

OS PRIMEIROS TRABALHOS COM *DROSOPHILA MELANOGASTER*

Nona aula (T9)

Texto adaptado de:
MOORE, J. A. Science as a Way of Knowing - Genetics. *Amer. Zool.* v. 26: p. 583-747, 1986.

O MUTANTE DE OLHO BRANCO

A mais famosa mosca na história da Ciência é um macho da espécie *Drosophila melanogaster*, a mosca-da-banana, ou mosca-do-vinagre [inadequadamente chamada de mosca-das-frutas] (Fig. 24).

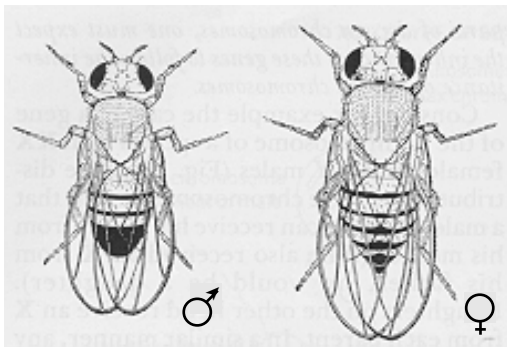


Figura 24. Imagens de *Drosophila melanogaster*: macho, à esquerda, e fêmea, à direita .

Este indivíduo tornou-se famoso porque tinha olhos brancos e não vermelhos como as moscas da sua espécie, mas tão importante quanto isto foi o fato dele ter aparecido na Sala 613 do Schermerhorn Hall na Columbia University, na primavera de 1910. Esta era a “Sala das Moscas”, o laboratório de Thomas Hunt Morgan e de um notável grupo de jovens estudantes. Abaixo, no

Objetivos

1. Analisar o experimento de Morgan (1910) com o mutante *white* de *Drosophila melanogaster*.
2. Comparar os resultados de Morgan (1910) com os de Doncaster e Reynor (1906).
3. Discutir as hipóteses de Morgan para explicar os resultados dos experimentos com o mutante *white*.
4. Explicar herança ligada ao sexo com base na teoria cromossômica da herança.

mesmo edifício, ficava o laboratório de Edmund B. Wilson, que estava terminando a sua série de artigos intitulada - *Studies on Chromosomes*.

A mosca “escolheu” o momento e o lugar exatos para prolongar a sua vida curta e alcançar a imortalidade. Morgan conta essa história da seguinte forma: “*Em uma linhagem de Drosophila [melanogaster] que estava sendo acompanhada por aproximadamente um ano, após um considerável número de gerações, apareceu um macho de olhos brancos. As moscas selvagens têm olhos vermelho-brilhantes.*”

O macho de olhos brancos, cruzado com suas irmãs de olhos vermelhos, produziu 1237 descendentes de olhos vermelhos e 3 machos de olhos brancos na geração F_1 – o aparecimento desses três machos de olhos brancos (F_1) (devido evidentemente a novas alterações) será ignorado na presente comunicação.

Os indivíduos da geração F_1 , cruzados entre si, produziram:

2459 fêmeas de olhos vermelhos,
1011 machos de olhos vermelhos,
782 machos de olhos brancos.

Não apareceu fêmea alguma de olhos brancos. O novo [estado do] caráter mostrou ser, portanto, limitado ao sexo masculino no

sentido de que ele foi transmitido apenas do avô para os netos. Mas o experimento a seguir mostra que o [estado do] caráter não é incompatível com o sexo feminino.

O [mesmo] macho de olhos brancos (mutante) foi, posteriormente, cruzado com algumas de suas filhas (F_1), e produziu:

- 129 fêmeas de olhos vermelhos,
- 132 machos de olhos vermelhos,
- 88 fêmeas de olhos brancos,
- 86 machos de olhos brancos.

Os resultados mostram que o novo [estado do] caráter, olhos brancos, pode ser transmitido para as fêmeas por meio de cruzamentos adequados e, conseqüentemente, não é limitado a um dos sexos. Será discutido que as quatro classes de indivíduos ocorrem aproximadamente em números iguais (25 %).” Vejamos o que se pode concluir com base nesses resultados.

O cruzamento original de um macho de olhos brancos com fêmeas de olhos vermelhos originou em F_2 uma proporção de 4,3 moscas de olhos vermelhos para 1 de olhos brancos. Tal resultado poderia ser aceito como uma proporção de 3 para 1, uma vez que parecia evidente que os indivíduos de olhos brancos eram menos viáveis do que aqueles de olhos vermelhos (como se pode ver no último cruzamento de fêmeas F_1 com o macho de olhos brancos).

Mas interpretar este resultado como uma típica proporção 3 para 1 em F_2 seria um exagero, uma vez que a distribuição do caráter olhos brancos entre fêmeas e machos não era o esperado em um típico cruzamento mendeliano. Convém lembrar que na geração F_2 do cruzamento original não havia fêmeas de olhos brancos. Esta associação de hereditariedade com sexo indicava que a hipótese de Sutton poderia ser submetida a um teste crítico.

Vejamos quais foram as explicações de Morgan.

A PRIMEIRA HIPÓTESE DE MORGAN

“Uma Hipótese para Explicar os Resultados - Os resultados que acabamos de descrever podem ser explicados pela seguinte hipótese. Admita que todos os espermatozoides do macho de olhos brancos possuam o “fator” white “W”; que metade dos espermatozoides possua um fator sexual “X” e que a outra metade não possua este fator; i.e., o macho é heterozigótico quanto ao sexo. Assim a representação para o macho é

“ WWX ”, e para os dois tipos de espermatozoides: $WX - W$.

Admita que todos os óvulos da fêmea de olhos vermelhos possuam o “fator” red - R; e que todos os óvulos (após a redução) carreguem cada um, apenas um fator X, a representação para a fêmea de olhos vermelhos será $RRXX$ e para seus óvulos será $RX - RX$.”

É interessante notar como Morgan indicou os genótipos dos indivíduos e dos gametas. Ele imaginou os “fatores” genéticos e os “cromossomos” [ele usou o termo fator sexual X] como se fossem fenômenos independentes. Em nosso esquema, substituímos a simbologia originalmente usada por Morgan, ou seja, “R” para o alelo para olhos vermelhos e “W” para o alelo para olhos brancos, pelo esquema mendeliano de símbolos maiúsculos e minúsculos para alelos dominantes e recessivos. Assim, foi usado o símbolo w para o alelo condicionante de olhos brancos e W para o alelo que condiciona olhos vermelhos. Outro ponto para ser notado é que Morgan admitiu que o macho tinha apenas um cromossomo sexual (X), ou seja, era $X0$, conforme havia sido determinado, incorretamente, por Stevens. (Fig. 25)

Alguns anos mais tarde, verificou-se que o macho de *D. melanogaster* tem também um cromossomo Y.

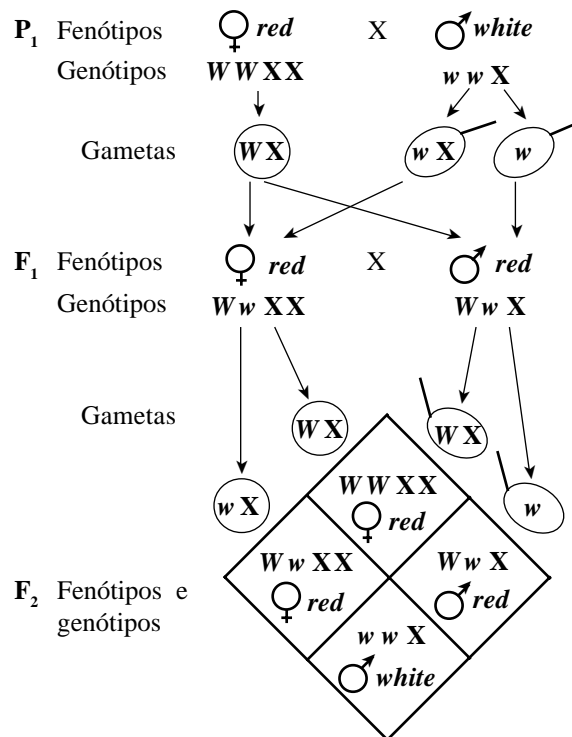


Figura 25. Primeira hipótese de Morgan para explicar a herança do estado olhos brancos do caráter cor dos olhos em *Drosophila melanogaster*.

A figura 25 mostra a hipótese de Morgan para os resultados do primeiro cruzamento do macho de olhos *brancos* com uma fêmea de olhos vermelhos. O esquema concorda com os dados, ou seja, prevê que a geração F_1 seja constituída exclusivamente por fêmeas e machos com olhos vermelhos. Continuando em F_2 , a hipótese prevê que todas as fêmeas terão olhos vermelhos e que metade dos machos terá olhos vermelhos e metade, olhos brancos. Não é de se surpreender que as previsões da hipótese tenham sido verificadas. Afinal de contas, as observações foram feitas antes da hipótese ter sido formulada e não teria sentido propor uma hipótese que não explicasse os resultados já em mãos.

Porém, a hipótese só explicaria os dados se fosse feita uma restrição essencial. Observe os indivíduos F_1 . Note que na formação dos gametas femininos, metade é mostrada como tendo recebido o fator W juntamente com um X , e metade como tendo recebido o fator w com um X . A hipótese, entretanto, requer uma situação bem diferente para os machos F_1 . Os machos são mostrados como sendo WwX . Esperar-se-ia, portanto, quatro classes de gametas: WX , wX , W (ou $W0$) e w (ou $w0$). Morgan reconheceu somente duas classes de espermatozoides: WX e w . Ele explica essa sua restrição da seguinte maneira:

“É necessário admitir ... que quando as duas classes de espermatozoides são formadas pelo macho F_1 de olhos vermelhos (WwX), W e X [sempre] vão juntos - de outro modo os resultados não seriam os obtidos. Esse ponto importante não pode ser amplamente discutido nessa comunicação.

O TESTE DA PRIMEIRA HIPÓTESE

O valor de uma hipótese não consiste apenas em explicar os fatos, mas também na sua capacidade de prever o que acontecerá em situações novas. Morgan fez quatro testes de sua hipótese.

1. Se o genótipo dos machos de olhos brancos é wwX e o das fêmeas de olhos brancos é $wwXX$, sua descendência deveria ser constituída somente de machos de olhos brancos e fêmeas de olhos brancos. A representação diagramática deste cruzamento segundo a hipótese de Morgan está mostrada no item 1 da figura 26. O cruzamento foi feito e os resultados obtidos estavam de acordo com as previsões.

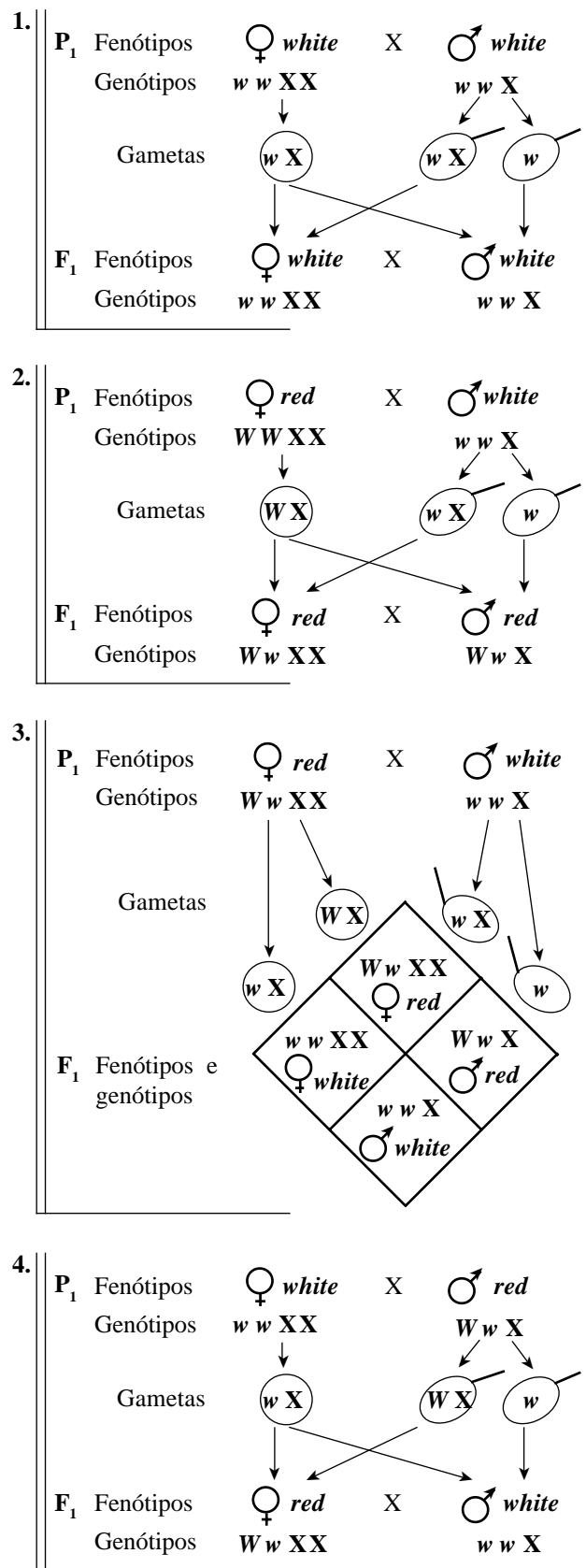


Figura 26. Representação esquemática dos testes da primeira hipótese de Morgan para explicar a herança do estado olhos brancos do caráter cor dos olhos em *Drosophila melanogaster*.

2. As fêmeas F_2 de olhos vermelhos do primeiro cruzamento (Fig. 25), apesar de serem todas

idênticas na aparência, deviam ter dois genótipos, $WWXX$ e $WwXX$. Se várias dessas fêmeas fossem cruzadas individualmente com machos de olhos brancos, seriam esperados dois tipos de resultado como se pode ver nos itens 2 e 3 da figura 26. Aproximadamente metade dos cruzamentos deveria resultar em descendência apenas com olhos vermelhos, enquanto a outra metade deveria produzir moscas de olhos vermelhos e de olhos brancos, tanto machos quanto fêmeas. Esses cruzamentos foram feitos e os resultados previstos foram obtidos.

3. Esperava-se que o genótipo das fêmeas F_1 do cruzamento original (Fig. 25) fosse $WwXX$. Nesse caso, o cruzamento dessas fêmeas com um macho de olhos brancos daria os mesmos resultados mostrados no item 3 da figura 26. Novamente o cruzamento foi feito e os resultados previstos foram obtidos.
4. A hipótese exigia que os machos F_1 originais (Fig. 25) fossem WwX . Se esses machos fossem cruzados com fêmeas de olhos brancos, a previsão seria a obtenção de fêmeas de olhos vermelhos e machos de olhos brancos, como mostrado no item 4 da figura 26. Os cruzamentos foram feitos e a previsão verificada. Mais uma vez, entretanto, a hipótese exigia um tipo não-usual de meiose nos machos WwX : o fator W deveria estar sempre associado ao X , para formar espermatozoides WX ; não poderia haver espermatozoides wX nesses machos.

VERDADEIRO, ACIMA DE QUALQUER SUSPEITA ?

Das hipóteses levantadas no início da Genética, com exceção da de Mendel, poucas foram tão exaustivamente testadas como essa. Quase tudo da primeira hipótese de Morgan estava baseado em princípios genéticos bem estabelecidos: dominância e recessividade, segregação e comportamento dos cromossomos sexuais. Suas quatro deduções eram explícitas e críticas. Em cada um dos casos os experimentos efetuados para testar as deduções forneceram os resultados esperados nas previsões.

Para se ter certeza, aquela premissa sobre a espermatogênese dos machos WwX deveria ser esclarecida, porém, por volta de 1910, seu colega Wilson e outros citologistas já haviam registrado a ocorrência de comportamentos inesperados de certos cromossomos durante a meiose. Por isto,

não havia razão *a priori* para excluir a hipótese da associação apenas do fator dominante W (mas nunca do recessivo w) com o X , na meiose dos machos heterozigóticos da geração F_1 do primeiro cruzamento.

Morgan publicou uma outra descoberta que era difícil de explicar: *“Um fato ainda mais surpreendente aconteceu quando uma fêmea de olhos brancos foi cruzada com um macho selvagem (de olhos vermelhos), isto é, com um indivíduo de uma linhagem diferente. A previsão (antes da realização dos experimentos) era de que tanto machos quanto fêmeas selvagens tivessem apenas o fator para olhos vermelhos e não o fator para olhos brancos; porém, os experimentos mostraram que todos os machos de linhagens selvagens deveriam ser heterozigóticos para olhos vermelhos e todas as fêmeas selvagens, homozigóticas para aquele [estado do] caráter. Deste modo, quando uma fêmea de olhos brancos é cruzada com um macho de olhos vermelhos, todos os descendentes do sexo feminino apresentam olhos vermelhos, enquanto que todos do sexo masculino apresentam olhos brancos.”*

Estes resultados apresentavam uma dificuldade. Se todos os machos de uma população natural eram heterozigóticos quanto a esses alelos para cor dos olhos, seria de se esperar que numerosas moscas de olhos brancos estivessem presentes nas populações naturais e nas culturas de laboratório. No entanto, Morgan já estava criando *D. melanogaster* por muitos meses e nunca tinha observado tal fato. Morgan tenta uma explicação para esse fato nos seguintes termos: *“Até o momento eu não encontrei evidência alguma do aparecimento de mutantes de olhos brancos. É possível que este fenômeno esteja relacionado com fertilização seletiva.”*

Há muitos pontos interessantes a respeito desta famosa publicação que deu início à linha de pesquisa que revolucionou a Genética. O mais intrigante reside no fato do porquê Morgan não foi capaz de perceber, inicialmente, que os resultados poderiam ser explicados simplesmente assumindo que os alelos para cor dos olhos fossem parte integrante do cromossomo X . Em vez disso ele tratou o problema quase como se fosse um cruzamento diíbrido.

Em 1910, seguramente Morgan ainda tinha muitas dúvidas sobre a hipótese de Sutton mas, não teria ele discutido seus resultados com seu

colega Wilson? G. E. Allen (1978, p.153) estima que o macho de olhos brancos tenha sido descoberto por volta de janeiro de 1910, quando os experimentos foram feitos. O trabalho foi terminado em 7 de julho de 1910, após Morgan ter ido para Woods Hole, e foi publicado no número de 22 de julho de 1910 da revista *Science*.

É de grande interesse pedagógico o fato desse trabalho ter sido escrito em uma forma que corresponde à visão popular do “método científico”. Primeiro, há as observações de um fenômeno natural, neste caso os resultados dos cruzamentos envolvendo a estranha mosca com olhos brancos recém-surgida. Em seguida, é formulada uma hipótese. Finalmente, são feitas deduções a partir da hipótese, e estas são testadas.

Admite-se que os resultados dos testes apoiem a hipótese, de modo que o cientista prossiga para os próximos problemas. Estas etapas são raramente mencionadas em publicações de trabalhos científicos, embora alguma coisa semelhante ao “método científico” esteja acontecendo na cabeça do pesquisador. O trabalho de Morgan de 1910 é incomum neste aspecto porque estes passos estão explicitados no trabalho publicado.

A SEGUNDA HIPÓTESE DE MORGAN

Levou somente um ano para Morgan perceber que a sua primeira hipótese para explicar a herança, limitada ao sexo, da cor dos olhos tinha falhas fundamentais. Outros mutantes de *D. melanogaster* haviam sido encontrados e eram herdados da mesma maneira que o alelo *white* para cor dos olhos. Os resultados foram “*anunciados pela primeira vez em uma aula pública ministrada no Laboratório de Biologia Marinha de Woods Hole, no estado de Massachusetts, em 7 de julho de 1911*”. A nova hipótese era mais simples: ao invés de pensar em alelos limitados ao sexo como sendo associados aos fatores sexuais (primeira hipótese) porque não pensar neles como sendo parte do cromossomo X? Morgan propôs uma segunda explicação para seus resultados da seguinte maneira: “*Os experimentos com D. melanogaster me permitiram tirar duas conclusões: Primeira, que a herança limitada ao sexo pode ser explicada admitindo-se que um dos fatores que determinam um caráter limitado ao sexo é transportado pelos mesmos cromossomos que transportam o fator para*

feminidade; Segunda, que a “associação” observada na transmissão de certas características é devida à proximidade, nos cromossomos, das substâncias químicas (fatores) que são essenciais à produção daquelas características.”

Portanto, se admitirmos que o alelo recessivo para olhos brancos e o alelo dominante para olhos vermelhos são parte do cromossomo X, os resultados de todos os cruzamentos podem ser explicados pela distribuição do cromossomo X na meiose e na fertilização. Seria, então, desnecessário invocar pressupostos, tais como o alelo *w* não sendo capaz de se associar com o X na meiose de machos *WwX* ou que todos os machos fossem obrigatoriamente heterozigóticos.

A segunda hipótese de Morgan foi submetida a todos os testes possíveis e pôde ser aceita, acima de qualquer suspeita, como verdadeira. A figura 27 mostra como ela explica a herança dos olhos brancos. Esta figura não mostra o cromossomo Y pois só alguns anos mais tarde se verificou que o macho de *D. melanogaster* era XY e não X0.

A NÃO-OBVIEDADE DO “ÓBVIO”

Mais uma vez nós encontramos um exemplo do “óbvio” não sendo tão óbvio assim. Deve-se lembrar da observação feita por Thomas Henry Huxley quando o conceito de seleção natural tornou-se claro para ele: “*My reflection, when I first made myself master of the central idea of the ‘Origin’ [ele se refere ao livro Origem das espécies de Charles Darwin e à idéia de seleção natural] was: ‘How extremely stupid not have thought of that.’*”

Morgan fazia suas pesquisas no *Zoology Department*, onde sete anos antes Sutton havia sugerido que os genes deviam ser partes dos cromossomos. Seu colega E. B. Wilson tinha continuado a trabalhar no paradigma suttoniano. Entretanto, Morgan não estava convencido de que os cromossomos representassem a base física da hereditariedade e não iria aceitar essa hipótese até que seus próprios experimentos o convencessem. De fato, ele tinha uma opinião bastante crítica sobre as explicações que os geneticistas davam para os resultados obtidos em experimentos genéticos. Em janeiro de 1909, o ano anterior à publicação de seu primeiro trabalho sobre a mosca de olhos brancos, ele disse o seguinte em uma conferência na *American Breed-*

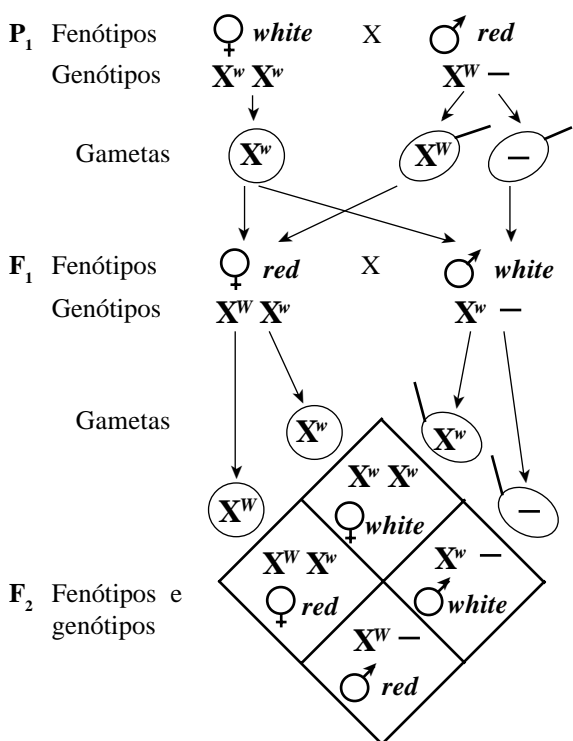
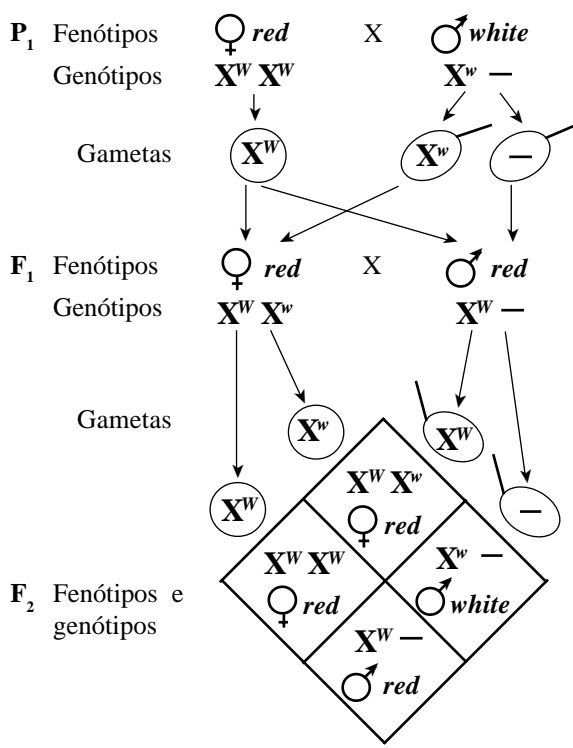


Figura 27. Representação esquemática da segunda hipótese de Morgan para explicar a herança do estado olhos brancos do caráter cor dos olhos em *Drosophila melanogaster*.

ers' Association: "Na interpretação moderna do mendelismo, os fatos estão sendo convertidos em fatores à uma grande velocidade. Se apenas um fator não explicar os fatos, propõem-se a existência de dois; se estes são insuficientes, a explicação pode, às vezes, ser atribuída a três. O grande malabarismo, que às vezes se torna necessário para explicar os resultados obtidos, se elaborado com muita ingenuidade, pode nos levar a crer que, como geralmente ocorre, os resultados possam ser muito bem explicados porque a interpretação foi feita exatamente para explicá-los. Nós partimos dos fatos para chegarmos aos fatores, e então, como em um passe de mágica, explicamos os fatos pelos mesmos fatores que criamos para explicá-los. Eu não posso senão temer que estejamos desenvolvendo uma espécie de ritual Mendeliano, por meio do qual procuramos explicar os fatos excepcionais das heranças alternativas". Esta era a opinião de alguém que em poucos anos iria ser reconhecido como o "Expoente da Genética" de nosso século – e que certamente seria o último dos "einentes" geneticistas a estudar a hereditariedade acima do nível molecular.

Em 1909, Morgan, juntamente com muitos outros, ainda tinha problemas com a noção de "pureza dos gametas". Ele continua seu seminário na *American Breeders Association* nos seguintes termos: "Eu gostaria de chamar a atenção para certas implicações sobre o fato de que, como atualmente se admite, os fatores (às vezes considerados como sendo os próprios caracteres ou ainda unidade-caráter) são separados, na condição de seus alelomorfos, nas células germinativas dos híbridos. Por exemplo, uma planta alta de ervilha cruzada com uma anã produz apenas plantas altas na primeira geração, que quando cruzadas entre si produzem 3 plantas altas para cada planta anã. Estes fatos são realmente surpreendentes. Mendel chamou a atenção de que estes resultados numéricos poderiam ser explicados se admitirmos que as plantas híbridas produzam dois tipos de células germinativas, as produtoras de plantas altas e aquelas produtoras de plantas baixas. A simplicidade da explicação, sua ampla aplicabilidade e aquilo que eu chamaria de probabilidade intrínseca, sugere esta interpretação a todos aqueles que têm pesquisado problemas semelhantes de hereditariedade. A partir desta suposição é que surgiu a hipótese

moderna dos fatores. A grande estatura das plantas altas é devida a um fator para altura, e a pequena estatura das anãs se deve a um fator para o nanismo e quando estes fatores se encontram no híbrido, o fator para alta estatura predomina. Até agora temos feito pouco além de reafirmar o ponto de vista de Mendel. Porém, quando voltamos às células germinativas do híbrido avançamos um pouco mais. Nós admitimos que o fator para grande estatura e aquele para nanismo se separam em células distintas após terem convivido por inúmeras gerações de células sem terem influenciado um ao outro. Nós os consideramos como entidades que apresentam um antagonismo curioso, de tal forma que quando a oportunidade aparece, eles se afastam e partem para os seus vários caminhos. Para mim parece que é exatamente neste ponto que nós corremos o risco de negligenciar outras possibilidades que permitam produzir, do mesmo modo, os dois tipos de células necessárias à interpretação mendeliana.”

Morgan propôs então um mecanismo alternativo bastante vago que revela sua formação básica como embriologista. Ele reconheceu um elemento de pré-formação na hipótese dos geneticistas. A sua hipótese envolvia “estados alternativos de estabilidade”, “condições locais”, “mudanças no equilíbrio” e interação entre cromossomos homólogos. Isto parece não ser do caráter de Morgan – uma pessoa que insistia sempre na experimentação como o caminho adequado à compreensão. Ele estava rejeitando uma hipótese que era muito mais fácil de ser experimentalmente verificada em favor de uma pura especulação.

Mas Morgan não tinha uma mente completamente fechada. Após rejeitar a hipótese, em 1909, que a segregação dos fatores (alelos) nos cruzamentos mendelianos poderia ser explicada pela segregação dos cromossomos na meiose, ele tornou-se o mais forte defensor da hipótese de que o mendelismo tinha suas explicações no comportamento dos cromossomos.

A SALA DAS MOSCAS

Na década iniciada em 1911, uma sala do *Zoology Department* da *Columbia University*, de tamanho médio, ocupada por Morgan e seus alunos, tornou-se o centro mundial da Genética. Ele tinha vindo para a *Columbia University* em

1904 como um embriologista. Em 1911, Morgan (1866-1945) estava com 45 anos. Durante essa década ele teve três colaboradores muito próximos, seus ex-estudantes: Sturtevant, Bridges e Muller. Alfred Henry Sturtevant (1891-1970) iria receber seu título de doutor em 1914 com um trabalho no qual ele utilizou dados de ligação gênica para construir o primeiro mapa de um cromossomo. Herman Joseph Muller (1890-1967) recebeu seu título de doutor em 1915 com um estudo que esclarecia definitivamente o fenômeno da permutação. Calvin Blackman Bridges (1889-1938) recebeu seu título de doutor em 1916 com um trabalho clássico sobre não-disjunção, amplamente aceito como a prova final e conclusiva de que os genes são partes dos cromossomos. Biólogos vinham de todas as partes do mundo para visitar ou para fazer pesquisa na “Sala das Moscas”.

A base para todas estas descobertas foi a mosca-da-banana, *D. melanogaster*. Essa espécie parece ser uma imigrante, originária do leste da África e como uma “espécie doméstica” é frequentemente encontrada em residências, mercados e depósitos de lixo – onde quer que existam frutas maduras. Ela também se espalhou por certos ambientes naturais e, em algumas áreas, é a espécie mais abundante do gênero.

Morgan começou a usar *D. melanogaster* porque não conseguiu obter recursos para fazer experimentos com mamíferos. *D. melanogaster* podia ser criada em grande número com alimentos baratos, de início com bananas, em vidros de leite pequenos, que Morgan aparentemente trazia de sua casa. Alguns outros laboratórios estavam usando *D. melanogaster* naquela época (G. E. Allen, 1975a) e tem havido muita especulação sobre onde Morgan obteve os estoques de suas famosas moscas. Não há razão para acreditar que tenha havido apenas uma fonte. Quando eu era estudante na *Columbia University* na década de 1930, dizia-se que a fonte das moscas havia sido um abacaxi colocado do lado de fora da janela do laboratório de Morgan. A descoberta do macho de olhos *white* foi creditada a Calvin Bridges. Naquela época ele era um estudante de graduação no *College* da *Columbia University*, contratado para lavar os vidros usados nos experimentos com as moscas. Um pouco antes de lavar um deles, Bridges reparou que havia uma mosca de olhos brancos. Shine e Wrobel (1976) fazem uma

interessante discussão sobre a possível origem do macho de olhos brancos, mas foram incapazes de chegar a qualquer conclusão definitiva.

Morgan não começou a trabalhar com *D. melanogaster* com o intuito de estender o mendelismo para este pequeno inseto. Ao contrário, ele estava mais interessado em problemas evolutivos, especialmente numa questão polêmica naquela época – a da variação contínua *versus* variação descontínua. Ele tinha especial interesse em testar a hipótese da mutação de De Vries (1901-1903, 1906) e percebeu que uma espécie com ciclo de vida curto, fácil de ser criada, e com numerosa descendência iria servir para os seus propósitos.

No intervalo de tempo entre as primeiras publicações (1910) sobre a mosca de olhos *white* e o trabalho de Bridges em 1916 sobre não-disjunção, foram estabelecidos os fundamentos da genética de *D. melanogaster* e os conceitos básicos essenciais nesse campo do conhecimento foram completados – tudo acontecendo na “Sala das Moscas”. Os trabalhos realizados no laboratório de Morgan forneceram a evidência crítica, acima de qualquer suspeita, para que o paradigma suttoniano pudesse ser aceito como verdadeiro. Em seu livro, publicado em 1965, Sturtevant dá um depoimento pessoal daqueles dias memoráveis. De 1916 até 1953 a maior parte do trabalho

em Genética pode ser classificado como uma ciência normal que deu acabamento conceitual ao paradigma. Sturtevant (1965) dá um depoimento pessoal daqueles dias memoráveis. Nós discutiremos, a seguir, alguns dos tratados que foram produzidos na “Sala das Moscas”.

A COLEÇÃO DE MUTANTES

Calvin Bridges é lembrado como a pessoa na “Sala das Moscas” com maior capacidade de detectar novos mutantes. O grupo de pesquisadores, sob a liderança de Morgan, em pouco tempo tinha dezenas de mutantes para serem usados em seus experimentos. Alguém poderia perguntar “Para que estudar tantos mutantes?”

Uma vez estabelecido que o esquema mendeliano funcionava para os alelos nos autossomos e, com modificação, para os alelos no cromossomo X, porque acumular um número crescente de confirmações? A resposta é simples: os alelos mutantes poderiam ser usados como sondas para obtenção de mais informações sobre a base física da herança, isto é, sobre a relação entre genes e cromossomos, a localização dos genes, a elaboração de mapas de ligação gênica de cada cromossomo e várias alterações estruturais dos cromossomos em si.

EXERCÍCIOS

PARTE A : REVENDO CONCEITOS BÁSICOS

Preencha os espaços em branco nas frases numeradas de 1 a 12 usando o termo mais apropriado dentre os arrolados abaixo :

- (a) autossomo
- (b) cromossomos sexuais
- (c) herança ligada ao sexo
- (d) herança com expressão limitada ao sexo
- (e) mutante
- (f) pré-formação
- (g) mutação
- (h) dominância
- (i) recessividade
- (j) herança holândrica
- (k) codominância
- (l) dominância incompleta ou ausência de dominância.

1. O processo pelo qual ocorre uma alteração herdável de um gene é denominado ().

2. A teoria da (), atualmente desacreditada, afirma que cada célula germinativa contém um organismo do seu tipo já completamente formado e que o desenvolvimento resulta apenas no aumento do seu tamanho.

3. () é o fenômeno pelo qual um alelo impede a manifestação de outro alelo de um mesmo gene.

4. () é um gene modificado, uma célula ou um organismo que porta alteração produzida por uma mutação.

5. () é qualquer cromossomo que não os sexuais.

6. Os cromossomos relacionados com a determinação do sexo de um indivíduo são denominados ().

7. A expressão de uma característica (por exemplo, produção de ovos ou de leite) restrita à apenas um dos sexos é denominada ().

8. Os genes localizados exclusivamente no cromossomo Y seguem um padrão de herança denominado ().

9. () é o fenômeno pelo qual um alelo não se manifesta fenotipicamente, porém mantém a sua individualidade.

10. Os genes localizados no cromossomo X seguem um padrão de herança denominado ().

11. () é a situação em que ambos alelos de um indivíduo heterozigótico se manifestam igualmente no fenótipo, por exemplo, o que ocorre nos grupos sanguíneos do sistema MN.

12. () é a condição na qual o indivíduo heterozigótico tem um fenótipo intermediário entre os dos dois homozigóticos que lhe deram origem, por exemplo, o que ocorre com a cor da semente em certas variedades de trigo.

PARTE B : LIGANDO CONCEITOS E FATOS

Utilize as alternativas abaixo para responder às questões 13 e 15.

- (a) herança ligada ao sexo recessiva.
- (b) herança autossômica recessiva.
- (c) herança ligada ao sexo dominante.
- (d) herança autossômica dominante.

13. Nos cruzamentos entre drosófilas fêmeas de asas curtas com machos de asas longas, todos os descendentes machos apresentaram asas curtas e todas as fêmeas, asas longas. Um cruzamento recíproco (fêmea de asas longas com machos de asas curtas) produziu apenas descendentes de asas longas, tanto machos como fêmeas. Esses resultados sugerem a hipótese de que o estado de caráter asas curtas siga um padrão de ().

14. Carneiros pretos cruzados com ovelhas brancas produziram apenas descendentes brancos, de ambos os sexos. Alguns cruzamentos recíprocos produziram apenas machos e fêmeas brancos: enquanto outros produziram metade da descendência branca e metade preta, de ambos os sexos. Esses resultados permitem levantar a hipótese de que o estado de caráter cor preta da lã em carneiros segue um padrão de ().

15. Um homem afetado por certa doença casa-se com uma mulher não-afetada. Eles têm oito filhos (quatro meninas e quatro meninos); todas as meninas têm a doença do pai, mas nenhum dos meninos a tem. Trata-se provavelmente de

uma caso de ().

16. Um homem é heterozigótico para um par de alelos autossômicos *Bb* e portador de um alelo recessivo *d* ligado ao cromossomo X. Que proporção de seus espermatozoides será *bd*?

- a. zero.
- b. 1/2.
- c. 1/4.
- d. 1/8.
- e. 1/16.

PARTE C : QUESTÕES PARA PENSAR E DISCUTIR

17. Qual é a proporção fenotípica esperada entre os descendentes do cruzamento de fêmeas de drosófila de olhos vermelho-claros com machos de olhos vermelho-escuros, sabendo-se que o fenótipo destas fêmeas é determinado por um alelo recessivo ligado ao sexo?

18. De acordo com a hipótese de Sutton (teoria cromossômica da herança), como deveriam se comportar na meiose os genes localizados em um mesmo cromossomo?

19. Por que os resultados de Morgan nos cruzamentos com o mutante *white* não puderam ser interpretados como um caso de monoidrismo típico?

20. Qual foi a primeira hipótese proposta por Morgan para explicar a herança do sexo e da cor dos olhos em *Drosophila melanogaster*?

21. O que levou Morgan a substituir a sua primeira hipótese para explicar a herança ligada ao sexo?

22. Em camundongos, um alelo dominante **B**, ligado ao sexo, é responsável pelo fenótipo *cauda curta e retorcida*, enquanto seu alelo recessivo **b**, é responsável pelo fenótipo *cauda longa e reta*. Se uma fêmea de cauda longa é cruzada com um macho de cauda curta, que proporção fenotípica deve ser esperada na geração F_1 ?

23. Na espécie humana, o alelo recessivo e ligado ao sexo (**d**) produz um tipo de daltonismo (cegueira às cores vermelho-verde). Uma mulher de visão normal, cujo pai era daltônico, casa-se com um homem daltônico.

- a) Quais são os genótipos possíveis da mãe do homem daltônico?
- b) Qual é a probabilidade de o primeiro descendente desse casal ser daltônico?
- c) Que porcentagem de daltonismo podemos prever entre as filhas nascidas deste casal?
- d) De todos os descendentes deste casal (sem considerarmos o sexo) que proporção provavelmente terá visão normal?

24. O alelo *m* (*miniature*) que determina asas curtas em *Drosophila melanogaster* é recessivo e ligado ao sexo. Seu alelo dominante + determina a formação de asas longas. Que proporções fenotípicas podemos prever nos seguintes cruzamentos:

a) macho de asas curtas com fêmea de asas curtas.

b) fêmea de asas curtas com macho de asas longas.

c) fêmea de asas longas (homozigótica) com macho de asas curtas.

d) fêmea de asas longas (heterozigótica) com macho de asas longas.

e) fêmea de asas longas (heterozigótica) com macho de asas curtas.

25. Em galináceos, o alelo dominante *B*, que é ligado ao sexo, produz penas com padrão barrado. O seu alelo recessivo *b*, em homozigose produz penas de cor uniforme. O alelo autossômico dominante *R* produz crista com forma rosa e seu alelo recessivo *r*, produz crista

com forma simples, quando em homozigose. Uma fêmea de penas barradas, homozigótica para crista com forma rosa é cruzada com um macho de penas de cor uniforme e crista com forma simples. Qual é a proporção fenotípica esperada na geração F_1 ?

26. A distrofia muscular Duchenne é ligada ao sexo e geralmente só afeta os homens. A doença se manifesta na infância e as vítimas perdem progressivamente os movimentos dos membros e morrem antes da adolescência.

a) Qual é a probabilidade de uma mulher cujo irmão sofre de Duchenne ter um descendente do sexo masculino afetado?

b) Supondo que o tio materno de uma pessoa teve Duchenne, qual é a probabilidade de essa pessoa ter recebido o alelo causador da enfermidade?

c) Suponha que o tio paterno de uma pessoa teve a doença, qual é a probabilidade de essa pessoa ter recebido o alelo causador da enfermidade?