeno livro sobre a hereditariedade e sexo que acaba de ser lançado. Ele não finge ser mais do que é: uma represen-

tação popular do assunto e evita qualquer tentativa de ir além da superfície como você verá. Apesar de alguns pontos menores de detalhes, ou melhor, da teoria, nos quais não estamos de acordo no momento, acredite, espero que você simpatize com grande parte do livro (Carta de Morgan para Bateson, 13/11/1913, JI³ 834, p. 1; grifo do autor).

Não foi possível determinar a posição de Wilson sobre a divulgação científica pois não pudemos estudar sua correspondência ou materiais que possibilitassem conhecer suas idéias a esse respeito

6. Considerações finais

Este estudo de caso dentro da história da Genética confirmou que é possível encontrar na história da ciência exemplos extremos como o estilo rigoroso de Bateson e o estilo prático de Morgan, bem como posições intermediárias como a de Wilson.

Em relação ao que poderia produzir essa diferença, no caso estudado, poderíamos apontar algumas causas, que não são as mesmas para os três exemplos discutidos. O extremo representado por Bateson foi onde percebemos uma maior coerência, pois ele manteve esta atitude durante toda a sua vida. Sua visão de mundo interferia na forma com que ele interpretava a natureza e fazia ciência. O caso de Wilson também é coerente. Embora ele visse sérios problemas em relação à hipótese cromossômica desde seus primórdios, considerou-a promissora e se dedicou a ela. Não ignorou os problemas e procurou estudar as exceções que apareciam, embora não as buscasse ou se concentrasse nelas como Bateson. A adoção por parte de Morgan de um estilo prático é mais problemática pois ela não pode ser explicada por uma visão de mundo, como no caso de Bateson. Antes de trabalhar com a genética de *Drosophila*, Morgan tinha um outro estilo. Ele era extremamente crítico em relação às teorias mendeliana, cromossômica e outras como a de Weismann, por exemplo. Ele experimentava com vários tipos de materiais e se dedicava a diferentes assuntos. Depois por um tempo ele mudou, dedicando-se praticamente à genética da transmissão em *Drosophila* e mais para o final de sua vida voltou a trabalhar com vários assuntos diferentes. Nesse caso, acreditamos que ele adotou este estilo prático como uma estratégia profissional. A descoberta da *Drosophila* de olhos brancos abriu uma nova linha de pesquisa que poderia trazer resultados relevantes. Mas, para isso, foi preciso deixar de lado uma série de dúvidas e estudos que ele considerava interessantes.

O que seria mais produtivo para a ciência? Cientistas que adotam um estilo rigoroso como o de Bateson, cientistas que adotam o estilo prático de Morgan ou os que adotam posições intermediárias?

Consideramos que todos esses estilos são importantes e devem coexistir. Sem um estilo prático como o de Morgan não seria possível estabelecer a teoria cromossômica. Ele escolheu o organismo e colaboradores adequados, embora a ocultação de problemas representasse um aspecto negativo, pois impedia que o leitor tivesse uma visão clara do que estava acontecendo. Dificilmente uma maneira de entender e fazer ciência como a de Bateson, teria levado ao estabelecimento da teoria cromossômica. No entanto, foram seu rigor e críticas que incentivaram o grupo *Drosophila* a aprimorar a teoria, tornando-a mais consistente e elegante. O estilo intermediário de Wilson, também foi importante pois apresentou sempre ao leitor uma visão clara e coerente de todos os problemas envolvidos. Sem o estilo rigoroso, o estilo prático e todos os seus intermediários a ciência perderia muito e talvez

fosse necessário muito mais tempo para que ocorresse o estabelecimento da teoria cromossômica.

Agradecimentos

A autora agradece ao CNPq, FAPESP e aos Srs Geoffrey Waller da *Cambridge University Library* e Rosemary R. Harvey, do *John Innes Center*, Norwich, UK, pelo apoio recebido.

Notas

¹ Estamos aqui considerando o agnosticismo científico admitido por Thomas Huxley que consiste em manter dúvidas ou suspender o juízo sobre uma questão enquanto não forem apresentados fortes argumentos a favor de uma hipótese ou teoria (Huxley, *Science and religion*, p. 301).

² A sigla CUL se refere à Seção de manuscritos da Universidade de Cambridge, onde foram examinados diversos documentos originais de Bateson. O número 8634 se refere ao número da coleção onde se encontram esses documentos.

³ O filistinismo caracteriza-se por um conhecimento limitado às coisas comuns e materiais e por uma deficiência em relação à cultura liberal (SIMPSON & WEINER, *The Oxford English Dictionary*, vol 11, p. 681).

⁴ Estes países seriam Holanda, Escandinávia, Espanha, Suíça e Repúblicas da América do Sul

⁵ A sigla JI refere aos documentos originais de Bateson que se encontram no John Innes Centre, em Norwich, UK e que foram organizados pela arquivista Rosemary Harvey

Referências bibliográficas

- Allen, Garland E.T.H. (1969) "Morgan and the emergence of a new American biology". *Quarterly Review of Biology* 44: 168-88
- Bateson, Cecile Beatrice (1928) *William Bateson, F.R.S. naturalist, his essays and addresses, together with a short account of his life* Cambridge: Cambridge University Press.
- Bateson, William (1900) "Problems of heredity as a subject for horticultural investigation". *Journal of the Royal Horticultural Society* 25, Parts 1 and 2. In: Bateson, Beatrice. *William Bateson, F.R.S. naturalist*, pp. 171-80.
- Bateson, William (1902). *Mendel's principles of heredity – a defence* Cambridge. Cambridge University Press. In: Bateson, *Scientific papers*, vol 2, pp. 4-28.
- Bateson, William (1908) "The methods and scope of Genetics" In: Bateson, Beatrice. *William Bateson, F.R.S. naturalist*, pp. 317-33
- Bateson, William (1916). [Review of Morgan *et al*, *The mechanism of Mendelian heredity*, 1915] *Science* 44: 536-43
- Bateson, William (1928). *Scientific papers*. Ed. Reginald C. Punnett. 2 vols. Cambridge: Cambridge University Press, New York: Johnson Reprint, 1971
- Bateson, W., Saunders, E., & Punnett, R.C. (1905). "Experimental studies in the physiology of heredity". *Reports to the Evolution Committee of the Royal Society* 2. 1-131
- Janssens, F.A. (1909). "Spermatogénèse dans les batraciens. V. La théorie de la chiasmotypie. nouvelle interprétation des cinèses de maturation". *La Cellule* 25. 389-406
- Huxley, Thomas (1893) *Science et religion* Trad. Henry de Varigny. Paris. J.-B. Baillière et fils.
- Martins, Lilian A.-C. P. (1997) *A teoria cromossômica da herança: proposta, fundamentação, crítica e aceitação*. UNICAMP, (Tese de Doutorado).
- Martins, Lilian A.-C. P. (1998). "Thomas Hunt Morgan e a teoria cromossômica: de crítico a defensor". *Episteme* 3 (6): 100-26.
- Martins, Lilian A.-C. P.; & Martins, Roberto de A. (1999). "Acceptación o rechazo de las hipótesis o teorías: un nuevo método de análisis" *Epistemología e Historia de la Ciencia* 5: 273-80.
- Morgan, Thomas Hunt (1907) *Experimental zoology*. New York: MacMillan.
- Morgan, Thomas Hunt (1910). "Sex limited inheritance in *Drosophila*". *Science* 32: 120-22.

- Morgan, Thomas Hunt (1911a) "The origin of nine wing mutations in *Drosophila*" *Science* 33: 496-9
- Morgan, Thomas Hunt (1911b) "The origin of five mutations in eye color in *Drosophila* and their modes of inheritance". *Science* 33: 534-7.
- Morgan, T H., Sturtevant, A.H., Muller, H.J.; & Bridges, C.B. (1915) *The mechanism of Mendelian heredity*. New York: Henry Holt, New York: Johnson Reprints, 1972.
- Simpson, J A., and Weiner, E.S.C. (eds.) (1989). "Philistine". In: *The Oxford University Dictionary*, vol 11. Oxford: Clarendon.
- Wilson, Edmund Beecher (1905a). "Studies on chromosomes I. The behaviour of the idio-chromosomes in Hemiptera". *Journal of Experimental Zoology* 2: 371-405
- Wilson, Edmund Beecher (1905b). "Studies on chromosomes II The paired microchromosomes, idiochromosomes and heterotropic chromosomes in Hemiptera". *The Journal of Experimental Zoology* 2: 507-45
- Wilson, Edmund Beecher (1912). "Studies on chromosomes VIII. Observations on the maturation-phenomena in certain hemiptera and other forms, with considerations on synapsis and reduction". *The Journal of Experimental Zoology* 13: 345-431.
- Wilson, Edmund Beecher (1913). "Heredity and microscopical research". *Science*. 37: 814-26.
- Wilson, Edmund Beecher (1925). *The cell in development and heredity*. 3rd ed. New York: Macmillan