

Por que Darwin incorporou à sua teoria da evolução por seleção natural as características adquiridas?

Ana Luiza Moraes Octaviano¹
Orientador: Fernando Carbayo²
São Paulo, Junho 2020

1. APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi elaborado com o objetivo de esclarecer uma dúvida que surgiu em meio a aula de Evolução Biológica e Aplicada, do curso de Biotecnologia (EACH-USP). Na aula, o darwinismo estava sendo abordado a partir do livro “Biologia, Ciência Única”, de Ernst Mayr. De acordo com o livro, “a herança das características adquiridas tinha aceitação quase universal, e Darwin a adotou simultaneamente à seleção natural” (MAYR, 2005, p. 134). Este trabalho visa entender como e por que Darwin incorporou duas teorias que parecem ser tão distintas.

2. AS VISÕES DA ÉPOCA ANTES DA PUBLICAÇÃO DO LIVRO “A ORIGEM DAS ESPÉCIES”: LAMARCKISMO E HERANÇA POR MISTURA

2.1 LAMARCKISMO

A maioria dos estudiosos antes de Lamarck acreditavam que as espécies eram fixas ou que as variações no ambiente poderiam produzir apenas pequenas mudanças criando variedades. Quando Lamarck desenvolveu seu trabalho, não havia consenso em relação a vários aspectos, como a existência de seres vivos diferentes no passado; bem como a possibilidade de transformação deles. A princípio, Lamarck tinha uma visão fixista, porém, a partir de 1800, adotou uma visão baseada em um tempo natural dinâmico, na qual os seres vivos sofrem contínuas transformações (MARTINS e BAPTISTA, 2007, p. 283-286). Para Lamarck as mudanças nos seres vivos seriam graduais e contínuas. Elas teriam causas naturais, e não sobrenaturais como na interpretação bíblica literal (MARTINS e BAPTISTA, 2007, p. 286).

Nos seus trabalhos publicados, Lamarck apresenta uma teoria de evolução orgânica. Essa teoria era muito ampla, pois procurava explicar a origem da vida passando pelo

¹ Estudante do curso de Bacharelado em Biotecnologia da EACH-USP.

² Professor da EACH-USP.

surgimento dos diferentes grupos de animais até chegar ao homem, colocado no limite superior da escala. Além disso, considerava que os aspectos geológicos e químicos estavam relacionados com as espécies (MARTINS, 2006, p. 8).

Lamarck procurou explicar o surgimento e a evolução das espécies por meio de 4 leis:

“Na primeira, Lamarck se refere à existência de um poder inerente à vida e que tende ao aumento de complexidade. Este poder seria responsável tanto pelo desenvolvimento de um ser vivo desde o ovo até sua fase adulta, como pelo aumento de complexidade dos grandes grupos taxonômicos (massas) que constituem a escala animal” (MARTINS, 2006, p. 10).

“Na sua segunda lei, Lamarck procurou explicar o surgimento de um novo órgão ou parte do indivíduo. Isso resultaria de uma necessidade e do movimento que esta necessidade faz nascer e mantém. Para ilustrar esta lei, Lamarck deu o exemplo do surgimento das antenas do caracol. Ele explicou que, em determinados locais, uma raça de moluscos teve a necessidade de apalpar o solo com sua cabeça. Isso fez com que os fluidos que circulavam no interior do corpo destes animais se dirigissem à cabeça. No decorrer de muitas gerações este processo fez com que surgissem as antenas. Ele esclareceu que elas só se conservariam se a necessidade de apalpar o solo se mantivesse” (MARTINS, 2006, p. 10-11).

“A terceira lei de Lamarck relaciona o estado e grau de desenvolvimento dos órgãos ao seu uso. É aquilo que se chama normalmente de “lei do uso e desuso”. Quanto mais o órgão for utilizado, mais ele cresce, se desenvolve e se mantém. Caso ele seja pouco usado, a tendência é se atrofiar, podendo mesmo chegar a desaparecer. Esta não é uma idéia original de Lamarck, mas uma idéia aceita em sua época e que continuou sendo aceita posteriormente, pois aparece também nas obras de Darwin, que também a aceitava” (MARTINS, 2006, p. 11).

“A quarta lei de Lamarck se refere à herança de caracteres adquiridos e é muitas vezes considerada como sendo sua idéia original ou mesmo a principal parte de sua teoria. Porém, isto não é procedente. Esta idéia já aparecia em textos escritos durante a Antiguidade como alguns encontrados no Corpus Hippocraticum ou Coleção Hipocrática. Trata-se de um conjunto de obras de estilos diferentes e com concepções médicas diferentes que muitas vezes se contradizem, e que datam de diferentes épocas (sécs. V e IV a.C.). A herança dos caracteres adquiridos era uma concepção que se aceitava na época de Lamarck” (MARTINS, 2006, p. 12).

Ademais, segundo MARTINS (1997, p. 43), ao contrário da “lei do uso e desuso” que foi apresentada por Lamarck com vários exemplos, a herança dos caracteres adquiridos não teve maior atenção de Lamarck, pois essa ideia já havia sido elaborada desde a Antiguidade, ou seja, não era uma lei restrita ao lamarckismo. MARTINS sugere que, talvez, por ser uma ideia aceita na época, Lamarck não tenha se dedicado muito em defendê-la ou justificá-la. Embora, atualmente, essas teorias não sejam corretas, elas eram plausíveis no tempo de Lamarck, que procurava entender o surgimento de um novo órgão ou parte das espécies.

“Desde a Antiguidade até o final do século XIX, grande parte dos estudiosos acreditava que a prole pudesse herdar dos progenitores as modificações que eles

sofressem durante sua vida. Essas modificações poderiam decorrer do uso e desuso de órgãos ou partes do corpo ou, até mesmo, em alguns casos, de mutilações. Esse tipo de fenômeno é chamado geralmente de ‘herança de caracteres adquiridos’ ou ‘transmissão de caracteres adquiridos’. Concepções como as descritas acima estavam presentes na Antiguidade em tratados que integram o Corpus hippocraticum como, por exemplo, ‘Ar, ares e lugares’ e em algumas obras de Aristóteles (384-322 a. C.) sobre os seres vivos, como História dos animais e Geração dos animais” (MARTINS, 2015, p.68).

“No século XVII, estudiosos como o físico Pierre Gassendi (1592- 1655), por exemplo, aceitavam a herança direta de mutilações. No século seguinte, Pierre Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759), Georges Louis Leclerc, conde de Buffon (1707-1788) e o avô de Darwin, Erasmus Darwin (1731-1802) também consideravam possível que características adquiridas durante a vida dos indivíduos pudessem ser herdadas pelos seus descendentes. Enquanto Buffon admitia a herança direta de mutilações, seu colega Charles Bonnet (1720- 1793) discordava (Zirkle, 1935, p. 418, 427). Na primeira metade do século XIX, a transmissão das características adquiridas esteve presente nas obras publicadas por Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, Chevalier de Lamarck (1744-1829), a partir de 1800. Durante a segunda metade do século XIX, aparecia também nas obras de Charles Robert Darwin (1809-1882), Herbert Spencer (1820-1903) e Charles-Édouard Brown-Séquard (1817-1894)” (MARTINS, 2015, p.69).

Após a publicação da teoria de Lamarck, de acordo com Ernst Mayr, “curiosamente, a herança maleável [sujeita a efeitos do uso e desuso] foi universalmente aceita e considerada axiomática de tal modo que, somente após 1850 foram feitas as primeiras tentativas para justificá-la e esclarecer seus mecanismos” (MAYR, 1982, p. 540, 678 *apud* MARTINS, 2015, p.69). A investigação desse tipo de herança, contendo várias informações, foi feita por Darwin, somente cerca de cinquenta anos após a proposta de Lamarck. Segundo Mayr, “cerca de vinte anos após a morte de Darwin, vários acontecimentos mostraram a existência de divergências entre os evolucionistas. Eles discordavam em relação a vários aspectos referentes à interpretação do processo evolutivo, como a herança ser “maleável” (soft) ou “dura” (hard), como pensava August Friedrich Leopold Weismann (1831-1914)” (MAYR, 1982, p. 540, 678 *apud* MARTINS, 2015, p.69).

2.2 HERANÇA POR MISTURA

Uma das críticas à teoria de Darwin foi pela falta de uma teoria satisfatória para a hereditariedade. As teorias de hereditariedade na época eram baseadas na herança por mistura, as quais hoje sabe-se que são incorretas. Quando a teoria da seleção natural foi elaborada, alguns críticos apontaram o fato de que ela dificilmente poderia operar se a

herança fosse uma mistura, pois uma possível característica genética evolutiva ia se misturar com outras e seria perdida conforme passasse as gerações (RIDLEY, 2007, p.36).

A maioria dos biólogos antes de Mendel defendiam teorias da hereditariedade por mistura. Essa teoria pode ser exemplificada da seguinte forma: supõe-se que um gene 'A' seja responsável por expressar a cor verde-escura e um gene 'a' seja responsável por desenvolver a cor branca. Sob a herança mendeliana, o heterozigoto 'Aa' verde claro passa os genes 'A' e 'a' herdados intactos para a sua prole. Sob um regime de hereditariedade por mistura, isso não é possível, pois se um indivíduo herda um gene 'A' e um gene 'a', os dois se misturam fisicamente para formar um novo tipo de gene que causa a coloração verde-clara. Com isso, em vez de produzir 50% de gametas 'A' e 50% de gametas 'a', ele produziria 100% do novo gene misturado. Logo, enquanto na herança mendeliana as cores verde-escura e branca segregam novamente em um cruzamento entre dois heterozigotos, em um cruzamento análogo com hereditariedade por mistura isso não acontece: todas as gerações seguintes seriam verde-claras (RIDLEY, 2007, p.61-62).

De fato, os fenótipos parentais reais frequentemente se misturam na prole e, por isso, a maioria dos estudiosos da hereditariedade anteriores a Mendel acreditava que a herança devia ser controlada por algum mecanismo de mistura. Contudo, hoje sabe-se que a mistura de fenótipos não implica necessariamente na mistura de genótipos (RIDLEY, 2007, p.62).

Na adoção da teoria por mistura na seleção natural, a variabilidade genética seria perdida à medida que tipos extremos se acasalam e seus genes são misturados, passando para uma forma média. Seria apenas uma questão de tempo até que uma mutação favorável a espécie seja misturada a ponto de não existir mais (RIDLEY, 2007, p.63).

Portanto, a seleção natural é um processo poderoso quando associada à hereditariedade mendeliana, porque genes mendelianos são preservados ao longo do tempo. Já quando associada à herança por mistura é um processo fraco, porque genes potencialmente favoráveis são diluídos antes de poderem ser estabelecidos (RIDLEY, 2007, p.63).

3. EVOLUÇÃO POR SELEÇÃO NATURAL: TEORIA DE DARWIN DO LIVRO “A ORIGEM DAS ESPÉCIES” E A ADOÇÃO SIMULTÂNEA DESSA NOVA TEORIA COM O LAMARCKISMO

Charles Darwin, após graduar-se em Cambridge, viajou pelo mundo como naturalista, a bordo do barco Beagle (1832-1837). Darwin foi influenciado pelo trabalho do naturalista francês Jean-Baptiste de Lamarck e do economista inglês Thomas Malthus. No ano posterior à viagem, trabalhou com sua coleção de pássaros das Ilhas Galápagos e pode inferir que as espécies evoluem de um ancestral comum. É provável que as observações da viagem sobre as variações geográficas das espécies e suas criações de pássaros levaram-no a aceitar que as espécies podiam mudar. Com isso, Darwin elaborou uma teoria para explicar o porquê de as espécies mudarem e por que elas são bem-adaptadas à vida (RIDLEY, 2007, p. 33). Essa teoria é a Seleção Natural, divulgada em 1858 em dois artigos simultâneos (um assinado por Darwin e outro por Wallace) e na primeira edição do livro “A Origem das Espécies”, em 1859.

“A seleção natural consiste na preservação das variações que vão surgindo nos organismos e que são úteis nas condições de existência em que vivem” (DARWIN, 1859a, p.86).

“Chamei a esta preservação das diferenças e das variações favoráveis aos indivíduos, e destruição das prejudiciais, selecção natural, ou sobrevivência dos mais aptos. As variações que não são úteis nem prejudiciais também não são afectadas pela selecção natural; poderão permanecer características flutuantes (poderá ser o que acontece em certas espécies polimórficas), ou então acabar por fixar-se, consoante a natureza de cada organismo e das condições em que vive. São muitos os autores que não têm compreendido bem ou têm mesmo objectado o termo selecção natural. Alguns imaginaram que a selecção natural induz a variabilidade, quando apenas implica a preservação das variações que vão surgindo e que são úteis aos organismos nas condições de existência em que vivem” (DARWIN, 1859a, p.86).

A fim de explicar como essas variações eram passadas a prole, Darwin acabou adotando a herança de caracteres adquiridos e o princípio do uso e desuso, conceitos de Lamarck. A evidência dessa aceitação é facilmente encontrada em vários trechos de seu livro “A Origem das Espécies” (SILVA e SANTOS, 2015, p. 48). Contudo, a correlação dos princípios de Lamarck com a teoria de Darwin é um equívoco, pois modificações na estrutura do corpo de uma espécie são impossíveis de passar para sua prole, a não ser que as modificações aconteçam nas células germinativas, mais especificamente nos genes (EDELSON, 1999, p.47). Infelizmente, na época de Darwin esse conhecimento não havia sido levado em conta, apesar das pesquisas de Mendel já terem sido publicadas.

Segundo EISELEY (1959, p.188), torna-se aparente que a teoria de Darwin contém elementos lamarckianos, apesar da remoção da ideia de mudança orgânica voluntária [teoria ampla que procurava explicar a origem da vida, passando pelo surgimento dos diferentes grupos de animais até chegar ao homem, colocado no limite superior da escala]. Darwin acreditava que o clima ou o esforço individual do animal sozinhos não poderiam realizar adaptações orgânicas tão peculiares. Em vez disso, introduziu o princípio da variação ao acaso, mas manteve a ideia de que o ambiente, o clima, a domesticação ou outras influências externas são fatores estimulantes que podem induzir variações que são selecionadas posteriormente na luta pela existência. Além disso, ele sustentou a concepção lamarckiana do transmissor genético das características adquiridas pelo animal durante sua própria vida. Esse fato foi um pouco abafado na primeira edição do seu livro [A Origem] mas ressurgiu em edições posteriores, à medida que a posição darwiniana se tornava difícil de sustentar sob o ataque dos matemáticos e físicos.

4. REAÇÕES DA COMUNIDADE CIENTÍFICA COM O LIVRO DE DARWIN

As propostas de evolução das espécies e a seleção natural publicadas por Darwin criaram controvérsias. Na esfera popular, a evolução contradizia a Bíblia, na qual pressupõe-se que os seres vivos foram criados separadamente. Já na esfera científica, a evolução foi menos controversa e muitos biólogos a aceitaram quase imediatamente. Pelo menos algum tipo de evolução já era aceito pela maioria dos cientistas, mas poucos tinham a mesma ideia que Darwin. Na teoria de Darwin, a evolução dependia das condições locais e a espécie não possuía uma tendência intrínseca de ascender a uma forma superior. As evoluções poderiam ser negativas para a espécie de acordo com a seleção do meio. Já os evolucionistas do final do século XIX e do início do século XX defendiam uma evolução unidimensional e progressiva, preocupando-se com a elaboração de mecanismos para explicar por que a evolução deveria ter um padrão de desdobramento progressivo e previsível (RIDLEY, 2007, p. 34-35).

Enquanto isso, as reações com a seleção natural foram negativas e a teoria foi fortemente rejeitada. De acordo com os cientistas, faltava uma teoria da hereditariedade para justificar a seleção natural. A nível popular, as críticas estavam relacionadas com a seleção natural adotar a evolução pelo acaso, o que é um erro de compreensão da teoria, pois não é

um processo aleatório, há motivos para a natureza selecionar as variações das espécies (RIDLEY, 2007, p. 36).

Os biólogos que aceitaram a seleção natural imaginaram que outros processos poderiam operar durante os estágios iniciais da evolução de um novo órgão. A maioria desses processos seriam por “mutação dirigida” ou de variação dirigida, que sugerem a diferenciação da prole de seus progenitores em uma certa direção por alguma razão não especificada e relacionada ao mecanismo hereditário. A herança lamarckiana foi a teoria de variação dirigida mais popular. Nesse caso, a prole tende a diferir de seus progenitores na direção das características adquiridas por eles (RIDLEY, 2007, p. 37).

Com essas críticas, pode ser que as visões de Darwin sobre sua própria teoria tenham sido influenciadas, fazendo ele adotar o lamarckismo entrelaçado com a seleção natural, já que a concepção da hereditariedade genética por mistura predominante na época não fazia sentido em conjunto com a seleção natural, pois as modificações favoráveis à prole seriam perdidas:

“As visões de Darwin foram baseadas em uma visão completamente pré-Mendeliana da hereditariedade, o que tornou impossível para ele pensar em termos dos caracteres da unidade transmitidos do pai para a prole. A hereditariedade combinada teve consequências importantes para a visão de Darwin de como a seleção natural funcionaria e levou a uma afirmação muito discutida pelo engenheiro Fleeming Jenkin de que a teoria da seleção era implausível se a mistura ocorresse (Jenkin 1867; reimpresso em Hull 1973b). Alguns comentaristas posteriores, especialmente Loren Eiseley (1958), sugeriram que a revisão de Jenkin destruiu a confiança de Darwin na teoria da seleção e o levou a abandoná-la em favor do lamarckismo. A pangênese permite um efeito lamarckiano, porque as mudanças nos corpos dos pais (caracteres adquiridos) seriam refletidas nas gemas que eles produziram. Mas não há evidências de que Darwin desistiu da seleção natural, embora Jenkin o obrigasse a pensar seriamente em suas operações. Vorzimmer (1970) vai para o extremo oposto minimizando o efeito da revisão de Jenkin. Uma posição mais razoável é que a revisão forçou Darwin a mudar a maneira como ele descreveu as operações de seleção sem exigir que ele desista da teoria (Bowler 1974b; Gayon 1998: cap. 3). O debate destacou problemas que seriam resolvidos com o advento da genética mendeliana, mas a afirmação de que teoria era impraticável sem genética é um artefato de retrospectiva. Com ela foi perfeitamente possível construir uma teoria da seleção natural com base em hereditariedade” (BOWLER, 2003, p. 200).

Ademais, segundo MARTINS (2008, p. 348), o que levou à confirmação da existência de herança de caracteres adquiridos por Darwin foram os estudos de Brown-Séguard sobre o surgimento de epilepsia e outros sintomas nos descendentes de porquinhos da Índia submetidos a uma cirurgia do sistema nervoso. August Weismann rejeitava a herança dos caracteres adquiridos e inicialmente criticou esses experimentos, mas, posteriormente, aceitou

que os experimentos estavam corretos. Contudo, Weismann atribuiu a hereditariedade a algum tipo de infecção, transmitida por microorganismos desconhecidos à prole dos animais operados. Alfred Russel Wallace, por exemplo, concordou com a explicação de Weismann (MARTINS, 2008, p. 365-366).

5. REAÇÃO DE DARWIN COM AS CRÍTICAS: CRIAÇÃO DA PANGÊNESE

Segundo ARCANJO e SILVA (2017, p.708), a teoria da seleção natural de Darwin provocou muitas críticas positivas e negativas depois de publicada. Grande parte das críticas negativas tinham relação com as lacunas no sistema explicativo da teoria, das quais Darwin esteve ciente, mas não pôde preencher de início, como o problema da origem e natureza da variação herdável. No livro “A Origem das Espécies”, Darwin não discutiu quais deveriam ser a origem e a natureza da variação e como ela seria herdada ao longo das gerações, ele abordou brevemente noções acerca do assunto que eram amplamente aceitas e muito populares nos séculos XVIII e XIX, como o “uso e desuso” e a “herança de caracteres adquiridos”. Até que, em 1868, no livro “The variation of animals and plants under domestication” Darwin publicou sua teoria da hereditariedade: a Pangênese.

A teoria da pangênese se baseia na proposta de que toda a organização do corpo é capaz de reproduzir a si mesma por meio de suas partes (ARCANJO e SILVA, 2017, p.709). Darwin menciona essa teoria na seguinte passagem:

“Eu presumo que as células, antes de sua completa conversão em material completamente passivo ou ‘material formado’, liberam pequenos grânulos ou átomos, que circulam livremente através do sistema e, quando nutridos apropriadamente, multiplicam-se por autodivisão, transformando-se subsequentemente em células como aquelas das quais derivam. Esses grânulos, por questão de distinção, podem ser chamados gêmulas celulares, ou, como a teoria celular ainda não se encontra completamente estabelecida, apenas gêmulas. Elas supostamente são transmitidas dos parentais para a progênie, e, geralmente, se desenvolvem na geração seguinte, mas, frequentemente, são transmitidas em estado dormente por várias gerações até que então se desenvolvem. O desenvolvimento das gêmulas é, supostamente, dependente da união destas com outras células ou gêmulas parcialmente desenvolvidas que lhe precedem no curso regular de crescimento. Gêmulas, supostamente, são liberadas por toda célula ou unidade [do corpo], não apenas no estado adulto, mas durante todas as etapas do desenvolvimento. Por fim, eu presumo que as gêmulas em seu estado dormente apresentam uma afinidade mútua entre si, levando a sua agregação nas sementes ou órgãos sexuais. Portanto, estritamente falando, não é o sistema reprodutivo, nem as sementes, que são responsáveis pela geração de novos organismos, mas sim as células do corpo propriamente ditas. Essas premissas constituem a hipótese provisória que eu nomeei Pangênese” (DARWIN, 1868, p.374 *apud* ARCANJO e SILVA, 2017, p.709).

Com essa teoria Darwin pôde explicar como se dava a herança (ARCANJO e SILVA, 2017, p.710): As gêmulas seriam transferidas dos parentais a prole, o que caracterizaria a semelhança entre eles. Elas seriam produzidas ao longo de toda a vida do indivíduo, o que colaborava com a lei da herança de caracteres adquiridos, pois todas as mudanças que o organismo sofresse ao longo da vida seriam codificadas em gêmulas, que também estariam sob o processo de seleção natural. A herança dos caracteres adquiridos foi um dos grandes focos da teoria da pangênese, na qual foi incorporada como mais do que uma repetição elaborada da herança “lamarckista”. O objetivo de Darwin com a teoria da pangênese era fornecer uma explicação unificada e universal para aqueles fenômenos, até então não esclarecidos, mas que ele acreditava estarem envolvidos com a herança.

Darwin teorizou sobre as possíveis causas da variação herdável nos seres vivos desde 1838 (Winther, 2000 apud ARCANJO e SILVA, 2017, p.710). De acordo com ARCANJO e SILVA (2017, p.710), com a publicação, em 1875, da segunda edição de *The variation*, ele concluiu seus estudos acerca do assunto incorporando-os à pangênese, e fornecendo assim uma explicação única para todos os mecanismos responsáveis pelo surgimento da variação entre indivíduos.

Essa explicação pode ser confirmada no próprio livro “The variation of animals and plants under domestication”:

“Finalmente, nós vemos na hipótese da pangênese que a variação depende de, pelo menos, dois grupos de causas distintos. Primeiramente, a deficiência, superabundância e transposição de gêmulas, e o redesenvolvimento daquelas que há muito se encontravam dormentes: as gêmulas, elas próprias, não tendo sofrido nenhuma modificação; e tais mudanças serão responsáveis por grande parte da variação flutuante. Em segundo lugar, a ação direta de mudanças nas condições sobre a organização, e o uso e desuso de partes; e, nesse caso, as gêmulas das unidades modificadas serão, elas mesmas, modificadas e depois de suficientemente multiplicadas, vão suplantam as gêmulas antigas e se desenvolver em novas estruturas” (Darwin, 1875, p.390).

“No momento da fecundação, elas [as gêmulas] vão para os órgãos sexuais nos gametas e são passadas para os descendentes durante o processo reprodutivo. Assim, por meio desta hipótese, Darwin podia explicar a variabilidade dos seres vivos e a herança de caracteres adquiridos, inclusive de mutilações” (MARTINS, 2015, p.77).

Os dois grupos de causas a que Darwin se referiu são denominados em outros momentos de mecanismos de efeitos indireto e direto. Em relação aos eventos que geravam

variação, Darwin entendia que a causa primária era, na maioria dos casos, uma mudança nas condições de vida, ou seja, no ambiente. Nos mecanismos de efeito indireto o ambiente afetaria apenas os órgãos reprodutivos do indivíduo, regiões que ele considerava mais suscetíveis, produzindo variação a partir de alterações na organização dos agregados de gêmulas, sem que houvesse qualquer mudança nas gêmulas propriamente ditas. A mudança, portanto, seria expressa apenas nas gerações seguintes. Além disso, as novas variações resultantes de mecanismos de efeito indireto seriam aleatórias, ou seja, poderiam ser vantajosas ou desvantajosas para o indivíduo na dependência das condições do meio e dos outros indivíduos da população, logo, a seleção natural poderia agir sobre esse grupo de variação. Já nos mecanismos de efeito direto, alterações nas condições do meio provocariam mudanças no próprio corpo do indivíduo afetado, e essas mudanças seriam passadas ao longo das gerações pela herança de gêmulas também modificadas. Pode-se citar como mecanismos de efeito direto a “ação direta do meio sobre o organismo”, a “aclimatização por meio da mudança de hábitos” e o “uso e desuso”. Darwin acreditava que o “uso e desuso” era o mecanismo fonte de maior quantidade de variação por efeito direto, portanto, as variações originadas por mecanismo de efeito direto eram, geralmente, variações necessariamente adaptativas. Apesar disso, Darwin tinha consciência de que a maior parte das variações não poderia ser adaptativa, pois, desse modo, não haveria material para que a seleção natural pudesse agir (ARCANJO e SILVA, 2017, p. 710-711).

“Em correspondência a Asa Gray, datada de 8 de maio de 1868, Darwin (8 maio 1868) explicita o problema de que se as variações corretas ocorressem, e nenhuma outra, a seleção natural seria supérflua. Até suas últimas publicações, Darwin (1859, p.6; e edições subsequentes) insistiu que a maior parte da variação herdável surgia por mecanismo de efeito indireto e a seleção natural era o mais importante, embora não único, meio de modificação [das espécies]” (ARCANJO e SILVA, 2017, p. 711).

No entanto, a pangênese era apenas uma “hipótese provisória”. Muito provavelmente Darwin não esperava que ela respondesse a todos os problemas do desenvolvimento e se encaixasse perfeitamente com os estudos em evolução, e sim que ela seria um primeiro passo para juntar as duas disciplinas em uma mesma área de estudo (ARCANJO e SILVA, 2017, p. 713).

“Mesmo sem conhecimento dos pares de fatores mendelianos, Darwin elaborou uma teoria coerente para herança inteiramente baseada no pressuposto de que o desenvolvimento era fundamental para a compreensão do processo evolutivo. Muito

antes da biologia molecular, Darwin chegou à mesma conclusão a que os teóricos da evo-devo chegam hoje. Assim, a teoria da pangênese representa um exemplo de uma das características do empreendimento científico: é uma atividade humana sujeita ao conhecimento e às técnicas disponíveis em seu tempo e que, portanto, se mostra incapaz de produzir certezas atemporais” (ARCANJO e SILVA, 2017, p. 716).

6. O PENSAMENTO PÓS-DARWIN

6.1 WEISMANN

Após a publicação da pangênese por Darwin, muitos pesquisadores concordaram com a teoria mas outros, ao tentar prová-la, não obtiveram sucesso, como Francis Galton e George John Romanes (MARTINS, 2015, p. 77-78). Isso pode ter feito parte da comunidade científica começar a duvidar, não só da pangênese, como também da herança dos caracteres adquiridos proposta desde a Antiguidade.

Prova dessa dúvida foi a posição de Weismann, “que na fase madura de sua obra considerava que a seleção natural explicava tudo dentro do processo evolutivo e inicialmente aceitava a herança de caracteres adquiridos. Porém, no ano que se seguiu à morte de Darwin (1883), mudou de ideia” (MARTINS, 2015, p. 70).

“É possível explicar a posição de Darwin até o início da década de 1870 levando em conta as evidências encontradas inicialmente. Mas fica difícil entendê-la à medida que o tempo foi passando, com o surgimento de evidências contrárias, como os resultados dos experimentos de Galton (1875), que nem sequer abalaram sua convicção e, principalmente, sua obstinação diante dos resultados experimentais negativos obtidos por Romanes durante tantos anos” (MARTINS, 2015, p. 80).

“Os resultados negativos dos experimentos de Galton e Romanes além de colocar em dúvida a hipótese da pangênese, questionavam a herança de caracteres adquiridos, um importante elemento da teoria evolutiva de Darwin. Como abandoná-la? Além disso, à medida que o cientista envelhece, de acordo com Barber (1961), fica mais difícil abandonar teorias que foram adotadas durante toda a sua vida” (Ibid., p. 81).

Alfred Russel Wallace, naturalista britânico que também chegou às mesmas conclusões que Darwin em relação à seleção natural, acreditava que a variação e a seleção natural superavam os efeitos do uso e desuso e herança de caracteres adquiridos. Ele negou a influência das ideias lamarckianas na teoria da evolução, pois para Wallace os efeitos do uso e desuso seriam pequenos e não herdáveis. Ele concordava com a teoria da “continuidade do plasma germinativo”, de August Weismann (plasma germinativo seria o material responsável pela hereditariedade, contido nas células reprodutivas), cuja consequência é que quaisquer

caracteres adquiridos não seriam transmitidos dos progenitores para seus descendentes (SILVA e SANTOS, 2015, p.50).

Segundo MARTINS (2010, p.147-148), a teoria do plasma germinativo desenvolvida por Weismann e divulgada pela primeira vez em 1883 (1 ano após a morte de Darwin) era essencialmente teórica e algumas dessas ideias já tinham sido apresentadas dez anos antes por outros estudiosos. A ideia de Weismann é que existe um “plasma germinativo”, que inicialmente ele considerava ser as células germinativas e depois passou a considerar como uma parte dos núcleos dessas células (a cromatina), que transporta os fatores hereditários para as gerações seguintes. Ele seria contínuo e imortal e quase perfeitamente estável a não ser por misturas ocorridas na reprodução sexual. Esse plasma germinativo ficaria completamente separado do plasma somático que constitui o restante do organismo, logo, essa separação impedia que as modificações adquiridas pelos seres vivos fossem transmitidas aos seus descendentes. A divulgação dessa teoria foi fortemente criticada por uma parte dos pesquisadores mas também obteve aceitação por outros.

6.2 MENDEL

Segundo ALVAREZ (2010, p. 122) a genética estuda a hereditariedade e a variação dos organismos vivos, e nasceu em 1865 com o trabalho de Gregor Mendel sobre a hereditariedade de certas características da planta das ervilhas. Mendel foi capaz de demonstrar que a transmissão entre gerações de certas características da planta seguia um padrão estatístico, sugerindo a presença de unidades hereditárias, que permaneciam intactas no processo de transmissão, ou seja, não havia mistura entre o material genético dos progenitores. Hoje chamamos essas unidades de genes.

De acordo com BIZZO (2008, p. 320), foi William Bateson quem cunhou o termo “genética” ao descrever o trabalho de Mendel sobre as ervilhas, e, segundo Bateson, Mendel não teve notoriedade com a publicação do seu trabalho em 1866 pois a comunidade científica discutia o trabalho de Darwin de 1859, o livro *Origem das espécies*. Os modelos desenvolvidos por Darwin e Mendel na mesma época tinham os mesmos objetivos de explicar a herança tendo em vista as implicações evolutivas, mas não foram conectadas para se complementar.

“Assim, ao falar da ‘genética de Darwin’ ressalta-se a existência de um sistema de idéias que pretendia ser equivalente e tornar desnecessária a genética de Mendel. Mais do que isso: ressalta-se o entrelaçamento obrigatório entre as idéias de herança e evolução no contexto científico de meados do século XIX. Existia uma demanda por uma teoria da herança particular, ou seja, as idéias nesse campo não poderiam ser dissociadas das perspectivas evolutivas que apareciam como a grande novidade do período. Ideias sobre herança havia e em profusão; a comunidade científica carecia de uma teoria que pudesse incorporar as novas demandas trazidas pelas novidades da teoria evolutiva” (BIZZO, 2008, p. 320).

Segundo ALVAREZ (2010, p. 122), o trabalho de Mendel permaneceu anônimo até 1900, quando foi redescoberto pelos botânicos Hugo de Vries, Carl Correns e Erich von Tschermak.

“Na primeira década do século XX, a falta de uma explicação satisfatória para a hereditariedade constituiu uma das objeções mais consistentes à teoria de Darwin. Para muitos evolucionistas da época, porém, a teoria de Mendel não contribuía para solucionar o problema da hereditariedade de Darwin por ser incompatível com o princípio da seleção natural. A razão para esta incompatibilidade residia no princípio mendeliano de que as unidades hereditárias não sofriam alteração quando eram transmitidas à geração seguinte. Para os defensores de Darwin, se assim fosse, elas não poderiam acumular alterações susceptíveis ao escrutínio da seleção natural” (ALVAREZ, 2010, p. 122).

Em 1918, Ronald Fisher reanalisou a pesquisa de Mendel e demonstrou a transmissão dos caracteres hereditários pelos genes. O contributo da genética para a evolução do pensamento evolutivo era consistente com a teoria de Mendel e esta era compatível com o gradualismo. Fisher lançou as bases da genética quantitativa e reconciliou os mendelistas e os darwinistas (ALVAREZ, 2010, p. 122).

A descoberta de que os genes mendelianos eram mutáveis só foi conhecida em 1927 com a primeira indução artificial de mutações realizada por Joseph Muller. Muller bombardeou moscas-da-fruta macho com raios X, causando mutação nos genes, que puderam ser observadas pelos descendentes apresentando novas deformações. A revelação que os genes são estruturas moleculares individuais que podem ser alteradas sem perder sua integridade funcional, forneceu o suporte experimental que a teoria da seleção natural precisava e marcou o início da genética moderna (ALVAREZ, 2010, p. 122).

7. CONCLUSÕES

Ao tentar elaborar uma teoria da hereditariedade que explicasse suas observações da natureza, Darwin adotou o lamarckismo em conjunto com a seleção natural. Para tanto,

Darwin propôs a Pangênese, teoria hoje obsoleta. Segundo a Pangênese, cada parte do corpo teria gêmulas, que seriam capazes de acumular pequenas evoluções durante a vida do indivíduo e seriam herdadas pelas gerações seguintes. Essas gêmulas sofreriam a influência de efeitos indiretos (pela seleção natural) e diretos (uso e desuso). Desse modo, Darwin propôs uma hipótese provisória para explicar a hereditariedade, considerando a influência de outras formas de evolução, mas sempre destacou que a seleção natural seria o principal.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, M. O contributo da genética para a evolução do pensamento evolutivo. **Antropologia Portuguesa**. v. 27, p. 121-135, 2010.

ARCANJO, F. G.; SILVA, E. P. Pangênese, genes, epigênese. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**. v. 24. n.3. p.707-726. Jul.-Set, 2017.

BIZZO, N. A teoria genética de Charles Darwin e sua oposição ao mendelismo. **Filosofia e História da Biologia**. v. 3, p. 317-333, 2008.

BOWLER, P. J. **Evolution: The History of an Idea**. 3.ed. London: University of California Press, Ltd, 2003.

DARWIN, C. **A Origem das Espécies**. AFONSO, A.(trad). 1.ed. Portugal: Planeta Vivo. Tradução. 1859a [2009].

DARWIN, C. **A Origem das Espécies**. MOREIRA, D.(trad). 1 ed. São Paulo: Edipro. 1859b [2018].

DARWIN, C. **The Variation of Animals and Plants under Domestication**. v. 2. London: John Murray, 1868.

DARWIN, C. **The Variation of Animals and Plants under Domestication**. v. 2, ed. 2 London: John Murray, 1875.

EDELSON, E. **Gregor Mendel and the Roots of Genetics**. 1ed. New York: Oxford University Press, 1999.

EISELEY, L. **Darwin's Century: Evolution and the Men Who Discovered It**. London: The Scientific Book Guild, 1959.

MARTINS, L. A. P.; BAPTISTA, A.M.H. Lamarck, evolução orgânica e tempo: algumas considerações. **Filosofia e História da Biologia**, São Paulo, v. 2, p. 279-296, 2007.

MARTINS, L. A. P. A herança de caracteres adquiridos nas teorias “evolutivas” do século XIX, duas possibilidades: Lamarck e Darwin. **Filosofia e História da Biologia**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 67-84, 2015.

MARTINS, L. A. P. Lamarck e as quatro leis da variação das espécies. **Epistême - Filosofia e História da Ciência em Revista**. v. 2, p. 33-54, 1997.

MARTINS, L. A. P. Nos tempos de Lamarck: o que ele realmente pensava sobre evolução orgânica. [s.n.] p. 1-21, 2006. Disponível em: <<http://www.ghtc.usp.br/server/pdf/lacpm-Tempos-de-Lamarck.PDF>>. Acesso em: 3 jun. 2020.

MARTINS, R. A. August Weismann, Charles Brown-Séquard e a controvérsia sobre herança de caracteres adquiridos no final do século XIX. **Filosofia e História da Biologia**. v. 5, n. 1, p. 141-176, 2010.

MARTINS, R. A. Os experimentos de Brown-Séquard e a herança de caracteres adquiridos por acidente, na segunda metade do século XIX. **Filosofia e História da Biologia**. v. 3, p. 347-376, 2008.

MAYR, E. **Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica**. LEITE, M. (trad). São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

MAYR, E. **The growth of biological thought: diversity, evolution, and inheritance**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1982.

RIDLEY, M. **Evolução**. 3. ed. FERREIRA, H. (trad.); PASSAGLIA, L. (trad.); FISCHER, R. (trad.). Porto Alegre: Artmed, 2007.

SILVA, M. T. ; SANTOS, C. M. D. Uma análise histórica sobre a seleção natural: de Darwin-Wallace à síntese estendida da Evolução. **Revista de Educação em Ciências e Matemática**. v.11. p.46-61. Jan-Jun, 2015.

Trabalho disponível no site: <http://planarias.each.usp.br/home/links>